

Design and implementation of an automatic processor to increase the production of shelled fresh corn

Karen Cuba-Vargas¹, Félix Pucuhuayla-Revatta¹, Jorge Luis Contreras-Cossío¹, Evelyn Rondon-Jara^{1*} and Sergio Martínez-Martínez¹ ¹Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, karen.cuba@upn.pe, felix.pucuhuayla@upn.edu.pe, jorge.contreras@upn.edu.pe, sergio.martinez@upn.edu.pe

* Autor por correspondencia: evelynrondon006@gmail.com

Abstract—One of the main reasons for the low consumption of fresh shelled maize is the cost of labour and occupational accidents caused by shelling with sharp tools. On the other hand, customers prefer to buy shelled maize because it facilitates the preparation of various dishes, but they often cannot find it in the markets. Therefore, the objective is to propose a design of an automatic processor to increase the production of shelled fresh corn and its implementation. This automatic processor shells, weighs and packs the fresh maize kernels where product quality, time and presentation are prioritised. In addition, no operator intervention is required throughout this process. A prototype was implemented and simulations were carried out in computer-aided design programmes, as well as using Proteus Design Suite for the electronic part.

Keywords- Shelling machine, design, automatic processor, cutting disc.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.260>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Diseño e implementación de una procesadora automática para incrementar la producción de desgranado de maíz fresco

Karen Cuba-Vargas¹, Félix Pucuhuayla-Revatta¹, Jorge Luis Contreras-Cossío¹, Evelyn Rondon-Jara^{1*} and Sergio Martínez-Martínez¹ ¹Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, karen.cuba@upn.pe, felix.pucuhuayla@upn.edu.pe, jorge.contreras@upn.edu.pe, sergio.martinez@upn.edu.pe
*Autor por correspondencia: evelynrondon006@gmail.com

Resumen—Una de las principales causas del bajo consumo del maíz desgranado fresco es el costo de mano de obra y los accidentes laborales que produce el desgranado con herramientas punzocortantes. Por otro lado, los clientes prefieren comprar el maíz desgranado dado que facilita la preparación de diversos platillos, pero muchas veces no lo encuentran en los mercados. Por ello, el objetivo es proponer un diseño de una procesadora automática para incrementar la producción de desgranado de maíz fresco y su implementación. Esta procesadora automática desgrana, pesa y empaqueta los granos de maíz fresco donde se prioriza la calidad del producto, el tiempo y la presentación. Además, en todo este proceso no se requiere la intervención del operario. Se implementó un prototipo y se realizaron simulaciones en programas de diseño asistido por computadora, como también el uso de Proteus Design Suite, para la parte electrónica.

Palabras clave- Desgranadora, diseño, procesadora automática, disco de corte.

I. INTRODUCCIÓN

La producción del maíz, está relacionado con ser uno de los productos líder en contrarrestar la hambruna [1]. Según el Instituto de investigación y desarrollo de Comercio Exterior (Idexcam) de la Cámara de Comercio de Lima (CCL), menciona: “Entre los años 2013 y 2017 la demanda de este cereal viene creciendo a una tasa promedio anual de 8% y este 2018 la tendencia indica que seguiría el mismo camino” [2]. Por esta razón, la producción de desgranado de maíz requiere una mayor concentración de mano de obra para el proceso. Se evidencia un problema para el vendedor y el consumidor, porque se generaría el aumento de precio del producto.

En la actualidad, el suministro de alimentos, y servicios son proporcionados en la mayoría por mercados de abastos, convirtiéndose en lugares con mayor concurrencia por las amas de casa. De acuerdo con los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI, 2017), menciona que Perú incrementó en 138,1% en mercados mayoristas, minoristas y mixtos; de las cuales el 53.7 % se concentran en Lima y Callao. Estos datos fueron obtenidos a través del Censo Nacional de Mercado de Abastos [3], por lo cual los mercados de Lima metropolitana que han sido censados, deberían cumplir con las normas establecidas de salubridad e higiene, con la finalidad de garantizar la salud de los clientes; pero muchos mercados no cumplen con las normas establecidas

para mantener el orden y la limpieza en los establecimientos, incluyendo los depósitos de verduras y frutas que muchas veces están expuestos a la contaminación del medio ambiente. El problema está presente en varios mercados locales [4], ya que algunos comerciantes no cumplían con diversas normas de salubridad [5] y se hallaron serias deficiencias que ponen en riesgo la salud de los visitantes; por ejemplo, no contar con carné de sanidad.

Así, en los mercados de abastos, los vendedores de diferentes sectores no tienen previa formación o capacitación de higiene alimentaria [6], muchos de los vendedores no utilizan guantes de látex al momento de despachar el producto y tampoco al cobrar el dinero, convirtiendo su mano en transmisor de microorganismos y desencadenar patologías inmunodeprimidas, provocando infecciones en personas totalmente sanas. En el caso de los vendedores de maíces, al momento de desgranar deben evitar cortar el endospermo de los granos de maíz para evitar el derramamiento de la leche del maíz, ya que esta genera el deterioro del producto al momento de querer conservarla por mucho tiempo. Por lo tanto, el desgranado del maíz debe ser minutos antes de la venta para conservar la frescura del producto. Los operarios que desgranar no pueden evitar cortar el endospermo del grano del maíz por la premura del momento impidiendo que el producto sea conservado, también existen posibilidades de que los operarios se corten la mano, esto se debe a que la forma más rápida en la cual puedan desgranar es con una cuchilla de mano, pero al no ser un instrumento diseñado para ese tipo de trabajo los cortes son inevitables, por lo tanto, puede contaminar el producto.

Por otra parte, es importante precisar que existen diferentes formas para desgranar maíz; sin embargo, muchos de ellos se realizan de forma tradicional: Desgranar con las manos, a través del método de golpeado [7] o con cuchillas [8,9]. Este último es el método más usado para los maíces frescos, aunque, presenta algunas dificultades como cortarse la mano, el tiempo de producción (aproximadamente 10 min por 1 kg) y; por último, el esfuerzo físico que requiere hacer este proceso. Con base en lo expuesto, este trabajo presenta como objetivo proponer un diseño de una procesadora automática para incrementar la producción de desgranado de maíz fresco y su implementación. De esta manera, con este proyecto se busca aplicar técnicas de mecánica y teoría de control para manipular variables seleccionadas como peso y temperatura, lo que permitirá censar y cuantificarlas para obtener como resultado un proceso correcto de desgranado, pesaje y sellado del producto.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte en Lima, Perú.

a) Metodología

Según se muestra en la Fig 1, en el diagrama de flujo, se plasma la propuesta metodológica utilizada para la investigación.



Fig 1. Diagrama de flujo del sistema propuesto

En la Tabla 1, se muestra la forma de recolección de los datos.

TABLA 1
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnica	Justificación	Instrumento
Inspección	Para poder identificar el entorno en donde se vende el producto desgranado y como lo venden.	Se utilizó una ficha de comprobación. Check list.
Análisis de procesos	Para poder establecer una secuencia de procesos.	Flujograma

En la Tabla 2, se evidencian las herramientas utilizadas para el procesamiento de los datos en las diferentes etapas de la propuesta de diseño.

TABLA 2
HERRAMIENTAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Herramienta	Propósito
Diagrama de Gann	Se utilizó para los periodos por cada actividad
Excel	Para procesar los datos obtenidos en las pruebas
Inventor Autodesk	Para realizar el diseño y análisis estructural
Fritzing	Diseño electrónico
Proteus	Diseño electrónico y simulación
CADE SIMU	Simulación y diseño eléctrico

b) Estructura general: Soporte

Se realizó bocetos con el dimensionamiento correspondiente para cada pieza, ensamblajes, despiece, análisis estructural y simulación. Los datos evaluados son específicos. La ejecución de lo previamente mencionado se realizó con el software autodesk inventor versión 2017.

El análisis estructural se realizó con el software Autodesk Inventor, este procesa los ensamblajes y genera nodos de simulación. Realiza un análisis de elementos finitos, la cual es una aproximación numérica que tiene como base fórmulas y cálculos convencionales de acuerdo las ecuaciones (1) y (2), para esto se da discretización del cuerpo, siendo el proceso de modelación que consiste en la división o distribución de un cuerpo de manera equivalente, un sistema que se conforma con cuerpos de menor tamaño denominados elementos finitos conectados entre sí por puntos comunes llamados nodos. [10] Los cálculos convencionales son los siguientes:

Momento de inercia - teorema de Steiner: Para determinar como se distribuyen las masas de los sólidos.

$$I_x = I_{0x} + A * d^2 \dots \dots \dots (1)$$

$$I_y = I_{0y} + A * dx^2 \dots \dots \dots (2)$$

- A= área de la figura a analizar
- d= la distancia desde el centro de gravedad hasta el centro de gravedad de la pieza
- y= centro de gravedad de la pieza con respecto a x
- x= centro de gravedad de la pieza con respecto a y

Para la deflexión máxima, se inició con el diagrama de cuerpo libre, se determinaron las reacciones y los momentos en la estructura. Luego, se contempló la fuerza aplicada externa para someter al diseño a situaciones críticas y conocer sus límites. Se desarrollaron los siguientes cálculos para determinar que el material y el espesor sea el correcto.

Esfuerzo de compresión: Permite determinar el esfuerzo al que se somete un cuerpo por la aplicación de fuerzas que actúan en el mismo sentido, como se muestran en la fórmula (3).

$$\sigma = \frac{M * C}{I} \dots \dots \dots (3)$$

- M= momento flector
- C= Distancia desde el eje neutro (centroide) hasta donde se determina el esfuerzo.

Deformación o alargamiento, se genera cuando al material se somete a una carga, puede ser puntual o distribuida. Se entiende que va a generar un cambio en las dimensiones del cuerpo, como se muestra en la fórmula (4).

$$\text{deformación} = \frac{\text{dimensión final} - \text{dimensión inicial}}{\text{dimensión inicial}} \dots (4)$$

El material utilizado para todos los sectores que tiene contacto con el alimento es el acero inoxidable. Consecuentemente, las propiedades mecánicas de este material van a servir como datos para el desarrollo del análisis estructural (ver tabla 3).

TABLA 3
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO INOXIDABLE QUE
MANEJA AUTODESK INVENTOR

Nombre	Acero inoxidable	Medida
	Densidad de masa	8 g/cm ³
General	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
	Módulo de Young	193 GPa
Tensión	Coefficiente de Poisson	0.3 su
	Módulo cortante	74.2308 GP

c) Estructura general: sistema de desgranado

Para determinar el diseño del sistema de desgranado en general, se realizó la toma de datos de las muestras de choclos de diferente clase que existen. Son tres clases de choclo que existen, la clase A es el choclo de primera clase que comúnmente se consume para diversos platillos de consumo humano, la clase B es utilizado para hacer harina por tener granos de choclo medianos y la clase C es utilizado para el consumo de animales. por lo cual se prefiere los datos de los choclos de clase A (ver tabla 4).

TABLA 4 PRUEBAS
DE LA MUESTRA 1

Características	Datos
Peso completo	201.4 g
Peso de los granos de choclo	125.51 g
Fuerza necesaria para desgranar	9 N – 20N
Tipo de choclo	Clasificación A
Estado del choclo	Fresco y seco
Diámetro de la coronta	3.1 cm
Diámetro del choclo con los granos	5.3 cm

En cuanto a los aspectos éticos, se contó con la autorización de la universidad para el uso del laboratorio de la Facultad, así como también se cumplieron con todos los protocolos establecidos para el proceso de simulación.

d) Esquema de la etapa de automatización

El sistema de la procesadora automática cuenta con una estructura basada en un sistema convencional de cuchillas y el uso de sensores, actuadores y sistema de control (controladores). En la Fig 2, se muestra el diagrama de bloques del sistema propuesto, donde tenemos cinco zonas principales en las que se divide la procesadora automática.

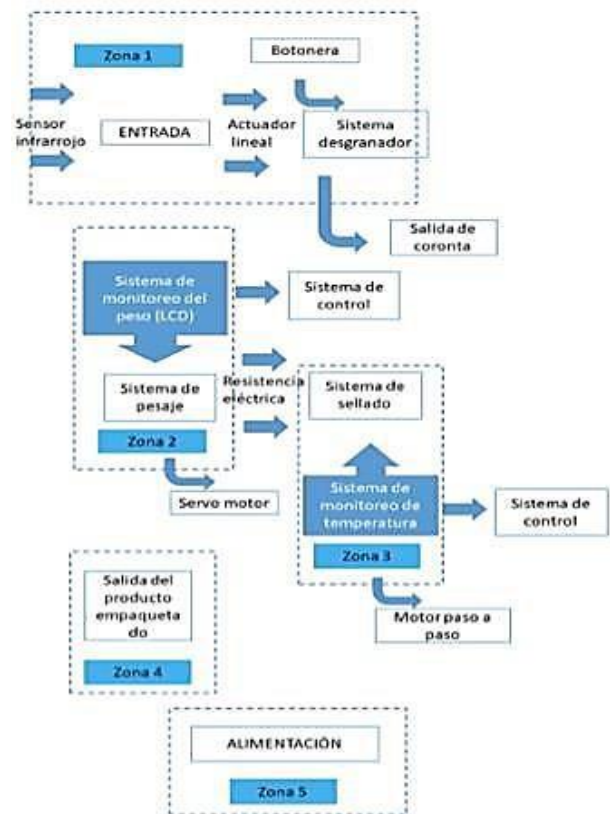


Fig 2. Diagrama de bloques del sistema propuesto.

La zona 1 representa el inicio de todo el proceso, ingresa el maíz entero por una apertura en la parte superior de la máquina, este es reconocido por el sensor infrarrojo, por lo cual se activa el actuador lineal este ejerce una fuerza horizontal sobre el maíz y pasa al sistema desgranador que consta de una chuchillas que permite cortar los granos, la coronta sale a través del eje de las cuchillas y los granos se depositan en un contenedor, se debe recalcar que existe una botonera que activa y desactiva el sistema desgranador, encaso de ser requerido.

La zona 2 representa el sistema de pesaje, conformado por el HX711 conectado con la celda de carga, monitoreado a través de una pantalla cristal líquido (LCD) gracias al sistema de control (controlador), es importante mencionar que en la programación se realiza la respectiva calibración y también se ingresa el set point, los niveles de trabajo es 250g, 500g, 750g y 1000g. Una vez llegado al set point, se apertura una compuerta gracias a un servomotor.

La zona 3 representa el sistema de sellado, para lo cual es necesario que los granos previamente pesados pasen por una tubería que porta un plástico en la superficie externa, este se deslizará gracias a unos rodillos enlazados con unos motores DC, estos motores se activan con el servomotor de la zona 2 con un retardo de 3 segundos. Se procede a activar el motor paso a paso y este permite el desplazamiento de la selladora.

La temperatura de la resistencia eléctricas se controla a través de un termo par tipo J. En la zona 4, se presenta la salida del producto empaquetado, se van acumulando en un contenedor posicionado en la parte inferior de la máquina.

En la zona 5, se encuentra la alimentación de todo el sistema en general, encargado de proporcionar energía a los sub sistemas, se debe mencionar que existen dos tipos de corrientes, corriente alterna para el sistema desgranador y corriente continua para los demás sub sistemas.

RESULTADOS

A. Ejecución del proceso

El sistema de ingreso inició con la activación del actuador lineal eléctrico que ejerce fuerza en la parte frontal del maíz y se traslada por un tubo de acero inoxidable, hasta llegar al sistema de cuchillas. Estas se acoplan al contorno del maíz, realizan el corte transversalmente y evitan que se derrame la “leche del maíz”. Luego, el maíz previamente desgranado cae en un contenedor y se acumula hasta que el sensor de peso le envíe una señal al controlador de que se obtuvo el peso seleccionado que puede ser de 250g, 500g, 750g y 1000g, después se realiza la apertura de la tapa que tiene el contenedor en la parte lateral para que este continúe con el proceso de empaqueo (consta de un sensor de temperatura para que pueda sellar correctamente el empaque que contiene los granos del maíz), al mismo tiempo, se realizan pequeñas perforaciones a la bolsa para que deje transpirar el maíz y se pueda conservar mejor y finaliza así el proceso.

B. Diseño e implementación de la estructura general

Se determinó el entorno de trabajo para realizar la selección del material según la aplicación correspondiente, como también el análisis estructural para garantizar el correctofuncionamiento del diseño. Se desarrollo la Fig. 3 donde se muestra la distribución de los sistemas ya mencionados, para lo cual se establece el recorrido del producto, se contempla la distribución de la circuiteria y cómo esta no afecta a la línea de producción.

En la figura 4, se puede identificar que el desplazamiento es de 0.013 mm cuando se ejerce una carga de 200N en la estructura general que es la flecha amarilla indicando la ubicación de la fuerza puntual, lo carteles blancos son la parte estática de la máquina que permite tener una base sólida que amortigua posibles vibraciones. Tiene un factor de seguridad de 15 ul siendo mayor a uno.

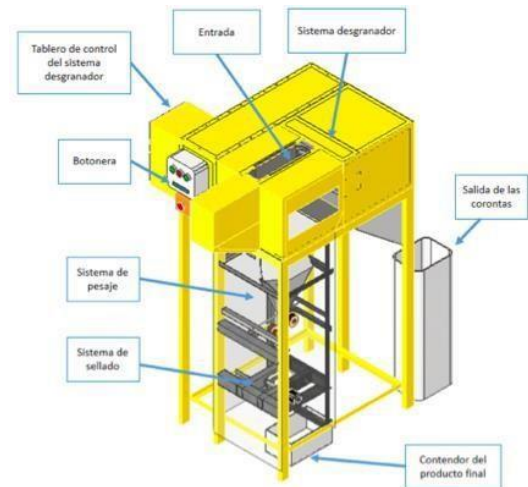


Fig 3. Diseño conceptual del diseño de la procesadora automática.

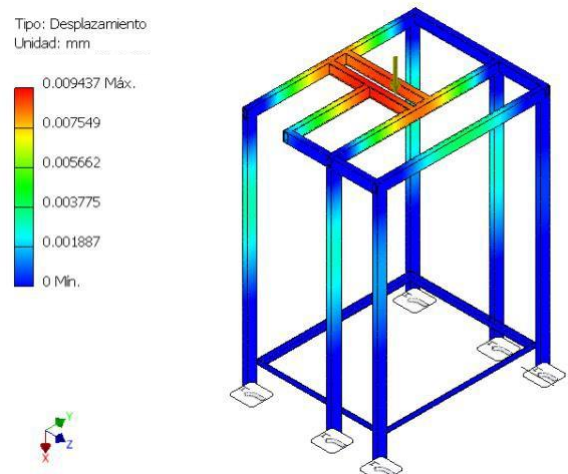


Fig 4. Desplazamiento conceptual de la estructura por una fuerza aplicada.

Luego de realizar la simulación con los cálculos correspondientes se procede a implementar el diseño como se presenta en la figura 5. Por lo cual, se tuvo que realizar la manufactura correspondiente, como: medir y cortar tubos rectangulares y perfiles, después se procede a soldar para unir las piezas y obtener el diseño planteado e instalar el sistema desgranador esto es gracias al sistema de transmisión de poleas previamente implementada. Asimismo, al finalizar con toda la estructura se procede a instalar todos los circuitos y el tablero eléctrico.

Finalmente, se realizan las pruebas en cada sub sistema, como: el sistema de ingreso conformado por el actuador lineal eléctrico y los sensores infrarrojos; el sistema desgranador conformado por el disco, cuchilla y el conjunto de poleas; el sistema de pesaje conformado por la celda de carga y la estructura correspondientes con el motor y enlazado a una pantalla LCD. Como resultado, se obtuvo la siguiente figura 5.



Fig 5. Procesadora automática implementada.

C. Diseño del sistema desgranador

Para el diseño de la cuchilla, se consideró las medidas de la coronta (ver tabla 4) y con eso se estableció la apertura de las cuchillas, tal como se ve en la Fig 6, las medidas que se presentan son aproximadas y no siempre se aplican para todos los maíces, pero al ser una medida promedio se utilizó para establecer el rango de apertura y cierre que debe tener el conjunto de cuchillas y gracias al conjunto de resortes permite que las cuchillas mantengan una posición inicial, pero también permite la apertura deseada según el diámetro de la coronta.

No obstante, las cuchillas necesitan una base que sirva como soporte para que pueda recibir la presión que se va ejercer en ellas para lograr desgranar el maíz fresco. Por ende, se determinó que la apertura mínima es de 27 mm y se extiende hasta 42 mm. Esta medida se determinó por el diámetro de la coronta que va a pasar entre ellas y el diámetro promedio es 30mm.

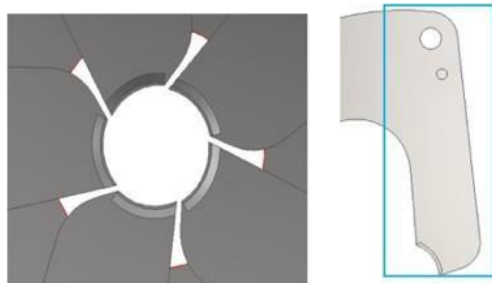


Fig 6. (Izquierda) Estableciendo la posición inicial de las cuchillas.
(Derecha) Soporte de las cuchillas.

Para el soporte de las cuchillas se realizó un análisis estructural, simulando que el material es acero inoxidable, en el programa Inventor Autodesk versión 2017, la cual nos entrega la figura 7. Resultando que la zona donde está en color amarillo o rojo será la zona que se verá más comprometida en el desplazamiento cada vez que se realice el desgranado. Para obtener el resultado, se determinaron los puntos fijos y rección del eje que va conectado a un soporte de la estructura y se establecieron las cargas puntuales. Finalmente, se presentó un desplazamiento de 0.0067 mm. Con un factor de seguridad de 12.21 ul.

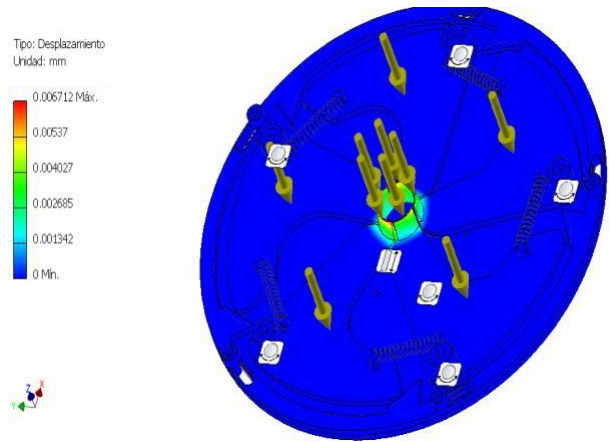


Fig 7. Desplazamiento conceptual de la estructura por una fuerza aplicada del sistema desgranador.

Se realizó un el cálculo de deformación, iniciando con un diagrama de cuerpo libre (DCL), para este cálculo se debe establecer una fuerza aplicada externa, esta es la fuerza que se requiere para desgranar el maíz fresco, como resultado de la prueba en el laboratorio donde se utilizó un dinamómetro para determinar el promedio de fuerza requerida para esta acción, la cuales de 9 N. Este dato se ingresó en DCL, como se visualiza en la Fig 8. Bajo esta condición se obtuvo que la deflexión en el punto bes de 1.834×10^{-3} m, por lo cual se determina que al aplicar una fuerza de 9N no deformaría la cuchilla.

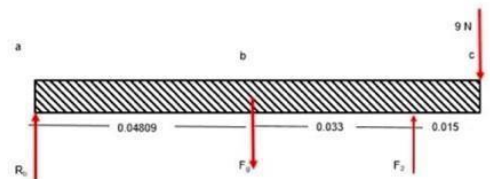


Fig 8. Diagrama de cuerpo libre de la base de la cuchilla.

El disco de corte consta de 5 cuchillas de acero inoxidable, la cuchilla tiene un ángulo de inclinación de 1.8° , permitiéndole realizar un desgranado de forma perpendicular a la superficie del maíz. Para determinar la optimización en el tiempo de desgranado de la procesadora automática, se realizó un prototipo del sistema de desgranado. Consiste en un conjunto de cuchilla que están soldadas sobre un base que les permite desplazarse según la forma de la coronta y con el aporte de los resortes (comprimirse y expandirse) logra tener un movimiento más estable, todo gracias a un aro que porta 5 ojos chinos de diámetro de 3.8 mm y gracias a su diseño que se acopla con la base de las cuchillas logra un desplazamiento en torno a los 10° con respecto al eje del disco, asimismo la base de las cuchillas cuenta con una base que gira con respecto a un pivote permitiéndoles rotar en 10° para que pueda expandirse en lo máximo del diámetro del maíz que de 42 mm y el mínimo de 27 mm.

El sistema de rotación tiene como base un disco con un diámetro exterior de 260 mm y un diámetro interior de 40 mm donde le permite ingresar solo a la para pasar después por un tubo de acero inoxidable con un diámetro interior de 38 mm y espesor de 2.8mm. Asimismo, este tubo está ensamblado a un rodamiento que transmite el movimiento de transmite el

movimiento del sistema de poleas que están enlazadas con un motor de 1/4 hp para que se realice el proceso de desgranaje [11].

En la Fig 9, el despiece de todos los elementos que conforman al sistema ha sido realizados. Los elementos son los siguientes: 5 bases de cuchillas, 5 cuchillas, 1 Base giratoria, 1 aro con 5 ojos chinos y 1 eje de transmisión que conforman el sistema de desgranado.

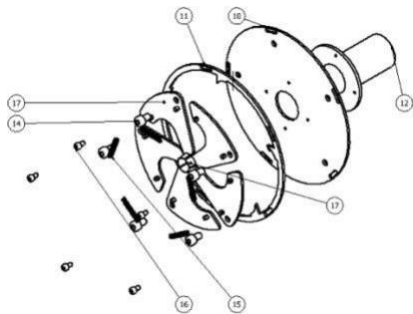


Fig 9. Despiece del sistema de cuchillas.

En la Fig 10, en la simulación del movimiento de las cuchillas se dibujó solo la coronta, porque el objetivo es verificar el correcto desplazamiento de las cuchillas.



Fig 10. Simulación del movimiento de las cuchillas.

Las cuchillas forman un orificio que permite el pase de la coronta sin los granos, dado que esto ya fue cortado por el conjunto de cuchillas, es importante mencionar que el puente en la que se traslada la coronta es en el eje de transmisión del sistema de poleas, para después deslizarse por una pendiente y caer al contenedor de las corontas. En la figura 11, se presenta la prueba del diseño en un prototipo.



Fig 11. Prueba del diseño planteado.

D. El tiempo de desgranado

El tiempo de desgranado de maíz, se optimiza por el diseño del sistema de desgranado con el conjunto de cuchillas, por lo cual se procedió a desgranar un choclo y se tomó el tiempo con un cronómetro. También, se desgranó el choclo de forma manual y se realizó la comparación del tiempo empleado en ambas situaciones, como resultado, se determinó que el diseño del sistema de desgranado con el conjunto de cuchillas realiza el proceso en la mitad de tiempo del desgranado manual. En la Tabla 5, se presenta el tiempo de desgranando por cada muestra (maíz), existe una variación de 5 segundos aproximadamente, esto se debe a las características del maíz, si es más largo debe tomar más tiempo en desgranar y si es más pequeño, entonces el tiempo de desgranando es menor. También influye el diámetro del maíz, mientras mayor diámetro tenga, mayor cantidad de granos para desgranar.

TABLA 5
TIEMPO DE DESGRANADO POR UNIDAD DE MAÍZ

Muestras	Tiempo (desgranado manual)	Tiempo (conjunto de cuchillas)
Muestra 1	130 segundos	50 segundos
Muestra 2	120 segundos	55 segundos
Muestra 3	180 segundos	52 segundos
Muestra 4	190 segundos	60 segundos

E. Diseño del circuito electrónico

Para el planteamiento del circuito electrónico, se contempló la secuencia de los procesos que conforma toda la procesadora automática. Desde el ingreso hasta la salida del producto ya empaquetado. Por ello, se plantearon flujogramas del sistema de control de peso y temperatura. Los programas como CADESIMU y Proteus han permitido la optimización del sistema como también el descarte de posibles errores. Dentro de las etapas de diseño y ejecución de las simulaciones, se

evalúa continuamente los subsistemas por separado, finalizando todo el diseño y el descarte de posibles errores; se enlaza todo para contemplar una secuencia de operaciones en un solo sistema.

En la Fig 12, se presenta el circuito electrónico del sistema de pesaje realizado en el programa de diseño electrónico, Fritzing, el controlador es ATmega328P de la marca Atmel, que también usualmente van en el Arduino Uno. Se conectó el módulo HX711, un transmisor entre las celdas de carga y un microcontrolador como Arduino/PIC/ESP, permitiendo leer el peso en la celda de monitoreo correspondiente [13]. Se implementó el Módulo adaptador LCD a I2C que se usa, está basado en el controlador I2C PCF8574, un expansor de Entradas y salidas digitales controlado por I2C. Para el diseño del PCB, este módulo se usa especialmente para controlar un LCD Alfanumérico [14], esto es con el fin de optimizar la Ciercueria. Por último, se enlazó con el servomotor y la programación se realizó con el software de Arduino de manera sencilla, con la celda de carga, este es un transductor capaz de convertir una fuerza en una señal eléctrica, esto hace a través uno o más galgas internas que posee, configuradas en un puente Wheatstone [12].

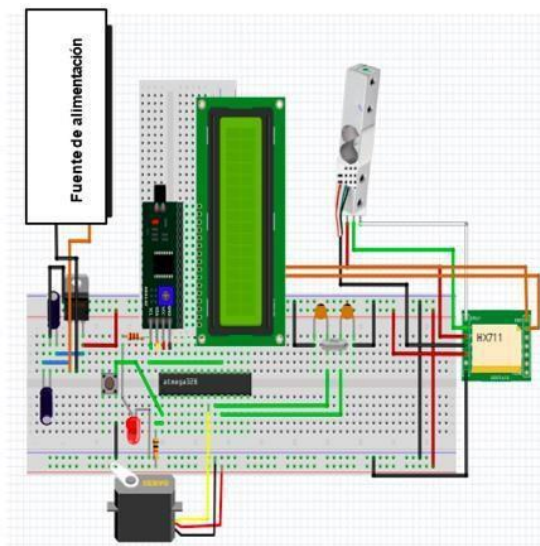


Fig 12. Circuito electrónico del sistema de pesaje.

Para el control de peso, se tiene en consideración el siguiente flujograma (ver Fig. 13). Por consiguiente, inicia con el ingreso de los granos, se va acumulando en un contenedor hasta llegar a pesar 250g, esto puede variar según el set point ingresado. Tiene dos posibles situaciones, cuando todavía no llega al set point y no se activa el servomotor y la otra es cuando llega al peso deseado y activa el servomotor para que los granos continúen con el siguiente proceso.

El control de temperatura se realiza con el termopar que en este caso es un termopar tipo J y una resistencia eléctrica centígrados para poder sellar correctamente la bolsa. Como se presenta en la figura 15.



Fig 13. Flujograma del sistema de pesaje.

```

1 #include <Wire.h>
2 #include <Servo.h>
3 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4 #include "HX711.h"
5 const int DOUT=A1;
6 const int CLK=A0;
7 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
8 HX711 balanza;
9 Servo tapa;
10 int peso;
11
12 void setup() {
13   tapa.attach(12);
14   lcd.init();
15   lcd.backlight();
16   balanza.begin(DOUT, CLK);
17   lcd.setCursor(0,0);
18   lcd.print("Lectura");
19   lcd.setCursor(0,1);
20   lcd.print("del sensor:");
21   lcd.println(balanza.read());
22   delay(3000);
23   lcd.clear();
24   delay(500);
25
26   lcd.setCursor(0,0);
27   lcd.print("No ponga nada");
28   lcd.setCursor(0,1);
29   lcd.println("sobre la balanza");
30   delay(3000);
31   lcd.clear();
32   delay(500);
33   lcd.print("Destarando...");
34   delay(3000);
35   lcd.clear();
36   delay(500);
37   balanza.set_scale(491.42); // Establecemos la escala
38   balanza.tare(20); //El peso actual es considerado Tara.
39   lcd.println("Listo para pesar");
40 }
41 void loop() {
42   lcd.setCursor(0,1);
43   lcd.print("Peso: ");
44   lcd.print(balanza.get_units(20),0);
45   lcd.print(" g ");
46   delay(250);
47   peso=balanza.get_units(20);
48   if(peso < 250)
49   {
50     tapa.write(0);
51   }
52   if(peso > 250)
53   {

```

Fig 14. Programa para la activación del sistema de pesaje.

En la figura 14, se desarrollo un programa en Arduino, en la línea 1 hasta las 10, se esta enunciando las librerías del Arduino para que puedan trabajar con los modulos correspondientes que aparecen en la figura 12, también variables de lectura y escritura. Desde la línea 12 hasta 40, se esta programando la pantalla LCD y el proceso de destarado. Desde la línea 41 hasta las 53, se esta programando para que aparezca lo que esta sensando el HX711 y la activación y desactivación del sevomotor.

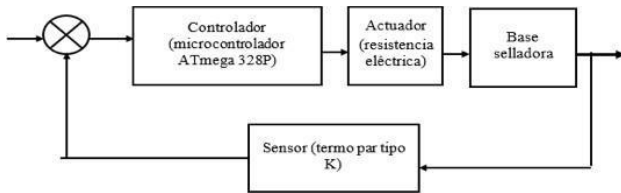


Fig 15. Diagrama de control de temperatura.

El control, consiste en que la medición de la temperatura aplicada en la barra de hierro que sellan las bolsas sea estable para no poder derretir la bolsa completamente o simplemente no sellarlo, por lo cual se considera que los valores analógicos de la temperatura se conviertan en valores digitales y poder trabajar con ello. La temperatura debe ser de 90° esta es introducida en el controlador mediante un interfaz que es el Atmega 328P es comparada con la temperatura de entrada que es el set point ingresado. Teniendo en consideración que si existe una diferencia entre esos dos valores (discrepancia o error) el controlador envía una señal a la resistencia eléctrica, a través de una interfaz, amplificador y relé, para obtener la temperatura deseada en el sellado de bolsa.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el análisis estructural se simuló una fuerza aplicada de 200 N en la estructura de la procesadora automática, la cual brindó un desplazamiento de 0.013 mm como máximo y como mínimo 0, también maneja un factor de seguridad de 15, quiere decir que, si le colocamos 15 veces la misma carga, el diseño no se vera afectado y no existirá un punto en quiebre, por ende, se entiende que cumple con las características necesarias para realizar el funcionamiento designado.

Este diseño coincide con los autores que crearon el sistema de desgranado de maíz con dados. Menciona que al realizar la simulación del dado desgranador se lograron resultados positivos tanto en factor de seguridad de 3 ul como en desplazamiento de 0,001 mm, por lo que trabajará sin ningún problema [15]. En el diseño del sistema desgranador de la presente propuesta presenta un desplazamiento de 0.067 mm en la base de las cuchillas, siendo este un lugar que se aplica una fuerza de 20 kN siendo el factor de seguridad 12.2 su, este resultado se encuentra en el rango de aceptación por que es mayor a 1, según normativa. Por ende, se considera que el diseño cumplirá su función de manera efectiva.

El diseño realizado por [16] se centra en la implementación de una máquina agrícola de bajo costo para el proceso de desgranado de maíz seco, la cual evidencia que la efectividad y determinación de los parámetros de trabajo del

equipo, especialmente velocidad de rotación de los rodillos, se consideró la de mayor significancia en las pruebas, depende directamente del grado de humedad que tenga el producto a procesar. Sin embargo, para este diseño se requiere de ejercer vibración entorno al maíz y esto se genera por unos motores y un sistema de soporte que permite la separación de los granos de la tuza, para lo cual con la presente propuesta el desgranado es de manera directa y no depende del grado de humedad del maíz, puede trabajar con maíz seco o húmedo (fresco) y el tiempo de desgranado es de 1 min por choclo, a comparación de un desgranado manual que se requiere de 2 minutos.

El diseño de Castelán y Vázquez presenta una desgranadora que tiene la función de desprender los granos de maíz del olote por medio de la fricción, para ello, el operario toma la mazorca (sin importar el tamaño) con una mano y la fricciona sobre la superficie que tiene las grapas clavadas, debido a este movimiento mecánico los granos se desprenden y el proceso se realiza de manera rápida [17]. No obstante, con la procesadora automática no necesita de la intervención de una persona para lograr desgranar el maíz y tampoco requiere un esfuerzo físico, el proceso de desgranado es 90% automático y el otro 10% corresponde al monitoreo por si existe un factor externo que pueda afectar la producción.

En conclusión, el presente trabajo propone un sistema que contenga control de peso, control de temperatura, reconocimiento de objetos que en conjunto permiten conformar la procesadora automática. El sistema de monitoreo (LDC) permite visualizar el peso de los granos acumulados y también contabilizar cuántos paquetes embolsados de granos de maíz fresco se acumulan en los contenedores. Finalmente, el mantenimiento de la máquina es importante, así como la limpieza correspondiente. Por lo tanto, el diseño contempló una zona donde solo almacena la circuitería separándolo completamente del proceso de producción para evitar posibles accidentes. En el caso de las cuchillas, se debe limpiar con un cepillo, por lo que el sistema de ingreso del maíz es desmontable para permitir la limpieza correspondiente, siendo esta la zona que tiene mayor contacto con el producto.

La estructura general puede soportar una fuerza externa de 200N y se le considera resistente a posibles golpes o eventos no controlados. No obstante, se tuvo en cuenta el material, por lo cual se determinó que en ciertas zonas que tienen contacto con el producto deben ser de acero inoxidable, por la características físicas y químicas que posee. En los lugares donde se ubican los circuitos, el material es de acero galvanizado, esto permite optimizar los costos.

El diseño del circuito eléctrico para el motor AC es eficiente para el sistema, porque de acuerdo a las pruebas realizadas, no sufre sobrecargas o se detiene en mitad del trabajo, claro que esto se deduce por el diseño del circuito y la simulación en CADE SIMU. Para el sistema de pesaje, la celda de carga se tiene que realizar una previa calibración cada vez que se reinicia el sistema por cuestiones de reevaluar las señales de entradas, por lo que en el sistema siempre se da una previa calibración con la tara previamente pesada o reconocida por el sensor. En el sistema de control de peso, se puede realizar una comparación en los resultados, por ello, se optó por el control PD por el tiempo de respuesta y el error que tiende a cero y minimiza el margen de error. En el sistema de sellado, se requiere del control de temperatura para no afectar la calidad del producto.

De esta manera, el diseño e implementación de la procesadora automática para incrementar la producción de choclo desgranado, contempla una secuencia de procesos automatizados que han sido formulados primero de manera independiente y después se enlazó con los otros subsistemas, conformando así la procesadora automática. Una de las recomendaciones es que se trabaje con maíz entero y no partidos a la mitad, de preferencia, de la clase A o B. En cuanto a las limitaciones de este estudio, no se contó con un equipo especializado para la manufactura, por ende, solo se desarrolló un prototipo del conjunto de cuchillas y los elementos que le corresponden al disco desgranador y el sistema de control de peso que es la base fundamental para determinar la optimización del tiempo de desgranado.

REFERENCIAS

- [1] G. Moseley, "A Risky Solution for the Wrong Problem: Why GMOs won't Feed the Hungry of the World", *Geographical review*, vol. 107, no. 4, pp.578-583, 2017
- [2] Andina, "Consumo de maíz amarillo duro acumula cinco años de crecimiento consecutivo" [en línea], available: <https://cutt.ly/0O3HbST> [último acceso: 30 diciembre 2021]
- [3] Instituto Nacional de Estadística e informática, "Al año 2016 a nivel nacional existen 2 mil 612 mercados de abastos. [Comunicado de prensa]"[en línea], available: <http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-n124-2017-inei.pdf> [último acceso: 10 diciembre 2021]
- [4] R. Arellano-Narváez and E. Acosta-Gonzaga, "Prácticas de higiene en el proceso de elaboración de alimentos en microempresas de un mercado de Ciudad de México", *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, vol. 30, no. 56, 2021. <https://doi.org/10.24836/es.v39i56.1003>
- [5] J. Elías, "Algunos comerciantes no cumplen medidas sanitarias. La Republica", [en línea], available: <https://larepublica.pe/sociedad/1141757-algunos-comerciantes-no-cumplen-medidas-sanitarias/> [último acceso: 20 octubre 2021]
- [6] El Comercio, "La Victoria: en estas condiciones insalubres funcionaba mercado", [en línea], available: <https://elcomercio.pe/lima/victoria-condiciones-insalubres-funcionaba-mercado-240709-noticia/> [último acceso: 20 diciembre 2021]
- [7] F. Moreno-Vaca and L. Gómez-Rodríguez, "Guía práctica para la optimización de alimentos: una herramienta preventiva para optimizar el aprovechamiento de los alimentos", Fundación Universitaria del Área Andina, 2021
- [8] L. Cholca, "Diseño y construcción de una desgranadora de maíz con capacidad de 15qq/hora" [Tesis de titulación, Universidad politécnica Salesiana], Ecuador, 2015, <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/11395>
- [9] Kiwilimón, "Cómo desgranar elote fácilmente", 2014 <https://www.kiwilimon.com/tips/tips-de-cocina/cocina-basica/como-desgranar-elote-facilmente>
- [10] Sanga, C., Huertas E.y Caipo M. (2018). Comparación analítica y de elementos finitos de arriostres según disposición geométrica con software de cálculo. *Revista ciencia y tecnología para el desarrollo*. 4(8):31-37.
- [11] K. Cuba, "Diseño e implementación de una procesadora automática para incrementar la producción de desgranado de maíz fresco en el mercado Unicachi del distrito de Comas- 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]", Perú, 2021.
- [12] Naylamp mechatronics, "Módulo hx711 transmisor de celda de carga", [en línea], available: <https://naylampmechatronics.com/fuerza-peso/147-modulo-hx711-transmisor-de-celda-de-carga.html> [último acceso: 20 setiembre 2021]
- [13] Naylamp mechatronics, "Tutorial trasmisor de celda de carga hx711, balanza digital"[en línea], available: https://naylampmechatronics.com/blog/25_tutorial-trasmisor-de-celda-de-carga-hx711-balanza-digital.html [último acceso: 14 setiembre 2021]
- [14] Naylamp mechatronics, "Tutorial lcd con i2c, controla un lcd con solo dos pines" [en línea], available: https://naylampmechatronics.com/blog/35_tutorial-lcd-con-i2c-controla-un-lcd-con-solo-dos-pines.html [último acceso: 7 noviembre 2021]
- [15] J. Pérez et al., "Diseño y fabricación de una máquina para desgranar maíz. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología", no. 18, pp.21-29, 2017 <https://doi.org/10.17163/ings.n18.2017.03>
- [16] M. Tapia, S. Arla and E. Tapia, "Implementación de una máquina agrícola de bajo costo para el proceso de desgranado de maíz seco suave originario de la sierra ecuatoriana. Enfoque UTE", vol. 8 no. 2, pp. 1-14, 2017. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n2.152>
- [17] I. Castelán and O. Vázquez, "Prototipo de desgranadora de maíz que mejora el proceso de desgranado en la Región de Influencia del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla". *TEPEXI Boletín Científico De La Escuela Superior Tepeji Del Río*, vol. 4 no. 8, 2017 <https://doi.org/10.29057/estr.v4i8.2>