



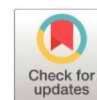


Optimización de un prototipo de trilladora de granos con acople a motor de combustión interna

Optimization of a prototype grain threshing machine with internal combustion engine coupling

- ¹ Edison Patricio Abarca Pérez  <https://orcid.org/0000-0001-7041-4805>
Maestría en Diseño Producción y Automatización Industrial, Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)
edison.abarca@esPOCH.edu.ec
- ² Juan Carlos Quinchuela Paucar  <https://orcid.org/0000-0002-4469-3035>
Maestría en Diseño Industrial y de Procesos Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)
juan.quinchuela@esPOCH.edu.ec
- ³ Bryan Alejandro Granizo Mora  <https://orcid.org/0000-0003-4169-8102>
Ingeniero Automotriz, Investigador Independiente
bryanalejandrogranizo@gmail.com
- ⁴ Jonathan Wladimir Gómez Llamatumbi  <https://orcid.org/0000-0002-0448-5127>
Ingeniero Automotriz, Investigador Independiente
wladimir.g30@gmail.com



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 02/03/2022

Revisado: 03/04/2022

Aceptado: 12/05/2022

Publicado: 08/06/2022

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i2.2199>

Cítese:

Abarca Pérez, E. P., Quinchuela Paucar, J. C., Granizo Mora, B. A., & Gómez Llamatumbi, J. W. (2022). Optimización de un prototipo de trilladora de granos con acople a motor de combustión interna. *ConcienciaDigital*, 5(2), 202-219. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i2.2199>



CONCIENCIA DIGITAL, es una Revista Multidisciplinar, **Trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras**claves:**

Optimización,
prototipo,
trilladora,
eficiencia,
vibraciones.

Keywords:

Optimization,
prototype,
thresher,
efficiency,
vibrations.

Resumen

Introducción: La trilladora es una máquina agrícola que limpia y separa el grano de la paja o cualquier impureza, el análisis del funcionamiento del prototipo de trilladora presenta varias deficiencias como: desperdicio de grano, limpieza inadecuada, insuficiente producción, una elevada vibración que desplaza la máquina durante su operación, entre otros. **Objetivo:** Optimizar el funcionamiento del prototipo de trilladora mediante el análisis de cargas que soporta y el comportamiento de sus elementos, permitiendo así desarrollar un rediseño e implementación de sistemas que incrementen su eficiencia y productividad. **Metodología:** La metodología aplicada fue de tipo experimental donde se desarrolló un rediseño del sistema de limpieza, bastidor, cilindro desgranador entre otros, para posteriormente realizar pruebas de funcionamiento, un análisis de vibraciones y productividad del equipo que permitan evidenciar la optimización realizada. **Resultados:** Se implementó un cilindro batidor sobre el eje del cilindro desgranador, además se rediseñó la zapata de limpieza aumentando la superficie a $139 \text{ cm}^2/\text{m}$ y se disminuyó el tamaño de los orificios de la zaranda a 2.25mm, el análisis de vibraciones arrojó una reducción máxima del 38% después de la optimización, se redujo la pérdida de grano en un 22% y en un 20% las impurezas en el producto final. **Conclusiones:** Se optimizó el funcionamiento en general del equipo disminuyendo los tiempos de procesamiento del grano y aumentando su producción en un 106,02% con un porcentaje de impurezas menor al 4%.

Abstract

Introduction: The thresher is an agricultural machine that cleans and separates the grain from the straw or any impurity, the analysis of the operation of the thresher prototype presents several deficiencies such as grain waste, inadequate cleaning, insufficient production, high vibration that displaces the machine during its operation, among others. **Objective:** Optimize the operation of the threshing machine prototype by analyzing the loads it supports and the behavior of its elements, thus allowing the development of a redesign and implementation of systems that increase its efficiency and productivity. **Methodology:** The methodology applied was experimental type where a redesign of the cleaning system, frame, shelling cylinder, and others, was developed to later conduct

performance tests and an analysis of vibrations and productivity of the equipment that allow demonstrating the optimization conducted. **Results:** A beater cylinder was implemented on the axis of the shelling cylinder, in addition, the cleaning shoe was redesigned, increasing the surface to 139 cm²/m and the size of the screen holes was reduced to 2.25mm, the vibration analysis showed a reduction 38% maximum after optimization, grain loss was reduced by 22% and impurities in the final product by 20%. **Conclusions:** The general operation of the equipment was optimized, reducing grain processing times and increasing its production by 106.02% with a percentage of impurities less than 4%.

Introducción

La producción de quinua se ve limitada por los altos costos de la maquinaria especializada para su procesamiento, el precio de los materiales, insumos agrícolas y mano de obra (Cazar & Alava, 2004). Es necesaria la disponibilidad de equipos agrícolas que permitan obtener resultados favorables durante el procesamiento de quinua, una de las máquinas fundamentales son las trilladoras, por esta razón es importante que su inversión no represente un costo excesivamente elevado y que además garantice el cumplimiento de los estándares de producción, eficiencia y seguridad.

Después de realizar las pruebas de funcionamiento reales en campo del prototipo de trilladora desarrollado en un trabajo anterior (Carrillo & Vuelva, 2019), se evidenció que el prototipo presentaba varias deficiencias en su funcionamiento, lo cual ocasionaba desperdicio de grano, tanto en el mecanismo de la criba y en la zapata de limpieza (Granizo & Gómez, 2021).

Las pruebas realizadas por Granizo & Gómez (2021) en el prototipo de trilladora mostraron:

- Una eficiencia de recolección de grano del 68,85%.
- 22,95% de impurezas (material ajeno al grano) presente en el grano recolectado.
- Una producción de 19,9 kg/h o 0,44 qq/h (quintales/hora), valores que requieren ser mejorados mediante la optimización del prototipo.

Adicionalmente, se evidencia inconvenientes en el funcionamiento de la máquina, afectando a la ergonomía y seguridad por parte del operario durante su uso, entre los

principales inconvenientes se observa una tolva demasiado pequeña, la ausencia de seguridades y protectores para bandas y poleas, finalmente una elevada vibración del equipo; la suma de todos estos problemas justifica el proceso de optimización desarrollado en el presente artículo que sin duda permitirá incrementar la eficiencia y producción del equipo.

Metodología

La metodología para desarrollar es de tipo experimental partiendo de la identificación de las deficiencias del prototipo de trilladora juntamente con la información disponible, se determinó los sistemas y mecanismos a modificar o implementar para mejorar su desempeño, la optimización del equipo estará destinada a:

- Implementar un cilindro batidor.
- Rediseño de la zapata de limpieza.
- Calibración del cilindro desgranador y criba.
- Implementación de protectores de bandas y poleas, así como enganches para costales

Diseño del batidor

El batidor actúa como un componente importante en la transición de la trilla a la separación, porque reduce la energía del material que proviene del sistema de trilla y lo orienta hacia la criba o saca pajas (Chaparro, 1997), lo que permite reducir las pérdidas de grano y por ende aumentar la eficiencia del prototipo de trilladora.

Para el diseño y fabricación del cilindro batidor, se utilizó los parámetros mencionados por José Chaparro (1997), en su artículo, así como los mencionados por Montoya Merino (1990), en su trabajo de titulación, cuyos parámetros a considerar son:

- Velocidad de funcionamiento entre 675 a 1275 rpm.
- Diámetro del cilindro batidor es de aproximadamente el 62% del diámetro del cilindro desgranador.
- Longitud igual al del cilindro desgranador.
- La distancia entre el cilindro desgranador y cilindro batidor ronda entre 3 a 5 milímetros.

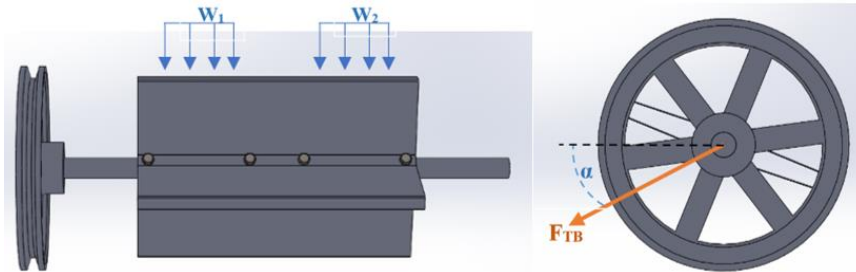
Análisis de fuerzas, reacciones y momentos sobre el eje batidor

El diseño del eje batidor se realizó mediante la teoría de distorsión con criterio de Goodman (citado por Budynas & Nisbett, 2008), las fuerzas y cargas presentes en el eje batidor se pueden apreciar en la figura 1, obteniendo como resultado un eje de 1 pulgada

de diámetro y un factor de seguridad de 3,21, valor que se encuentra en el rango establecido por Vanegas (2018), entre 3 y 4 para análisis dinámicos.

Figura 1

Cargas presentes en el eje batidor



Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Los valores de las cargas consideradas se resumen en la Tabla 1 mostrada a continuación.

Tabla 1

Cargas sobre el eje batidor

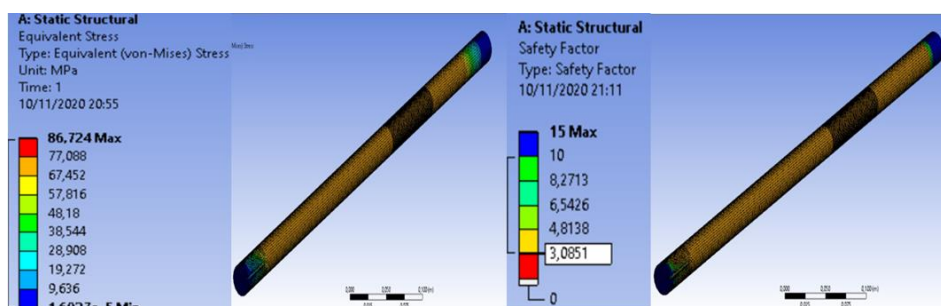
Cargas	Valor
W_1 = Carga distribuida sobre el eje	212,39 [N/m]
W_2 = Carga distribuida sobre el eje	212,39 [N/m]
F_{TB} = Fuerza resultante sobre la polea del batidor	361,311 [N]
α = Ángulo de acción de la fuerza resultante sobre la polea del batidor	21,60 [°]

Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Como método de validación de los valores mostrados anteriormente se empleó un software CAE que comprueban la resistencia mecánica del elemento, en la Figura 2 se muestra este análisis.

Figura 2

Análisis de resistencia mediante software CAE



Fuente: Granizo & Gómez (2021)

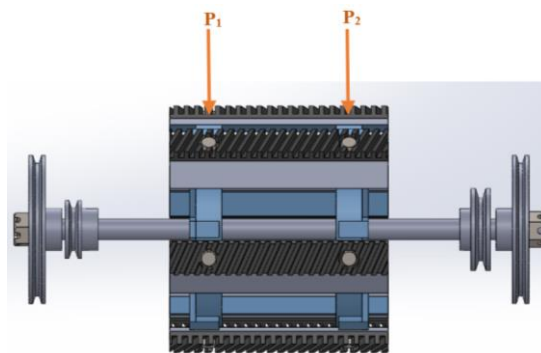
Los valores obtenidos de la deformación máxima fueron de 0,28mm, en tanto que el factor de seguridad del eje batidor es de 3,08.

Análisis del eje del cilindro desgranador

El eje batidor es accionado por el eje del cilindro desgranador, por tal motivo está sometido a un esfuerzo adicional. El análisis de cargas a las que está sometido el eje del cilindro desgranador se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Cargas aplicadas en el eje del cilindro desgranador



Fuente: Granizo & Gómez (2021)

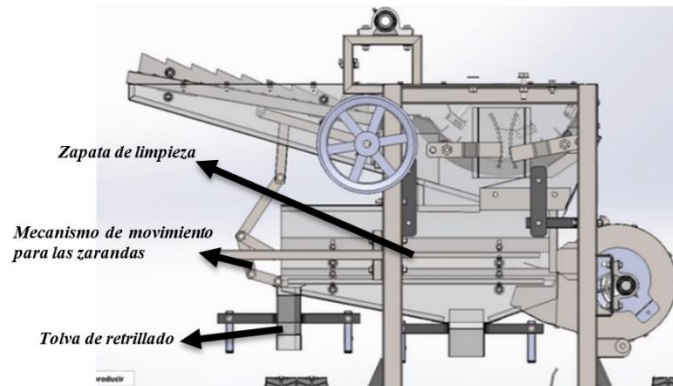
El valor de las cargas P1 y P2 es de 294N cada una, generadas por las masas de las partes del cilindro desgranador sobre el eje. De la misma manera el análisis de resistencia por medio de software CAE permitió obtener una deformación máxima de 0,115mm y un factor de seguridad de 2,62.

Optimización del diseño de la zapata de limpieza

La zapata de limpieza permite separar el grano de cualquier material ajeno a este mediante la ayuda de cribas, tamices o zarandas oscilantes. Uno de los inconvenientes del prototipo es que posee una gran masa que desplazar y una superficie insuficiente para separar el grano de las impurezas. La superficie de las zarandas depende del ancho del cilindro desgranador, variando su área entre 114 a 147 cm² por metro de anchura del cilindro desgranador (Srivastava et al., 2006). El área por metro de anchura del cilindro desgranador del prototipo antes de su optimización era de aproximadamente 81 cm², siendo inferior a lo especificado, por lo tanto, se aumentó la superficie a 139 cm²/m e implementar un mecanismo que permita a las zarandas oscilar opuestas entre sí, logrando equilibrar las fuerzas generadas, reducir la masa total a mover y disminuir las vibraciones originadas. Finalmente se agregó una tolva de recolección para el grano que no fue trillado (Srivastava et al., 2006), permitiendo así repetir el proceso reduciendo las pérdidas. El diseño final de la zapata optimizada se aprecia en la Figura 4.

Figura 4

Diseño optimizado de la zapata de limpieza

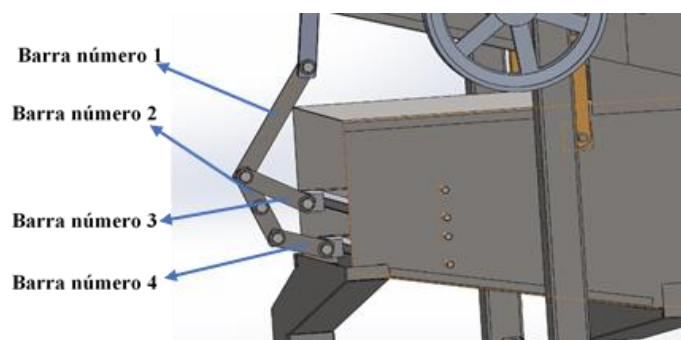


Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Las barras del mecanismo de movimiento de las zarandas identificadas en la Figura 5 están sometidas a una serie de esfuerzos, por lo que es necesario su análisis mediante software CAE. La barra 1 es el elemento que soporta mayores cargas, sin embargo, presenta una deformación máxima de $2,374 \times 10^{-4}$ mm y factor de seguridad de 10.81, valor que garantiza la funcionalidad del elemento.

Figura 5

Barras del mecanismo de movimiento de la zaranda



Fuente: Granizo & Gómez (2021)

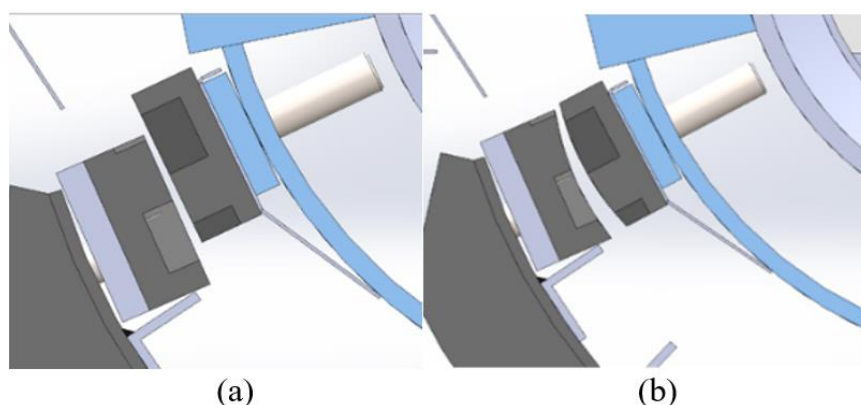
Optimización de la distancia entre el cóncavo y cilindro desgranador

Ortiz-Cañavate (2003), indica que la distancia entre el cóncavo y el cilindro desgranador a su salida debe ser igual o menor al diámetro promedio del grano a trillar; la distancia máxima que se podía acercar el cóncavo y cilindro desgranador del prototipo original era de 6 milímetros; la quinua posee un diámetro promedio de 1,5 a 3 milímetros (Gómez & Aguilar, 2016), por lo que se cambió la geometría del cilindro desgranador para que éste pudiera acercarse más al cóncavo y cumplir con lo mencionado. El redondear las barras del cilindro desgranador permitió acercar estos elementos 2 milímetros, por consiguiente,

el proceso de trilla mejora y aumenta la eficiencia de la máquina. En la Figura 6 (a) se puede observar el diseño original, en cambio en la Figura 6 (b) se observa su optimización.

Figura 6

Optimización de la distancia entre las barras del cilindro desgranador y el cóncavo



Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Calibración en ranuras de la criba

La criba o sacudidor separar el grano que queda en la paja proveniente del proceso de trilla y lo dirige a la zapata de limpieza (Valero & Ortiz-Cañavate, 2000), las ranuras de la criba en el prototipo antes de la optimización tenían una abertura de aproximadamente 7 milímetros; se realizó una reducción a 3,5 milímetros con la finalidad de aminorar la cantidad de impurezas que eran enviados a la zapata de limpieza, reduciendo la carga en ésta y, por tanto, disminuyendo las pérdidas de grano.

Enganches para costales

Se implementaron enganches para costales con el fin de mejorar la ergonomía del prototipo de trilladora bajo las especificaciones de la norma INEN-ISO 11228-3 (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2003), en el cual indica una serie de pasos y recomendaciones ergonómicas en el manejo manual de cargas, el diseño de éstos y su ensamble se observan en la Figura 7.

Figura 7

Diseño de los enganches para los costales



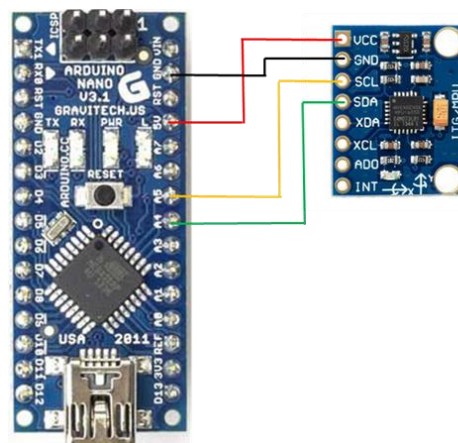
Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Pruebas de vibración

Para medir las vibraciones producidas en el prototipo de trilladora durante su funcionamiento, se utilizó el módulo MPU6050 que es una unidad de medición inercial o IMU, conectado juntamente con un Arduino Nano Figura 8, esto permite medir las aceleraciones en los 3 ejes con un error de medición del $\pm 3\%$ (InvenSense Inc., 2012).

Figura 8

Conexión del módulo MPU6050 y el Arduino Nano

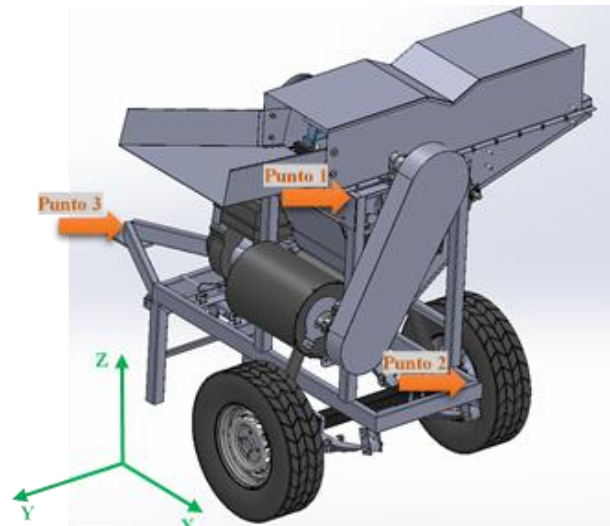


Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Los tres puntos de análisis para la toma de datos se muestran en la Figura 9 los puntos 1 y 2 correspondientes a la tolva de ingreso de cultivo y tolva de recolección de grano trillado fueron seleccionados por ser los más cercanos a las partes que están en contacto con el operario y el punto 3 se ubica en los soportes de la máquina.

Figura 9

Puntos de análisis para las pruebas de vibración



Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Con los datos obtenidos se toma una muestra aleatoria de 41 datos (Que representa las aceleraciones producidas en el funcionamiento de la máquina durante 2 segundos) y se aplica la Ec. 1 descrita por IDEARA (2014), para obtener el módulo de la aceleración en los 3 ejes, este procedimiento se realiza para los datos obtenidos en los 3 puntos.

$$a_R = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2 + (a_z)^2} \quad (1)$$

En donde: α_R = Aceleración resultante; α_X = Aceleración en el eje x del prototipo de trilladora; α_Y = Aceleración en el eje y del prototipo de trilladora; α_Z = Aceleración en el eje z del prototipo de trilladora.

Una vez obtenido las aceleraciones resultantes de los 41 datos se gráfica en función del tiempo, permitiendo determinar visualmente la disminución de las vibraciones; para determinar la disminución de las vibraciones se aplica la Ec. 2 descrita por Mendenhall et al. (2010).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (2)$$

En donde:

\bar{X} = Valor promedio de los datos

X_1, X_2, \dots, X_n = El conjunto de datos

n = Número de datos.

Eficiencia del prototipo trilladora

Se analizaron dos parámetros: el porcentaje de pérdidas de grano y el porcentaje de impurezas presentes en el grano recolectado. Con la máquina totalmente limpia se empezó con el proceso de trilla, recolectando y marcando en diferentes envoltorios el material proveniente de las tolvas de recolección, criba, zapata de limpieza y el material que fue expulsado debido a fugas, trillar a mano para separar el grano de las impurezas y finalmente pesar el grano y material ajeno al grano, proceso mencionado por Gómez & Aguilar (2016); esta actividad se repite 6 veces para tener una base de datos.

Una vez tomados los datos de las pruebas tanto en el prototipo como en el equipo optimizado, se procede a encontrar el valor promedio de los resultados aplicando la Ec. 2, y para obtener los porcentajes de cada muestra se aplica la Ec. 3.

$$\%X_{A,B,\dots,n} = \frac{X_A, X_B, \dots, X_n}{X_A + X_B + \dots + X_n} * 100\% \quad (3)$$

En donde:

$\%X_{A,B,\dots,n}$ = Porcentaje de una muestra A,B,...,n;

X_A, X_B, \dots, X_n = El conjunto de datos.

1) Eficiencia del grano recolectado: corresponde a la cantidad de grano aprovechado y a las pérdidas en la máquina. El grano recolectado suma la cantidad de grano recolectado en las tolvas y las pérdidas suma la cantidad de grano proveniente del proceso de limpieza, para determinar estos porcentajes se aplicó la Ec. 3.

2) Grado de limpieza del grano: hace referencia al porcentaje de impurezas presente en el grano recolectado, este valor se obtuvo aplicando la Ec. 3.

Discusión y resultados

Vibración

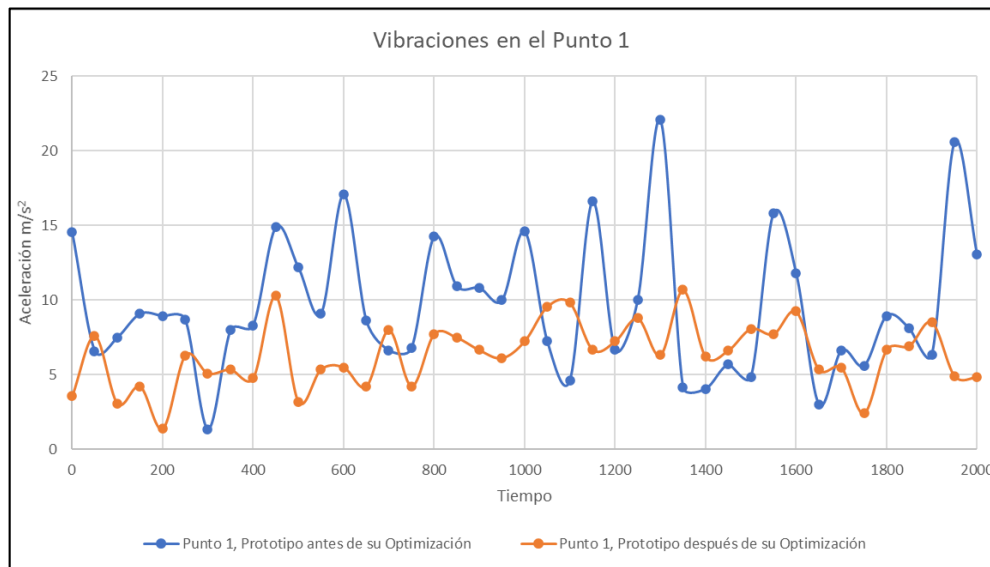
Las figuras y tablas mostradas a continuación presentan el valor promedio de los datos de vibración obtenidos en cada punto analizado.

Vibración en el punto 1

En la Figura 10 se puede apreciar gráficamente la disminución de la intensidad de las vibraciones en el prototipo de trilladora después de su optimización, se obtiene una reducción del 34% aproximadamente.

Figura 10

Vibraciones del prototipo de trilladora en el punto 1



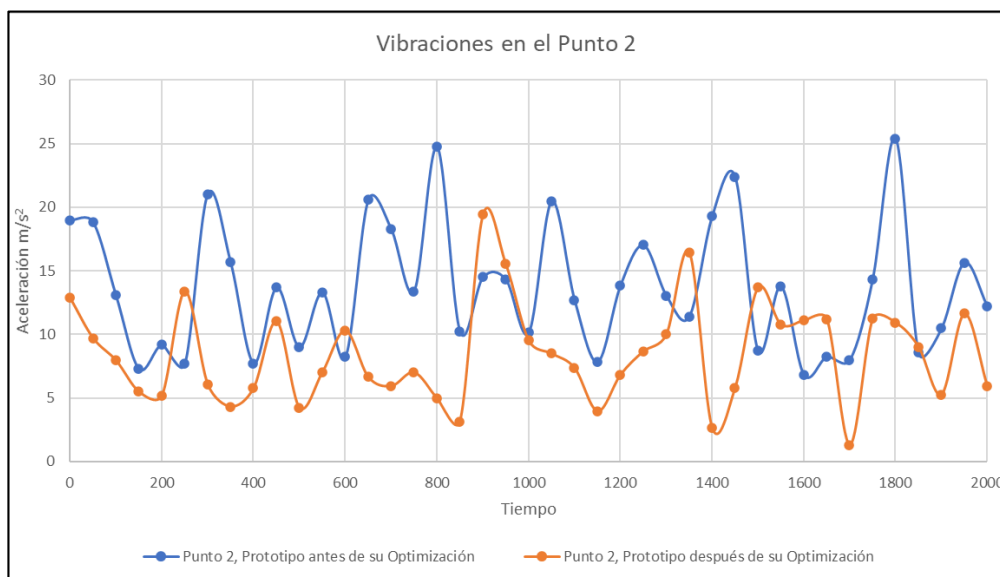
Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Vibración en el punto 2

Los datos obtenidos permiten identificar una reducción del 38% aproximadamente, la distribución gráfica se observa en la Figura 11.

Figura 11

Vibraciones del prototipo de trilladora en el punto 2



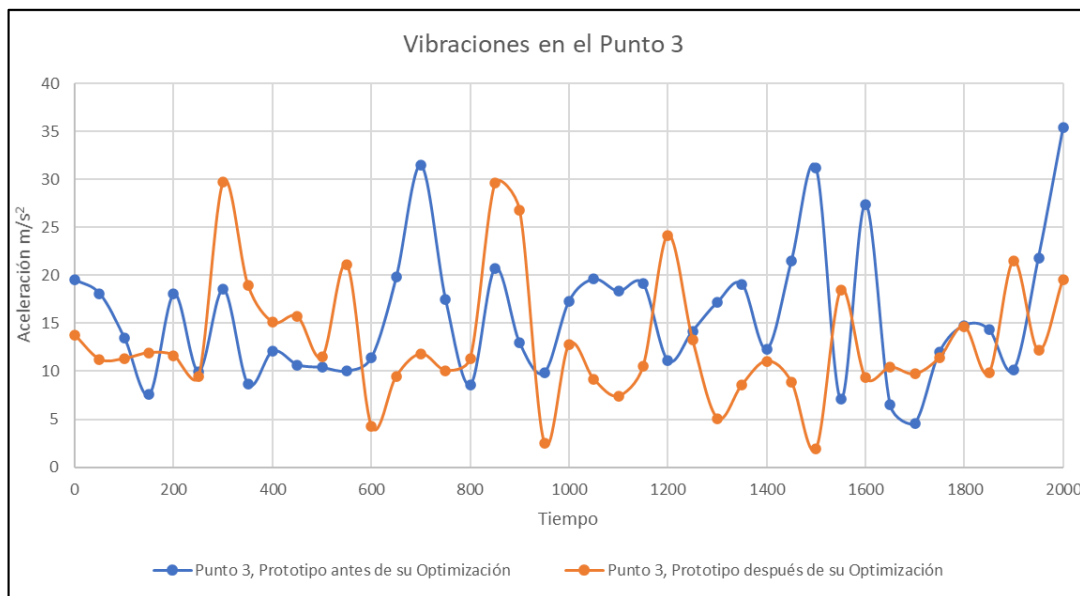
Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Vibración en el punto 3

La distribución de los valores se presenta en la Figura 12 el análisis de datos permite identificar una reducción de las vibraciones del 17% aproximadamente.

Figura 12

Vibraciones del prototipo de trilladora en el punto 3



Fuente: Granizo & Gómez (2021)

En la Tabla 2 se indican los valores promedio de las vibraciones en cada punto, permitiendo evidenciar una comparación numérica entre el prototipo antes y después de la optimización.

Tabla 2

Valor promedio de las vibraciones en el prototipo de trilladora

Valor promedio de las vibraciones [m/s ²]			
<i>Prototipo de trilladora antes de su optimización</i>	Punto 1	Punto 2	Punto 3
<i>Prototipo de trilladora después de su optimización</i>	9,627	13,662	15,726
	6,324	8,482	13,105

Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Eficiencia del grano recolectado

Los resultados de las 6 pruebas realizadas en el prototipo de trilladora antes y después de su optimización se pueden observar en la Tabla 3 respectivamente, se analizar que las pérdidas de grano alcanzan un valor promedio de 31,15%, valor demasiado elevado que

sin duda muestra la baja eficiencia de la máquina antes de la optimización del proceso, lo cual hacía urgente la intervención del equipo.

Tabla 3

Resultados de las pruebas de eficiencia del grano recolectado

	Grano recolectado	Pérdidas de grano	Grano recolectado	Pérdidas de grano
	Prototipo no optimizado		Prototipo optimizado	
Prueba 1	74,23%	25,77%	89,65%	10,35%
Prueba 2	69,88%	30,12%	92,28%	7,72%
Prueba 3	71,00%	29,00%	91,54%	8,46%
Prueba 4	69,50%	30,50%	88,73%	11,27%
Prueba 5	65,53%	34,47%	91,22%	8,78%
Prueba 6	62,95%	37,05%	90,00%	10,00%
Promedio	68,85%	31,15%	90,57%	9,43%

Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Con la optimización del equipo, se redujo aproximadamente el 22% de las pérdidas de grano, llegando a una eficiencia del grano recolectado del 90,57%. En la Figura 13 se puede observar gráficamente la mejora en el desempeño del equipo después de su optimización.

Figura 13

Desempeño del equipo antes y después de la optimización

TRILLADORA ANTES DE SU OPTIMIZACIÓN TRILLADORA DESPUÉS DE SU OPTIMIZACIÓN



Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Grado de limpieza del grano

Los resultados de las 6 pruebas realizadas en el prototipo de trilladora antes y después de su optimización se pueden observar en la Tabla 4; con los cambios realizados en la máquina, se redujo aproximadamente el 20% de las impurezas presente en el grano recolectado, llegando a un valor del 3,47% de impurezas presentes en el grano recolectado finalmente.

Tabla 4

Resultado de las pruebas de limpieza del grano recolectado

	Grano	Impurezas	Grano	Impurezas
	Equipo no optimizado		Equipo optimizado	
Prueba 1	82,13%	17,87%	97,03%	2,97%
Prueba 2	79,45%	20,55%	96,86%	3,32%
Prueba 3	79,23%	20,77%	95,98%	4,02%
Prueba 4	71,43%	28,57%	96,28%	3,72%
Prueba 5	75,86%	24,14%	95,95%	4,05%
Prueba 6	74,21%	25,79%	97,25%	2,75%
Promedio	77,05%	22,95%	96,53%	3,47%

Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Producción de grano

En la Tabla 5 se aprecian los resultados de las pruebas de producción en el prototipo de trilladora antes y después de su optimización, después de los cambios realizados en la máquina, la producción aumento aproximadamente 20 kg/h o en un 106,02%, obteniendo una producción de 39,365 kg/h.

Tabla 5

Resultados de las pruebas de producción

	Tiempo	Material recogido	Producción	Tiempo	Material recogido	Producción
	[s]	[Kg]	[Kg/h]	[s]	[Kg]	[Kg/h]
	Equipo no optimizado			Equipo optimizado		
Prueba 1	42,28	0,285	24,267	120,55	1,37	40,912
Prueba 2	50,05	0,290	20,859	121,25	0,94	27,909
Prueba 3	42,23	0,235	20,033	122,60	1,25	36,705
Prueba 4	52,36	0,210	14,439	120,96	1,745	51,935
Promedio			19,899			39,365

Fuente: Granizo & Gómez (2021)

Conclusiones

- La implementación de un nuevo mecanismo que mueve las zarandas mediante su rediseño permite a las zarandas oscilar opuestas entre sí, logrando equilibrar las fuerzas generadas y reducir la masa total, disminuyendo de 10,3 a 5,86 kg, además las intensidades de las vibraciones originadas en el prototipo de trilladora se reducen en un rango de 17% a 38% aproximadamente.
- El aumento del área en las zarandas a 4680cm² y la modificación de los orificios interiores hace posible la reducción en un 20% aproximadamente de las impurezas en el grano recolectado, logrando un valor menor al 4% en el producto final. El efecto del proceso de optimización en el prototipo de trilladora se evidencia en el incremento de su producción llegando incluso a duplicarlo.

- El incluir los enganches para los costales permite un mejor desempeño por parte del operador del equipo, pues se le facilita realizar sus actividades bajo posturas ergonómicas, considerando además que la optimización en el diseño de la máquina redujo los tiempos de procesamiento y la cantidad de grano producido.

Referencias Bibliográficas

- Cazar, P. & Alava, H. (2004). *Producción y comercialización de quinua en el Ecuador* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Dspace ESPOL. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/3622>
- Carrillo, J. & Vuelva, J. (2019). *Diseño y construcción de una trilladora portátil de quinua con acople para propulsión mediante motor de combustión interna del motocultor YTO-15Y para la empresa COPROBICH*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Dspace ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13474>.
- Chaparro, J. (1997). Parámetros de operación en las combinadas. Ingeniería e Investigación 5, 5-17. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4902843>
- Montoya G. (1990). *Diseño, construcción y evaluación de una trilladora de quinua*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/561>
- Budynas, R. & Nisbett, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. McGraw Hill, Interamericana Editores, S.A. <http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/elementoMaquina/material/libroCabecera.pdf>.
- Vanegas, L. (2018). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Editorial UTP. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/535e3631-313d-4967-9c8c-7c18d4feab0e/content>.
- Granizo, B. & Gómez, J. (2021). *Optimización en eficiencia, ergonomía y seguridad del prototipo de trilladora portátil de quinua con acople a motor de combustión interna de motocultor YTO DF 15y para la empresa COPROBICH*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Dspace ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15329/1/65T00364.pdf>.
- Srivastava, A., Goering, C., Rohrbach, R., y Buckmaster, R. (2006). *Engineering Principles of Agricultural Machines*. McCann. https://tripleis.org/wp-content/uploads/2019/11/epdf.pub_engineering-principles-of-agricultural-machines.pdf.

- Ortiz-Cañavate, J. (2003). *Las máquinas agrícolas y su aplicación*. Mundi-Prensa Libros. <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484764311/las-maquinas-agricolas-y-su-aplicacion>.
- Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua*. <https://www.bivica.org/files/quinua-cultivo-guia.pdf>.
- Valero, C., & Ortiz-Cañavate, J. (2000). Cosechadoras de cereal: historia, elementos y funcionamiento. *Vida Rural* 108, 66-736. <http://oa.upm.es/6375/>.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2003). *Manejo de cargas*, INEN-ISO 11228-3. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_11228_3extracto.pdf.
- InvenSense Inc. (2012). MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.3. InvenSense. <https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf>.
- IDEARA SL. (2014). *Vibraciones mecánicas. factores relacionados con la fuente y medidas de control*. España: Confederación de Empresarios de Pontevedra. https://idearainvestigacion.es/wp-content/uploads/2014/10/GUIA_vibraciones-mecanicas_final_baixa-calidade.pdf.
- Mendenhall, W., Beaver, R. y Beaver, B. (2010). *Introducción a la probabilidad y estadística*. Santa Fe, EE. UU.: Cengage Learning Inc. <https://www.fcfm.buap.mx/jzacarias/cursos/estad2/libros/book5e2.pdf>.

Conflicto de intereses

Los autores deben declarar si existe o no conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Indexaciones

