

ANEXOS

CONTENIDO

	Pág.
1. ANEXO A CARACTERÍSTICAS ADICIONALES DE LA QUINUA	8
1.1. CICLO VEGETATIVO	9
1.2. RENDIMIENTO DE GRANO POR PLANTA	9
1.3. VARIABLES MORFOLÓGICAS	9
2. ANEXO B MÁQUINAS TRILLADORAS	11
2.1. MÁQUINAS TRILLADORAS DE QUINUA	12
3. ANEXO C DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA TRILLADORA DE QUINUA EN EL PROYECTO DE REGALÍAS “FORTALECIMIENTO DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA QUINUA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA”	14
4. ANEXO D PRUEBA DE CAMPO MÁQUINA TRILLADORA PERFECTA N 12	15
4.1. UBICACIÓN	16
4.2. METODOLOGÍA	16
Medición de dimensiones relevantes en el proceso	16
Medidas unidad de alimentación.	16
Medidas unidad de trilla.	16
Medidas unidad de separación	17
Medidas unidad de clasificación	17
4.3. PRUEBA EN PUNTO	17
Puesta a punto.	17
Ingreso de las panojas de quinua.	18
Trillar el grano	20
Separación del grano	20
Clasificación del grano	22
4.4. CONCLUSIONES	24
5. ANEXO E ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE CINÉTICO DE ROZAMIENTO ENTRE LAS PANOJAS DE QUINUA Y EL PLÁSTICO	25
5.1. UBICACIÓN	26
5.2. OBJETIVO	26
5.3. METODOLOGÍA	26
5.4. FUNDAMENTOS FÍSICOS	27
5.5. PROCEDIMIENTO	28
5.6. RESULTADOS	29

5.7.	CONCLUSIONES	30
6.	ANEXO F EXPERIMENTO DE FUERZA DE CONTACTO DE LAS PANOJAS DE QUINUA	31
6.1.	UBICACIÓN	32
6.2.	OBJETIVO	32
6.3.	METODOLOGÍA	32
6.4.	FUNDAMENTOS FÍSICOS	33
6.5.	PROCEDIMIENTO	34
6.6.	RESULTADOS	34
6.7.	CONCLUSIONES	35
7.	ANEXO G PLANOS DETALLADOS DE LA MEJORA TECNOLÓGICA	36
8.	BIBLIOGRAFÍA	38

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características cuantitativas del germoplasma de quinua	9
Tabla 2. Variación de caracteres morfológicos.....	9
Tabla 3. Medidas unidad de alimentación	16
Tabla 4. Medidas unidad de trilla	16
Tabla 5. Medidas unidad de separación.....	17
Tabla 6. Medidas unidad de clasificación.....	17
Tabla 7. Resultados con lamina de polietileno lisa.	29
Tabla 8. Resultados con lamina de polietileno con endiduras.	29
Tabla 9. Resultados del espesor de panojas de quinua a diferentes pesos	34

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Trilladora tubular	12
Figura 2. Vencedora modificada	13
Figura 3. Trilladora TR-C	13
Figura 4. Motor asegurado al suelo y acoplado a la máquina trilladora	18
Figura 5. Máquina trilladora acoplada con el motor	19
Figura 6. Panoja de quinua agrupada cerca de la máquina trilladora	19
Figura 7. Ingreso de panojas a la máquina trilladora	20
Figura 8. Juego de rastrillos	21
Figura 9. Operario desalojando impurezas mayores de la máquina	21
Figura 10. Juego de tamices	22
Figura 11. Barra excéntrica en medio del eje de poleas	23
Figura 12. Ventilador	23
Figura 13. Residuos de la planta de quinua.....	24
Figura 14. Lamina de plástico y panoja antes del experimento.....	26
Figura 15. Lamina de plástico y panoja después del experimento	27
Figura 16. Diagrama de fuerzas de una panoja de quinua sobre un plano inclinado	28
Figura 17. Pesos utilizados en el experimento.....	32
Figura 18. Panoja deformada	33
Figura 19. Diagrama de fuerzas de una panoja de quinua al colocar una pesa	33

1. ANEXO A

CARACTERÍSTICAS ADICIONALES DE LA QUINUA

1.1. CICLO VEGETATIVO

Es posible encontrar plantas de quinua que alcanzan la madurez fisiológica en 110 días hasta 209 días, como se aprecia en la tabla 1. Sin embargo este parámetro puede variar drásticamente con referencia del genotipo. El amplio rango de variación del ciclo vegetativo hace factible la adaptación del cultivo a diferentes tipos de clima y cambios climáticos[1].

Tabla 1. Características cuantitativas del germoplasma de quinua

Componente	Mínimo	Máximo	Media	SD
Botón floral(días)	38	95	51,72	5,66
50% de floración(días)	60	145	93,5	12,04
Madurez fisiológica(días)	110	209	176,89	19,79
Índice de cosecha	0,06	0,87	0,4	0,12
Diámetro de tallo	10,16	26,26	17,12	2,66
Longitud de panoja(cm)	15,4	62,8	37,41	8,09
Diámetro de panoja(cm)	2,86	19,42	6,85	1,66
Altura de planta(cm)	54	174,2	110,84	17,51
Diámetro del grano	1,03	2,66	1,96	0,23
Peso de 100 granos (g)	0,12	0,6	0,27	0,08
Contenido de saponina(cc)	0	10,88	3,16	3,02

Fuente: Artículo: La diversidad genética de quinua de Bolivia

1.2. RENDIMIENTO DE GRANO POR PLANTA

Se han registrado rendimientos de hasta 250 g por planta, esto sin embargo depende fuertemente en gran medida del genotipo de la planta y otras variables tales como el diámetro del tallo, altura de planta, longitud, diámetro de la panoja, diámetro del grano y otras[1].

1.3. VARIABLES MORFOLÓGICAS

Se muestran los diferentes caracteres morfológicos más importantes registrados en la colección de quinua de la UNALM, los cuales se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2. Variación de caracteres morfológicos

Caracteres morfológicos	UNALM
Color de las hojas antes de la floración	Verde, púrpura, mezcla rojo
Color de las axilas de las hojas	Verde, púrpura, rojo, rosado
Color de estrías del tallo	Amarillo, verde, púrpura, rosado, rojo

Color de la inflorescencia a la madurez fisiológica	Amarillo-verdoso, amarillo, amarillo-naranja, naranja, naranja-rojo, rojo, rojo-púrpura, púrpura-violeta, violeta, violeta-azul, blanco, blanco-gris, blanco-amarillo, blanco naranja, gris-amarillo, gris-naranja, gris-rojo, gris-púrpura, gris-verde, gris-marrón, marrón, gris, negro.
Forma de inflorescencia	Amarantiforme, glomerulada e intermedia
Densidad de inflorescencia	Compacta, intermedia, laxa
Color del Pericarpio-semillas (cubierta del fruto))	Amarillo, amarillo-naranja, naranja, rojo-púrpura, púrpura, blanco, blanco-amarillo, blanco-naranja, gris-amarillo, gris-naranja, gris-rojo, gris-púrpura, gris-verde, gris-marrón, marrón, gris, negro
Color del episperma-semillas(cubierta de la semillas)	Amarillo, amarillo-naranja, naranja, rojo-púrpura, púrpura, blanco, blanco-amarillo, blanco-naranja, blanco-gris, gris-amarillo, gris-naranja, gris-púrpura, marrón, negro.

Fuente: Libro. Estado del arte de la quinua de 2013

2. ANEXO B

MÁQUINAS TRILLADORAS DE QUINUA

2.1. MÁQUINAS TRILLADORAS DE QUINUA

Se tienen diferentes prototipos de máquinas trilladoras de quinua, la trilladora tubular, ver figura 1 y la vencedora modificada, ver figura 2, las cuales deben ser accesibles a agricultores de bajos recursos y que a la vez ofrezca un producto comercial que cumpla con las exigencias de la demanda[2]. El rendimiento promedio es de 95 Kg/h y tiene una vida útil mayor a 10 años[3].

La trilladora tubular tiene las siguientes ventajas:

- puede transportarse al lugar de trilla
- su manejo requiere de dos personas
- separa el grano de la maleza, por lo cual no es necesario realizar el tamizado.
- El rendimiento de trillado es superior comparado con la trilla tradicional.
- El costo de la trillado es menor a trilladoras similares

Apropiado para pequeños y medianos productores

Figura 1. Trilladora tubular



Fuente: Prototipos de trilladora de granos fundación Proinpa

La trilladora vencedora modificada requiere de tres personas para su funcionamiento, una alimentando la bandeja de entrada con las panojas y dos personas para alcanzar el material a trillar y recoger el material trillado en sacos[3]. El rendimiento es de 180 a 210kg/h, se requiere para su transporte un tractor o un camión[3].

Las ventajas de la trilladora vencedora modificada son:

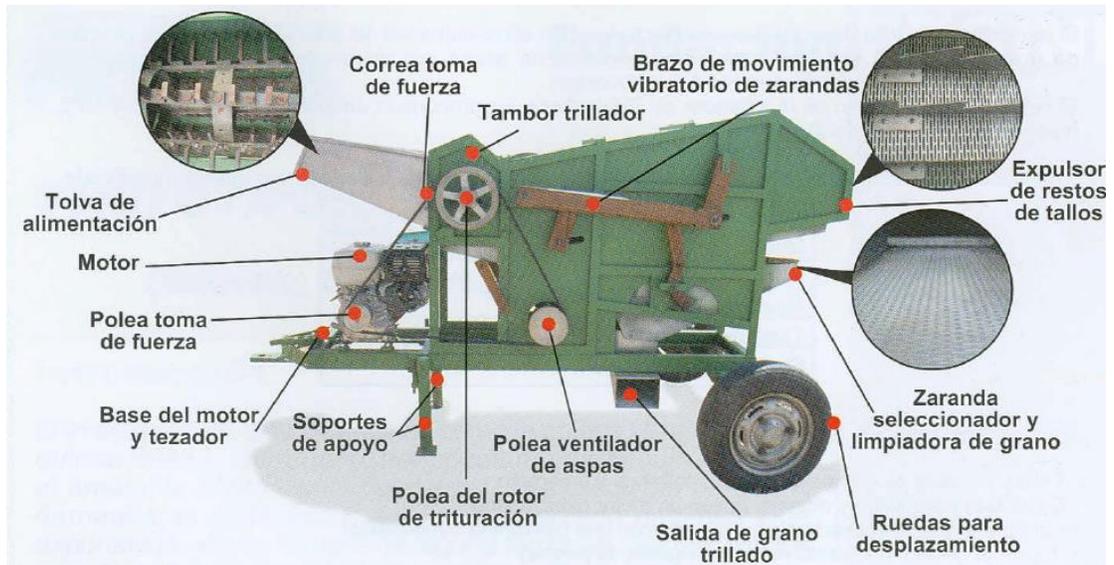
- Trilla y limpia granos de quinua.
- Fácil instalación y manejo
- Requiere un mantenimiento mínimo, el cual consiste en el engrase de piezas

Otras trilladoras que se promocionan de bajo costo y no afectan el grano son:

La trilladora TR-C, ver figura 3, la cual está compuesta por un desgranador y sistemas de zarandas que retiran la parte gruesa de la planta del grano. Debido a su reducido tamaño puede ser transportada

por medio de vehículos livianos como camionetas. El equipo muestra un rendimiento de 276 a 368kg/h[3].

Figura 2. Vencedora modificada



Fuente: Prototipos de trilladora de granos fundación Proinpa

Figura 3. Trilladora TR-C



Fuente: Libro. Estado del arte de la quinua 2013

3. ANEXO C

DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA TRILLADORA DE QUINUA EN EL PROYECTO DE REGALÍAS “FORTALECIMIENTO DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA QUINUA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA”

4. ANEXO D

PRUEBA DE CAMPO MÁQUINA TRILLADORA PERFECTA N 12

4.1. UBICACIÓN

La prueba se realizó en el centro de acopio del pueblo de San Juan en el municipio de Bolívar en el departamento del Cauca, Colombia. Las plantas de quinua utilizadas en la prueba son cultivadas en los campos aledaños.

4.2. METODOLOGÍA

La prueba se realizó el 23 de abril del 2015, donde se realizó el procedimiento necesario para trillar un lote de quinua de los campos cercanos. En la prueba se realizaron las siguientes etapas.

Medición de dimensiones relevantes en el proceso

Antes de realizar la prueba en la máquina trilladora de quinua actual, se tomaron medidas relevantes en el funcionamiento de la máquina; Las medidas fueron clasificadas según en la unidad donde se encuentran los componentes; por lo tanto se tienen.

Medidas unidad de alimentación.

En la unidad de alimentación se tomaron medidas a la bandeja de reposo de panojas y a la sección de ingreso de panojas hacia el sistema de trilla. Ver tabla 3.

Tabla 3. Medidas unidad de alimentación

Componente	Forma	Dimensiones relevantes	Área
Bandeja de reposo	Rectangular	Largo: 70cm Ancho: 52cm	3640cm ²
Sección de ingreso	Rectangular	Largo: 42cm Ancho: 14cm	588cm ²

Fuente: propia

Medidas unidad de trilla.

En la unidad de trilla se tomaron las medidas al cilindro trillador y se contabilizo el número de dientes tanto en el cilindro como en el cóncavo externo. Ver tabla 4.

Tabla 4. Medidas unidad de trilla

Componente	Forma	Dientes
Cilindro trillador	Cilíndrica	6 carreras de 8 dientes

Fuente: propia

Medidas unidad de separación

En la unidad de separación se tomaron las medidas al tamiz que restringe el paso al tamo y a las panojas sin grano hacia el sistema de separación. Ver tabla 5.

Tabla 5. Medidas unidad de separación

Componente	Forma orificio	Diámetro orificio	Área del tamiz
Tamiz de separación	Agujero redondo	1cm	8460cm ²

Fuente: propia

Medidas unidad de clasificación

En la unidad de clasificación se tomaron las medidas de los diferentes tamices, que restringen el paso de impurezas y permite la clasificación del grano, además de las medidas del ventilador y los canales de salida. Ver tabla 6.

Tabla 6. Medidas unidad de clasificación

Componente	Forma orificio	Diámetro orificio	Área del tamiz	Velocidad de bateo
Tamiz 1	Rectangular	4mm	2760	0.5m/s
Tamiz 2	Rectangular	2mm	2760	0.5m/s
Canales de salida				
ventilador				

Fuente: propia

Además se averiguó que la velocidad lineal de los tamices según la relación de poleas y la excéntrica con la salida del motor, es de 0.5m/s.

4.3. PRUEBA EN PUNTO

Puesta a punto.

La máquina trilladora perfecta N 18 requiere de un motor a gasolina externo para su funcionamiento, este motor debe ser trasladado hacia el centro de acopio, donde se asegura en el suelo por medio de unas varillas y un riel de fijación de madera, para evitar que la vibración del motor cuando esté en funcionamiento modifique la posición de este se ata a una viga de madera para darle más puntos de apoyo. Ver figura 4. Luego se procede a acoplar el motor con la máquina trilladora, por medio de una correa de cuero; la cual transmitirá la potencia del motor hacia la máquina trilladora para el movimiento de sus mecanismos. Ver figura 5.

Figura 4. Motor asegurado al suelo y acoplado a la máquina trilladora



Fuente: propia

Al encender el motor es necesario para vencer el par de arranque la ayuda de los operarios para mover la correa lo cual puede resultar una fase muy tediosa debido a que la fuerza del impulso puede desajustar la correa lo que causa que se salga del eje de la polea de la máquina trilladora, por lo que se procede a apagar el motor, tensar la correa y colocarla en el eje de la polea, encender nuevamente el motor y halar la correa para superar el par de arranque, este proceso en la prueba realizada en el centro de acopio de San Juan Bolívar tomo cerca de 30min a 40min.

Luego de poner en marcha la máquina se realiza una etapa de limpieza donde está por su funcionamiento se ventile y limpie de las impurezas que se puedan encontrar de una anterior operación de trilla.

Ingreso de las panojas de quinua.

Al estar en funcionamiento la máquina trilladora se procede por agrupar las panojas de quinua dispuestas anteriormente al lado de la máquina. Ver figura 6. El operario recoger con sus dos manos un aproximado de 20 panojas, luego de recogerlas las inserta dentro de la máquina y las empuja hacia el sistema de trillado; durante la prueba se logró apreciar que el proceso de recoger e insertar panojas en la máquina se repite aproximadamente 4 veces por minuto, ver figura 7. En el sistema de trillado se tiene al cilindro rotando a gran velocidad lo cual genera que una cantidad considerable de material sea devuelto impidiendo la entrada total de material agrupado al ingreso de la máquina trilladora para su procesamiento.

Figura 5. Máquina trilladora acoplada con el motor



Fuente: propia

Figura 6. Panoja de quinua agrupada cerca de la máquina trilladora



Fuente: propia

Figura 7. Ingreso de panojas a la máquina trilladora



Fuente: propia

Trillar el grano

Al ingresar las panojas a la máquina trilladora éstas tienen contacto con el cilindro trillador y el cóncavo que los recubre con sus respectivos dientes, los cuales están entrecruzados entre sí. Al estar el cilindro trillador en constante movimiento genera una acción de golpe en las panojas ingresadas, lo que genera los granos se desprendan de la planta. El cilindro trillador al estar rotando a grandes velocidades desplaza el tamo y los granos hacia el sistema de separación.

Separación del grano

El sistema de separación recibe el material del sistema de trillador, este material es arrastrado por un juego de rastrillos, el cual se muestra en la figura 8. El cual es activado por un juego de poleas; el movimiento de los rastrillos genera que el grano anteriormente separado comience a caer sobre el primer tamiz, el cual solo permite el paso de grano con algunas impurezas de poco tamaño. Las impurezas mayores son arrastradas hacia la salida de la máquina trilladora; sin embargo, el sistema de ganchos resulta insuficiente para desalojar las impurezas mayores, por lo que es necesaria la intervención de un operario para desalojar todo el material y evitar que se acumule lo cual puede causar un estancamiento en la máquina, como se muestra en la figura 9.

Figura 8. Juego de rastrillos



Fuente: propia

Figura 9. Operario desalojando impurezas mayores de la máquina



Fuente: propia

Clasificación del grano

El sistema de clasificación recibe los granos con algunas impurezas por lo que es necesario realizar otra operación de limpiado, además de separar los granos por su nivel de limpieza. El sistema de clasificación consta de un juego de tamices de diferente diámetro y tamaño, ver figura 10. Presenta un movimiento llamado bateo generado por una excéntrica, ver figura 11, la cual se encarga de transformar el movimiento circular transmitido por las poleas y correas a un movimiento lineal para los tamices. Además contiene un ventilador que genera un flujo de aire, el cual limpia el grano de las impurezas livianas, ver figura 12. Si los granos no pueden pasar algún tamiz por la cantidad de impurezas que lo acompañan, pasan por medio de unos canales hacia una de las salidas, estos canales se encuentran en los tres niveles del juego de tamices, lo que permite que cada salida de estos canales clasifique el grano, teniendo grano sucio, grano parcialmente limpio y grano limpio. A cada uno de las salidas de los canales se les coloca un costal para almacenar el grano.

Figura 10. Juego de tamices



Fuente: Propia

1.1.1. Manejo del producto final

Al finalizar el proceso de trillado, se procede a limpiar el centro de acopio de los residuos de la planta de quinua, este proceso consiste en recoger los residuos que expulso la máquina trilladora y llevarlos a la parte trasera del centro de acopio, ver figura 13. Paralelamente a este proceso se realizaba un proceso adicional al grano de quinua, dos operarios con un tamiz independiente de la máquina harneaban el grano de quinua de cada uno de los costales que se encontraban a la salida de los canales de la máquina. En la prueba la adecuación del producto final se llevó a cabo de una hora.

Figura 11. Barra excéntrica en medio del eje de poleas



Fuente: Propia

Figura 12. Ventilador



Fuente: Propia

Figura 13. Residuos de la planta de quinua.



Fuente: Propia

4.4. CONCLUSIONES

La puesta en marcha de la máquina, es un proceso engorroso debido a que la fuente de potencia (motor) no está fijada a la estructura que contiene los mecanismos de la máquina trilladora, lo cual hace necesario un acoplamiento manual que resulta tedioso y puede tardar más de 30 minutos en llevarse a cabo. Debido a esto se concluye que la unión de estas partes agiliza y facilita el proceso de trillado de quinua.

Se observa en las diversas facetas del proceso de trillado llevadas a cabo, un considerable desperdicio de granos de quinua, especialmente en los sistemas encargados del ingreso de panojas y el trillado de las mismas, por lo que la modificación de sus partes resulta esencial para mejorar la eficiencia de la máquina.

Se observa por inspección el deterioro de diferentes materiales que componen la máquina trilladora, como oxido en el cilindro trillador y en las láminas de los canales de salida, entre otras; lo cual no cumple con los requerimientos fitosanitarios, por la posible contaminación que puede llevar el grano.

Se observa en el sistema de separación la intervención de un operario, para lograr extraer las impurezas mayores de la máquina; debido a la ineficiencia del sistema; por lo tanto el mejoramiento del sistema de separación logra disminuir el número de operarios que requiere la máquina, disminuyendo los costos de funcionamiento.

Se observa que las panojas que han llegado a la etapa de madurez u otras maduras con alto grado de humedad, se expulsaron de la máquina aun conteniendo grano.

5. ANEXO E

ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE CINÉTICO DE ROZAMIENTO ENTRE LAS PANOJAS DE QUINUA Y EL PLÁSTICO

5.1. UBICACIÓN

El experimento se realizó en los laboratorios de mecánica de la Universidad del Cauca, en la facultad de Ingeniería Civil, ubicada en el campus de Tulcán en la ciudad de Popayán, departamento del Cauca. La quinua para realizar el experimento fue traída hacia esos lugares desde los campos aledaños al centro de acopio del corregimiento de San Juan, Bolívar, Cauca.

5.2. OBJETIVO

El objetivo de este experimento es estimar el coeficiente de rozamiento dinámico, entre las panojas de quinua y plástico.

5.3. METODOLOGÍA

La metodología consiste en medir el ángulo que genera la lámina de plástico, sobre el cual se desliza la panoja de quinua, a velocidad constante, con la horizontal. Primero se coloca una panoja de quinua en el extremo más alto de la lámina de polietileno, luego se va aumentando el ángulo que forma la lámina con la horizontal, cuando se deslice la panoja de quinua, se toma la medida y se estima el coeficiente de fricción dinámica ver figura 14 y figura 15.

Figura 14. Lamina de plástico y panoja antes del experimento



Fuente. Propia

Figura 15. Lamina de plástico y panoja después del experimento



Fuente. Propia

5.4. FUNDAMENTOS FÍSICOS

La figura 16 representa el diagrama de fuerzas que actúan sobre la panoja que se encuentra en un plano inclinado. En sentido perpendicular a la lámina de polietileno hay equilibrio[4], por lo tanto:

$$N = mg \cos \theta \quad (1)$$

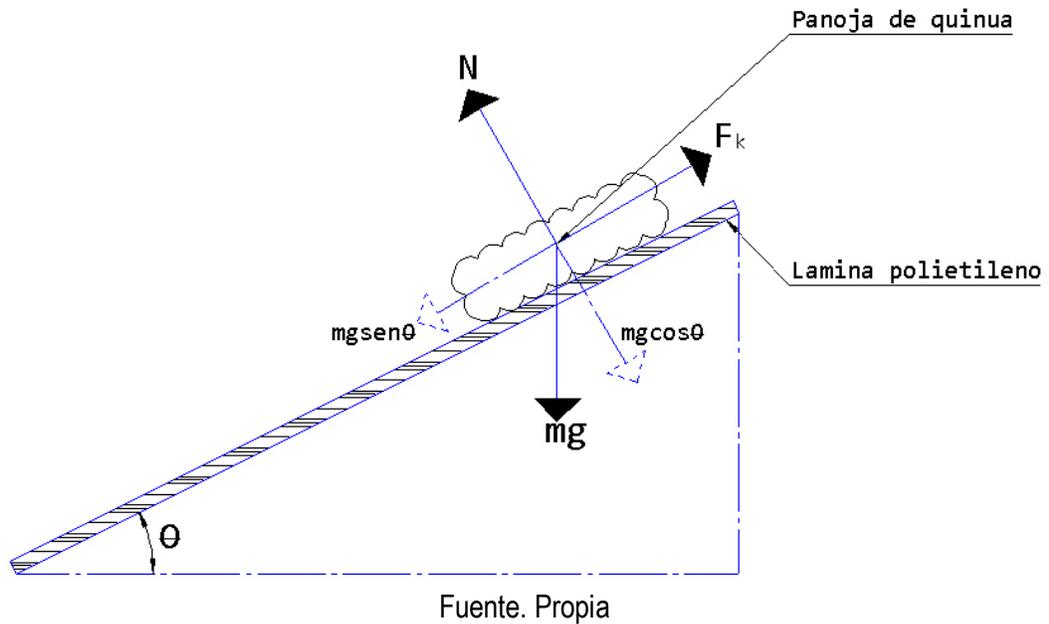
Al moverse la panoja de quinua sobre la lámina, lo hace con velocidad constante; entonces, a lo largo de la lámina se deduce que:

$$F_k = mg \sin \theta \quad (2)$$

Si la fuerza de rozamiento es:

$$F_k = \mu_k N \quad (3)$$

Figura 16. Diagrama de fuerzas de una panoja de quinua sobre un plano inclinado



Remplazando las ecuaciones (1) y (2) en (3), se obtiene que:

$$\mu_k = \frac{F_k}{N} = \frac{mg \sin \theta}{mg \cos \theta} = \tan \theta \quad (4)$$

5.5. PROCEDIMIENTO

1. Colocar panoja de quinua sobre el extremo de la lámina de plástico a elevar, cuando la lámina de plástico este paralela al plano de referencia, de tal manera que la panoja repose sobre lámina.
2. Elevar un extremo de la lámina de manera que forme un ángulo con el plano de referencia, hasta que la panoja se deslice suavemente hasta el otro extremo de la lámina y se fija en esta posición.
3. Con un trasportador se mide el ángulo formado entre el plano de referencia y la lámina.
4. Se realiza los pasos anteriores las veces necesarias, con diferentes panojas, para establecer una medida promedio del ángulo, y se consigna los datos obtenidos.
5. Se realiza los pasos anteriores para otra lámina con rugosidades o hendiduras, utilizando las mismas panojas del primer material.

5.6. RESULTADOS

Después de realizar los pasos anteriores con los dos materiales, los resultados obtenidos están consignados en las siguientes tablas.

Tabla 7. Resultados con lámina de polietileno lisa.

Prueba No.	θ	$\tan \theta$
1	25	0.4663
2	27	0.5095
3	27	0.5095
4	28	0.5317
5	28	0.5317
6	27	0.5095
7	28	0.5317
8	29	0.5543
9	25	0.4663
10	25	0.4663
11	28	0.5317
12	27	0.5095
$\bar{\theta}$	27	0.5095
Fuente. Propia		

Tabla 8. Resultados con lámina de polietileno con endiduras.

Prueba No.	θ	$\tan \theta$
1	35	0.7002
2	38	0.7812
3	35	0.7002
4	38	0.7812
5	40	0.8390
6	38	0.7812
7	39	0.8097
8	39	0.8097
9	40	0.8390
10	40	0.8390
11	40	0.8390
12	37	0.7535
$\bar{\theta}$	38.25	0.7883
Fuente. Propia		

5.7. CONCLUSIONES

Ya que los resultados no tienen una desviación significativa, no fue necesario realizar demasiadas veces el experimento.

La forma esponjada, irregular y ramificada de las panojas de quinua, hacen que el coeficiente de rozamiento no sea tan bajo.

Como se preveía, el coeficiente de fricción dinámica en la lámina con hendiduras es mayor que el de la lámina lisa.

6. ANEXO F

EXPERIMENTO DE FUERZA DE CONTACTO DE LAS PANOJAS DE QUINUA

6.1. UBICACIÓN

El experimento se realizó en los laboratorios de mecánica de la Universidad del Cauca, en la facultad de Ingeniería Civil, ubicada en el campus de Tulcán en la ciudad de Popayán, departamento del Cauca. La quinua para realizar el experimento fue traída hacia esos lugares desde los campos aledaños al centro de acopio del corregimiento de San Juan, Bolívar, Cauca.

6.2. OBJETIVO

EL objetivo de este experimento es estimar la fuerza de contacto que ejercen las panojas de quinua.

6.3. METODOLOGÍA

La metodología consiste en medir indirectamente la fuerza de reacción que ejerce una muestra de panojas, al aplicarles una fuerza de compresión. Se puede deducir que al aplicar una fuerza en sentido radial hacia el tallo principal, cambia su forma; a esta fuerza de reacción se le denominara fuerza de contacto. Por lo tanto se coloca sobre una panoja de quinua diferentes pesos Ver figura 17, con el fin de observar la variación de su espesor, como se observa en la figura 18.

Figura 17. Pesos utilizados en el experimento



Fuente: propia

Figura 18. Panoja deformada



Fuente propia

6.4. FUNDAMENTOS FÍSICOS

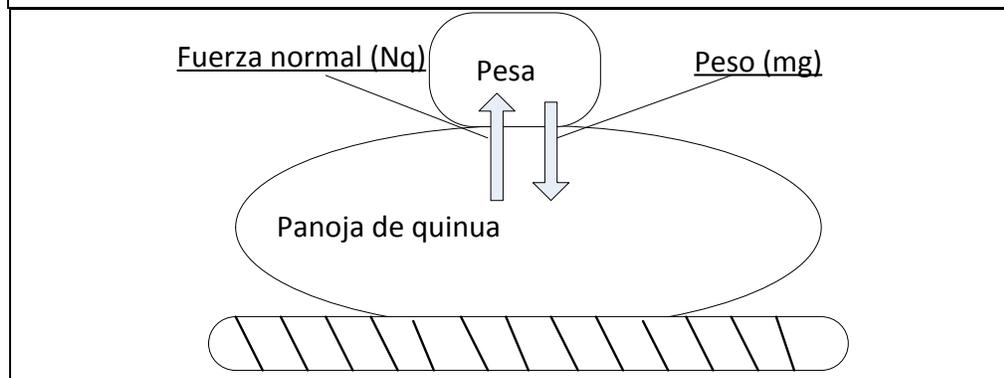
La figura 19 representa el diagrama de fuerzas que actúan sobre la panoja que se encuentra sobre una balanza de superficie plana. En sentido perpendicular a la superficie de la balanza hay equilibrio[4], por lo tanto:

$$N_q = mg$$

(1)

Siendo N_q : Fuerza normal de la panoja de quinua ó fuerza de contacto

Figura 19. Diagrama de fuerzas de una panoja de quinua al colocar una pesa



Fuente: Propia

6.5. PROCEDIMIENTO

Para determinar la fuerza con la que reacciona una panoja de quinua al ser presionada; se le aplican fuerzas graduales a diez panojas de dimensiones similares, hasta conseguir que estas reduzcan su espesor aproximadamente a 2cm, ya que esta es la distancia entre el cilindro trillador y clasificador. Por lo que se realizan los siguientes pasos.

1. Colocar la panoja sobre una superficie plana.
2. Medir el peso de las diferentes pesas a utilizar.
3. Colocar una pesa sobre la panoja y medir el nuevo grosor de esta.
4. Repetir este proceso con la misma pesa con las restantes panojas, con el fin de establecer una media.
5. Realizar los pasos anteriores, variando el peso aplicado a las panojas

6.6. RESULTADOS

Después de realizar los pasos anteriores, los resultados obtenidos están consignados en la tabla 1.

Tabla 9. Resultados del espesor de panojas de quinua a diferentes pesos

	Peso (50g)	Peso (100g)	Peso (200g)	Peso (300g)	Peso (500g)	Peso (800g)	Peso (1000g)	Peso (1500g)
Espesor Panoja 1 (cm)	5,3	4,2	3,3	2,9	2,5	2,3	2,1	1,7
Espesor Panoja 2 (cm)	5,1	4	3,1	2,8	2,6	2,3	2	1,6
Espesor Panoja 3 (cm)	4,9	3,8	2,8	2,7	2,6	2,1	1,8	1,4
Espesor Panoja 4 (cm)	5	4,1	3	2,8	2,4	2,2	1,9	1,5
Espesor Panoja 5 (cm)	4,8	3,9	2,9	2,8	2,3	2,2	1,9	1,4
Espesor Panoja 6 (cm)	5,2	4	3,2	2,7	2,5	2,3	2,2	1,8
Espesor Panoja 7 (cm)	5	4,2	3,3	2,9	2,6	2,2	2,1	1,7

Espesor Panoja 8 (cm)	5,2	4,1	3,1	2,8	2,5	2,3	2,2	1,8
Espesor Panoja 9 (cm)	4,7	3,9	2,7	2,7	2,4	2,1	1,8	1,5
Espesor Panoja 10 (cm)	4,9	3,7	2,8	2,7	2,4	2,2	1,9	1,4
Promedio (cm)	5,01	3,99	3,02	2,78	2,48	2,22	1,99	1,58

Fuente: propia

6.7. CONCLUSIONES

Ya que los resultados no tienen una desviación significativa, no fue necesario repetir demasiadas veces el experimento.

El espaciamiento que se encuentra entre las ramas de las panojas de quinua como su distancia del tallo principal, hacen que la fuerza de contacto sea menor de lo esperado

7. ANEXO G

PLANOS DETALLADOS DE LA MEJORA TECNOLÓGICA

En este anexo se colocaran los planos detallados de algunas partes de los mecanismos que componen la mejora tecnológica de la máquina perfecta N 12, los planos detallados de los demás componentes se encuentran adjuntos al CD; las dimensiones de los elementos comerciales se observan en sus respectivos catálogos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] W. Rojas and M. Pinto, "La diversidad genética de quinua de Bolivia," p. 16, 2007.
- [2] Fundación Proinpa, "Prototipos_Trilladoras_de_Granos_PROINPA." p. 4.
- [3] D. BAZILE, Didier. et al. (Editores), *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. Santiago de Chile y Montpellier, 2014.
- [4] R. a. Serway and L. D. Kirkpatrick, *Física Para Ciencias e Ingeniería*, vol. 26, no. 4. 2008.