



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

TESIS

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO COSECHADORA DE
CAFÉ CON UN SISTEMA DE VIBRACIÓN PARA LA
RECOLECCIÓN DE GRANOS ROJOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor

Bach. Paico Saavedra, Tatiana Lisbeth

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3997-6716>

Asesor

Mtro. Vives Garnique, Juan Carlos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0988-9881>

Línea de Investigación

**Tecnología e innovación en desarrollo de la construcción y la
industria en un contexto de sostenibilidad**

Pimentel – Perú

2024

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN
DISEÑO DE UN PROTOTIPO COSECHADORA DE CAFÉ CON UN SISTEMA DE
VIBRACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE GRANOS ROJOS

Aprobación del jurado

Dra. GASTIABURU MORALES SILVIA YVONE
Presidente del Jurado de Tesis

MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO
Secretario del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS
Vocal del Jurado de Tesis

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la DECLARACIÓN JURADA, soy(somos) egresado (s)del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

DISEÑO DE UN PROTOTIPO COSECHADORA DE CAFÉ CON UN SISTEMA DE VIBRACION PARA LA RECOLECCION DE GRANOS ROJOS

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Paico Saavedra Tatiana Lisbeth	DNI: 74383014	
--------------------------------	---------------	---

Pimentel, 18 de noviembre de 2022.

Dedicatoria

Mi trabajo de investigación se la dedico primeramente a Dios, ya que escucha mis oraciones y gracias a él pude concluir mi carrera, a mis padres por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, estando presentes en todo este proceso brindándome consejos y enseñanzas para hacer de mí una gran persona, también se lo dedico a mis hermanos a ellos que me dieron ánimos para no darme por vencida, por apoyarme de alguna u otra manera y luchar junto a mí para poder concluir con éxito este proyecto.

Y a toda mi familia que siempre está pendiente de todos los pasos y experiencias que tengo durante el camino que estoy siguiendo.

Agradecimientos

Por a ver llegado a culminar mi proyecto de tesis con éxito agradezco a todos los ingenieros que estuvieron apoyándome con las inquietudes que se me atravesaron durante el desarrollo de esta investigación, también agradecer el apoyo brindado por parte de los agricultores en la recolección de información.

En segundo lugar, agradezco al ing. Juan Carlos Vives Garnique por su dedicación, paciencia y disciplina, sin sus palabras y correcciones no hubiera podido llegar a lograr lo que más anhelo. Gracias por su guía, sus consejos brindados y por el empeño que ambos pusimos para realizar y concluir con éxito esta investigación

De igual forma, estoy agradecida con mis amigos que me brindaron un poco de su tiempo para poder indagar y ser partícipe de este proceso de la recolección de café, por estar conmigo en momentos de estrés y alegría durante este retador camino. Su confianza, apoyo y cariño han sido de mucha importancia para mí, cada uno de ustedes ha contribuido a que mi investigación se pueda realizar de la mejor manera.

INDICE

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:.....	7
ÍNDICE DE TABLAS:	8
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:.....	13
1.3. HIPÓTESIS:.....	14
1.4. OBJETIVOS:	14
1.5. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA:	15
II. MATERIALES Y METODOS	27
2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:	27
2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN:	27
2.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO, MUESTRA MUESTREO Y CRITERIOS DE SELECCIÓN:	30
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	30
2.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS	31
2.6. CRITERIOS ÉTICOS	32
III. RESULTADOS Y DISCUSION.....	33
3.1. RESULTADOS	33
3.2. DISCUSIÓN:	91
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
4.1. CONCLUSIONES.....	93
4.2. RECOMENDACIONES:	94
REFERENCIAS	95
ANEXOS.....	97

Índice de Ilustraciones:

Ilustración 1: Raíz de café: órgano principal del café	16
Ilustración 2: Tallo de café: órgano que sostiene la planta y transporta agua.....	17
Ilustración 3: Rama de café: lugar de crecimiento de las yemas y las axiales.....	17
Ilustración 4: Hojas de café: órgano por el cual respira la planta.....	18
Ilustración 5: Flor de café: se transforma en fruto	18
Ilustración 6: Semilla del café: formación para una nueva planta	19
Ilustración 7: Cosechadora ALFA	20
Ilustración 8: Vibrador Portátil	20
Ilustración 9: Actuador oscilante	21
Ilustración 10: Herramienta descafé.....	21
Ilustración 11: Maquina derribadora	22
Ilustración 12: Mapa de ubicación del centro poblado San Martin de Porras. Fuente: Google Maps	33
Ilustración 13: Cantidad de personas que se dedican a la cosecha, de acuerdo al género Fuente: Propia.....	42
Ilustración 14: Porcentaje de personas con las distintas edades que realizan la actividad de la cosecha de café	43
Ilustración 15: Porcentaje de personas de acuerdo a su estado civil realizando este tipo de trabajo (cosecha de café). Fuente: propia.....	43
Ilustración 16: Porcentaje de la dependencia económica que tienen las personas. Fuente: Propia	44
Ilustración 17: Estructura de funciones	50
Ilustración 18: Matriz morfológica	51
Ilustración 19: Diseño de prototipo N°01	52
Ilustración 20: Diseño de prototipo N° 02	53
Ilustración 21: Diseño de prototipo N° 03	54
Ilustración 22: Relación o comparación del valor económico que existe entre ambas alternativas.....	57
Ilustración 23: Pruebas realizadas con la herramienta cosechadora de café	59
Ilustración 24: Muestra del mecanismo de abertura y cierre del acople. Fuente: Propia	66
Ilustración 25: características para seleccionar el resorte.....	68
Ilustración 26: Longitudes de estiramiento y estado de reposo del resorte. Fuente: Propia. 69	
Ilustración 27: Motor seleccionado para el prototipo.....	72
Ilustración 28: Características para la selección del motor eléctrico	73
Ilustración 29: Características para la selección del rodamiento	74
Ilustración 30: Diseño de la estructura del prototipo	77
Ilustración 31: Muestra del prototipo final con peso incluido.....	88
Ilustración 32: Simulación del diseño	92

Índice de tablas:

Tabla 1: Variables independientes	28
Tabla 2: Variables dependientes	29
Tabla 3: Datos recaudados de entrevista 01.....	34
Tabla 4: Datos recolectados de entrevista 02.....	35
Tabla 5: Cantidad de latas de recolección por día durante 1 semana	36
Tabla 6: Datos recaudados de entrevista Nª 03	37
Tabla 7: Cantidad de latas cosechadas en 1 semana	38
Tabla 8: Datos recaudados de 1 hora (entrevista 04).....	38
Tabla 9: Total de latas durante la semana	39
Tabla 10: Datos recolectados de entrevista Nª 05	39
Tabla 11: Calculo de cosecha en el periodo de 1 hora.....	40
Tabla 12: Cantidad de kilos y plantas cosechadas en el tiempo de 7 horas	40
Tabla 13: Resultados de cosecha de 1 semana en 1 hectárea.....	41
Tabla 14: Descripción de funcionamiento del diseño.....	44
Tabla 15: Lista de deseos y exigencias a tomarse en cuenta para el diseño del prototipo (Parte 01)	45
Tabla 16: Lista de deseos y exigencias a tomarse en cuenta para el diseño del prototipo (Parte 02)	46
Tabla 17:Lista de deseos y exigencias a tomarse en cuenta para el diseño del prototipo (Parte 03)	47
Tabla 18: Condiciones para el uso adecuado del prototipo de cosechadora	48
Tabla 19: Características de prototipo Nª 01	52
Tabla 20: Características de prototipo Nª 2.....	53
Tabla 21: Características del prototipo Nª 03.....	54
Tabla 22: Evaluación de valores técnica con relación al diseño mecánica	55
Tabla 23: Evaluación de valor económico con respecto al diseño mecánico.....	56
Tabla 24: Valores técnicos y económicos con relación a las alternativas propuestas	56
Tabla 25: Componentes del diseño	60
Tabla 26: Diseño del sistema de acople	62
Tabla 27: Materiales asignados en SolidWorks	64
Tabla 28: Componentes de retención, trabajados en SolidWorks	65
Tabla 29: Dimensiones del dedo Hule	66
Tabla 30: Mecanismo de cierre trabajado en SolidWorks	67
Tabla 31: Mecanismo de apertura trabajado en SolidWorks	70
Tabla 32: Sistema actuador trabajado en SolidWorks.....	71
Tabla 33: Soporte estructural al trabajado en SolidWorks	75
Tabla 34: Simulación de bisagra trabajada en SolidWorks.....	78
Tabla 35: Simulación del pasador trabajado en SolidWorks.....	79
Tabla 36: Simulación del resorte trabajando en SolidWorks	81
Tabla 37: Análisis del punto de apoyo en la apertura	82
Tabla 38: Simulación en la apertura del acople.....	84
Tabla 39: Simulación de la biela (Actuador).....	86
Tabla 40: Simulación de fatiga en el actuador	87
Tabla 41: Simulación en el soporte tubular	89
Tabla 42: Simulación a la estructura laminar	90

Índice de ecuaciones:

Ecuación 1	22
Ecuación 2	23
Ecuación 3	23
Ecuación 4	23
Ecuación 5	23
Ecuación 6	24
Ecuación 7	24
Ecuación 8	24
Ecuación 9	24
Ecuación 10	24
Ecuación 11	24
Ecuación 12	25
Ecuación 13	25
Ecuación 14	25
Ecuación 15	25
Ecuación 16	26

Resumen

El proyecto de investigación tiene como objetivo poder reemplazar la mano de obra con una cosechadora de café que trabaje con un sistema de vibración, queriendo lograr que la actividad se realice en menos tiempo que de lo que se realiza de manera tradicional.

Para ello, se han realizado visitas al centro poblado y elaborado entrevistas a familias que se dedican a realizar esta actividad y así poder deducir y obtener cuál es el tiempo que emplean en realizar esta labor. También se ha tenido que estudiar el nivel de madures del fruto, que en este caso es el café, y comprobar cuál es la fuerza o cuanto de vibración se puede utilizar para poder hacerlo caer. Una vez obtenida la información necesaria, se planteó diferentes diseños que trabajen con este sistema , en este caso se presentaron 3 opciones y para poder elegir cual era la alternativa más optima se ha trabajado teniendo en cuenta ciertos puntos, como son: evaluaciones técnicas y económicas, investigando cuales serían los componentes adecuados por los que estaría conformado, cual es el material adecuado para resistir este trabajo y visualizando cual sería el mecanismo de cierre apertura con el que se trabajaría.

Una vez realizado el diseño en el programa AUTOCAD, se hicieron simulaciones a todas las partes del prototipo, aplicando fuerza en todas las piezas incluso en el soporte estructural, de esa manera se estaría verificando si es resistente al momento de realizar la actividad. Para finalizar la investigación se escogió un diseño teniendo en cuenta que este sea de fácil uso, factible y económico para el agricultor.

Palabras claves: cosechadora de café, diseño, mano de obra, sistema de vibración, tiempo de recolección de café.

Abstract

The research project aims to replace labor with a coffee harvester that works with a vibration system, wanting to ensure that the activity is carried out in less time than what is done traditionally.

To do this, visits have been made to the town center and interviews have been carried out with families who are dedicated to carrying out this activity and thus be able to deduce and obtain the time they spend carrying out this work. We also had to study the level of ripeness of the fruit, which in this case is coffee, and check what force or how much vibration can be used to make it fall. Once the necessary information was obtained, different designs were proposed that work with this system, in this case 3 options were presented and in order to choose which was the most optimal alternative, work was done taking into account certain points, such as: technical and economic evaluations. , investigating what would be the appropriate components that it would be made of, what is the appropriate material to withstand this work and visualizing what would be the opening and closing mechanism that would be worked with.

Once the design was made in the AUTOCAD program, simulations were made to all the parts of the prototype, applying force to all the pieces, including the structural support, in this way it would be verified if it is resistant at the time of carrying out the activity. To complete the research, a design was chosen taking into account that it is easy to use, feasible and economical for the farmer.

Keywords: coffee harvester, design, labor, vibration system, coffee harvesting time.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

En la historia de la agricultura, la ingeniería juega un papel importante en cuanto al desarrollo de la tecnología, ya que, gracias a esto, los cafetaleros han mejorado la técnica de recolección de los granos de café, ayudando a reducir tiempos de cosecha y logrando mejorar el porcentaje de pérdida en frutos.

La ciencia y tecnología han ido trabajando de la mano con la agricultura, logrando que año tras año salgan más productos, maquinarias, equipos novedosos y mejorados aplicados a la necesidad del agricultor cafetalero, en este caso desarrollando tecnología para mejorar la recolección de los frutos de café.

La caficultura es la que se encarga de garantizar viabilidad y sostenibilidad en corto, mediano y largo plazo, implementando acciones que se encarguen de mejorar la productividad y reducción de costos en la producción. [1]

Durante el periodo de siembra y cosecha de café se han encontrado un sin número de problemas que hacen que el café pierda su rendimiento. Los problemas más comunes y frecuentes que afectan a los frutos son: las plagas, enfermedades, hongos y el cambio de clima. Estos han llegado a provocar disturbios para el café arábica, fluctuación de precios e ingresos inciertos y el más común en estos tiempos que es la escasez y costo de la mano de obra, convirtiéndose en los últimos años uno de los problemas más frecuentes que afectan este proceso y van generando pérdida para los cafetaleros.

En Colombia la escasez de mano de obra ha ido incrementando debido a la falta de personal que se encarga de recolectar los frutos de café. Esta disminución de producción ha causado problemas con la inestabilidad y provocando una crisis cafetalera que aún persiste en estos años.

La escases de personal para realizar dicha actividad ha sido afectada porque los trabajadores jóvenes comenzaron a salir del campo a capacitarse, otros comenzaron a estudiar y las personas mayores optaron por realizar actividades donde obtenían más dinero realizando trabajos de menor esfuerzo.

Todo esto ha llevado a que se esté generando reducción en cuanto al crecimiento económico y la desigualdad en los ingresos hacia los municipios cafetaleros. [2].

El centro poblado San Martin de Porras está situado a una altura de 1488 msnm, contando con un promedio de 375 viviendas. En dicho centro poblado se dedican a la actividad económica de la cosecha del café, siendo este el cultivo principal del caserío. Debido a la pandemia por lo que se está pasando actualmente, los productores no cuentan con la misma cantidad de trabajadores como lo tenían anteriormente. Es por ello que la escasez de mano de obra se ha convertido en uno de los problemas más frecuentes, causando disminución en sus ventas y pérdidas del producto. Con la falta de este factor, los frutos que ya están maduros comienzan a caerse y van perdiendo calidad, provocando pérdida en los propietarios cafetaleros.

Si no se afronta a tiempo esta problemática, el sustento de las familias que se dedican a este trabajo estarían corriendo riesgos económicos, ya que, como dueños de sus propias parcelas, estarían perdiendo grandes cantidades de café y no lograrían sacar el porcentaje que tienen propuesto recolectar cada temporada. Otros riesgos que estarían en juego son el crecimiento económico y la desigualdad que existe en las cooperativas de los pueblos donde se recopila todo el café cosechado. [1]

1.2. Formulación del problema:

¿Qué tipo de configuración mecánica sería útil para aplicar la técnica de vibración en la recolección de granos rojos de café y optimizar el tiempo de cosecha en el centro poblado san Martin de Porras – Amazonas 2022?

1.3. Hipótesis:

Aplicando un sistema de vibración se estaría disminuyendo el tiempo de cosecha para la recolección de granos rojos de café.

1.4. Objetivos:

Objetivo general

Diseño de un prototipo cosechadora de café con un sistema de vibración para la recolección de granos rojos

Objetivos específicos

- Determinar el tiempo de cosecha manual del grano de café maduro
- Seleccionar el mejor diseño conceptual del dispositivo o mecanismo que use la técnica de vibración para la recolección de los granos de café
- Dimensionar mediante cálculos, selección de componentes y materiales del dispositivo mecánico que aplique la técnica de vibración
- Realizar un análisis estructural según corresponda el dispositivo mecánico de vibración mediante software CAD- CAE

1.5. Teorías relacionadas al tema:

A. Café:

En el Perú a nivel nacional el café es uno de los frutos con mayor cultivación, encontrando un promedio de 426 000 ha en producción. Este fruto tiene una importancia en la económica ya que tiene como finalidad mejorar los ingresos de los caficultores. En los últimos años la exportación de este fruto ha incrementado, generando la reducción de precios y el aumento de producción en otros países que también se dedican a la exportación de café.

Las ventajas que tiene es que en los meses de abril y julio el producto se puede ofrecer de manera fresca y suave, incluyendo al momento de la exportación, este puede llegar a los mercados de muchos países con la misma calidad, teniendo oportunidades a nivel mundial, ganando reconocimientos, generando divisas y diversificar el riesgo nacional. [9].

La caficultura es un aspecto importante para la producción y comercialización del café, también es considerada como una tradición que en algunas comunidades desde muy pequeños enseñan a sus hijos al cultivo de este fruto. En nuestro país hay un promedio de 2 millones de peruanos que se dedican y dependen de la caficultura.

El café es considerado la principal materia prima a nivel mundial siendo así que en estos últimos años su valor se ha visto afectado. La calidad del café peruano ha sido reconocida a nivel internacional por el gran sabor que tiene y la calidad de fruto que se cosecha, incluso ha sido reconocida como la SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION (SCA). [10].

B. Morfología del café:

◆ Raíz:

Es el órgano principal que está unido al suelo, es el que se encarga de absorber el agua, sustancias minerales y la síntesis de reguladores de crecimiento. También hace parte de un sistema que inicia en la semilla ubicado en la base del embrión, encargándose de desarrollar la radícula dando origen a la raíz principal. [11]. Este se constituye de la manera siguiente:

- Región de conducción
- Región de maduración
- Región de elongación celular o crecimiento
- Región meristemática
- La cofia



Ilustración 1: Raíz de café: órgano principal del café

◆ **Tallo:**

Este órgano de la planta este compuesto por nudos y entrenudos que se van formando mientras va creciendo verticalmente, en los primeros 3 nudos la planta que aún es joven se va viendo el brote de las hojas. En cada nudo que va tendiendo el tallo van desarrollando 2 axiales foliares opuestos, donde en cada axial se producen 4 a 5 yemas seriadas.

La primera yema que va mostrándose es la que va produciendo brotes horizontalmente y la segunda produce verticalmente, las yemas restantes son las encargadas de formar las flores y los frutos. [12].



Ilustración 2: Tallo de café: órgano que sostiene la planta y transporta agua

◆ **Ramas:**

Estas se originan por las yemas que crecen en las axiales de la hoja y van creciendo de acuerdo a como el eje central madura. Las ramas primarias son las que dan origen a las ramas secundarias y terciarias, produciendo yemas vegetativas que van formando flores y frutos.



Ilustración 3: Rama de café: lugar de crecimiento de las yemas y las axiales

◆ **Hojas:**

Son Glabras que están cubiertas por una capa cerosa, siendo la parte importante de la planta, ya que por medio de las hojas ocurre la fotosíntesis, respiración y transpiración. Para ello se necesita identificar la estructura con la que se lograría el desarrollo y constitución del área foliar. La estructura es la conformación y disposición de las partes que conforman la hoja y la ubicación en la planta de café.



Ilustración 4: Hojas de café: órgano por el cual respira la planta

◆ **Flor:**

Este órgano está conformado por 5 lóbulos, un cáliz, 5 estambres y el pistilo. En la corola se forman 2 óvulos que cuando están fecundados producen dos semillas de café.

En las axiales se presentan las yemas florales, donde en cada nudo hay un promedio de 40 flores, 20 en cada axial. En cuanto la flor se abre, el polen es liberado creando cierto porcentaje de autofecundación.



Ilustración 5: Flor de café: se transforma en fruto

◆ **Semilla:**

Se encarga de iniciar el proceso de formación de una nueva planta, su función es la renovación, persistencia y dispersión de especies vegetales. Este órgano comienza al momento de la fecundación, a partir de ahí se generan cambios con relación al fruto.

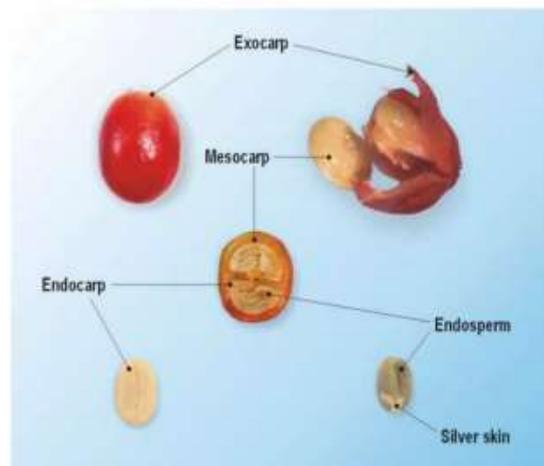


Ilustración 6: Semilla del café: formación para una nueva planta

C. Cosechadoras mecanizadas con vibración:

Esos equipos fueron desarrollados con la finalidad de ayudar en la cosecha de café, ya que a falta de mano de obra estos estarían reemplazando a los recolectores. Estas alternativas de solución se han planteado desde los accesorios hasta los mecanismos de operación mecánica.

La cosecha mecanizada es una forma práctica de realizar este proceso de manera correcta y con una buena velocidad, con este tipo de dispositivos se estaría ganando tiempo y recuperando cosechas que se han perdido.

II. Tipos de cosechadoras asistidas:

ALFA:

Esta herramienta fue desarrollada por CENICAFE, donde cuenta con un actuador electro-mecánico que se alimenta por medio de una batería, teniendo como componente un rodillo con dientes metálicos y que tiene la capacidad de recolectar un 32.7% más frutos que de lo que se hace de manera manual.



Ilustración 7: Cosechadora ALFA

VIBRADOR PORTATIL DE TALLO CIFARELLI SC700

Herramienta fabricada por CIFARELLI, que trabaja con un acople mecánico utilizando un mecanismo vibratorio, diseñada en forma de acople que posee una guaya el cual se encarga de convertir la energía del motor de combustión en energía mecánica vibratoria.



Ilustración 8: Vibrador Portátil

ACTUADORES OSCILANTES STIHL 81:

Este equipo lo fabrico la empresa STIHL. Que trabaja con dedos mecánicos por medio de un sistema de vibración que se encarga de sacudir las ramas de la planta, su diseño ha sido acoplado a una guadañadora convirtiendo de energía de combustión a energía vibratoria.



Ilustración 9: Actuator oscilante

HERRAMIENTA DESCAFE:

Consta de un acople que se encarga de desprender los frutos utilizando un sistema desgranador, trabaja con un accionamiento electro – mecánico, también se va conectado a un motor de combustión. Con esa herramienta se comprobó que recolecta entre el 16.5 – 14% de frutos. [13].



Ilustración 10: Herramienta descafé

DERRIBADORA:

Son maquinas que trabajan en las ramas de la planta, son menos invasivos para el café y brindar mejor calidad de fruto al momento de hacer la recolección. Tiene un motor, que se encarga de oscilar la parte delantera de esta máquina y genera una perturbación en las ramas del café, haciendo que los cerezos se desprendan. La cantidad que este llega a recolectar es aproximadamente 28%. [14].



Ilustración 11: Maquina derribadora

D. Propiedades físico – mecánicas del café

Módulo de elasticidad a flexión (E):

Se encarga de determinar el módulo de elasticidad del tallo, esto corresponde a la deformación elástica de una viga seleccionada.

$$E = \frac{6.79 * 10^6 * F * L^3}{y * d * D^3} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

E = Modulo de elasticidad de la rama a flexión ($\frac{N}{m^2}$)

F = fuerza perpendicular aplicada en el extremo libre (N)

L = longitud de la rama (mm)

y = deformación en el extremo de la rama (mm)

d = diámetro de la rama en su extremo menor (mm)

D = diámetro de la rama en su extremo mayor (mm)

Coefficiente de amortiguación:

$$C = 2 * \xi \sqrt{M * K} \quad \text{Ecuación 2}$$

Cantidad de frutos maduros cosechadora por árbol

$$C = \frac{W_a}{n_a} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

C = frutos maduros por árbol (kg)

W_a = peso total de frutos maduros por árbol (kg)

n_a = número de árboles muestreados

Porcentaje de frutos maduros:

$$PM = \left[1 - \frac{W_v}{W_t} \right] \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

PM = porcentaje de frutos maduros (%)

M_v = peso de frutos verdes (kg)

W_t = peso total de los frutos (kg)

Masa de café recolectada/hora de acuerdo al indicador de eficiencia:

$$C_{rh} = \frac{\left[\frac{C_r}{T_n} \right]}{n_0} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

C_{rh} = café recolectado por hora/operario (kg/h – operario)

C_r = café recolectado por jornada (kg)

T_n = tiempo neto de cosecha (manual o equipo) h

n_0 = número de operaciones

E. Propiedades mecánicas de la maquina prototipo:

Capacidad de carga de la maquina:

$$C_{cm} = jornada * kg \text{ de recolecta} * g \quad \text{Ecuación 6}$$

Masa del equipo:

$$A_{superficie} = 6 * L^2 \quad \text{Ecuación 7}$$

Volumen cubo:

$$V_{cubo} = L^3 \quad \text{Ecuación 8}$$

$$L = \sqrt[3]{V_{cubo}} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

$A_{superficie}$ = área superficial

L = lado

V_{cubo} = Volumen cubo

Masa del sistema:

$$M_{sistema} = 1.5 * \frac{6V_{cubo}}{\sqrt[3]{V_{cubo}}} * W * \rho_{mental} \quad \text{Ecuación 10}$$

Fuerza:

$$F = N * \mu_r \quad \text{Ecuación 11}$$

$$F = M_{total} * g * \mu_r$$

Ecuación 12

Donde:

F = Fuerza

N = Fuerza normal

μ_r = Coeficiente de resistencia a la rodadura

Potencia:

$$P = \frac{W}{t}$$

Ecuación 13

Donde:

P = Potencia

W = Trabajo

t = Tiempo

Potencia del motor:

$$P_{motor} = \frac{P}{1 - eficiencia} * f_{sobre\ diseño}$$

Ecuación 14

Donde:

$f_{sobre\ diseño}$ = factor de sobre – diseño

Eficiencia:

$$Eficiencia = \frac{P_{mec}}{P_{in}}$$

Ecuación 15

Donde:

P_{mec} = Potencia mecánica

P_{in} = Potencia indicada

Energía requerida:

$$E_{requerida} = P_{in} * t$$

Ecuación 16

Donde:

P_{in} = Potencia indicada

t = Tiempo

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación:

El tipo de investigación que se va a utilizar para realizar este proyecto es tecnología aplicada, ya que se pretende diseñar un prototipo de cosechadora de café, reduciendo el tiempo de recolección y de esa manera sustituir el proceso manual con el que se aplica para este proceso.

2.2. Variables, operacionalización:

- **Variables:**

Variables independientes:

- Propiedades físicas de tallo: elasticidad y resistencia a la tracción

Variables dependientes:

- Fuerza de vibración del fruto maduro
- Energía consumida por el sistema
- Velocidad de vibración

- **Operacionalización de variables:**

Tabla 1: Variables independientes

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	dimensiones	indicadores	Sub Indicadores	Valores finales	Instrumentos de medición
Elasticidad	Es la propiedad física y mecánica de algunos materiales que sufren deformaciones.	Análisis de documentos	Propiedad física – mecánica	Fuerza de tracción	$E = \frac{6.79 * 10^6 * F * L^3}{y * d * D^3}$	N	Guía de análisis de documentos
Resistencia a la tracción	Es el esfuerzo de tracción máximo que puede soportar un material antes de sufrir una deformación.	Análisis de documentos	Propiedad física – mecánica	Deformación plástica	$TS = \frac{F_m}{A_0}$	MPa	Guía de análisis de documentos

Tabla 2: Variables dependientes

Variedad dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Valores finales	Instrumentos de medición
Fuerza vibración del fruto maduro	Cantidad que se le aplicara al fruto para poder hacerlo caer.	Análisis de documento	Fuerza y magnitud del fruto	Eficiencia	$F = M_{total} * g * \mu_r$	N	Guía de análisis de documento
Energía consumida por el sistema	Es la energía que se necesita para poner en movimiento al equipo.	Análisis de documentos	. Potencia activa . Factor de potencia	Consumo y potencia de la energía	$P_{motor} = \frac{P}{1 - eficiencia} * f_{sobre\ diseño}$	W	Guía de análisis de documentos
Velocidad de vibración	Velocidad con la que va a trabajar el equipo.	Análisis de documentos	Volumen del fruto	Velocidad y aceleración empleada en el sistema de vibración	$a_{max} = -W^2 \times A$	Hz	Guía de análisis de documentos
					$V_{max} = W \times A$		

2.3. Población de estudio, muestra muestreo y criterios de selección:

No aplica

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos:

Observación:

Por medio de esta técnica lo que se busca es recolectar datos necesarios al momento de hacer la visita al lugar donde se realizara esta investigación, datos que sean de ayuda para la elaboración de nuestra realidad problema y para la solución del problema que se va a plantear.

Entrevistas:

La entrevista se realizará a los productores, cafetaleros, cultivadores, etc., para determinar el tiempo de cosecha por hectárea.

Análisis de documentos:

Para esta investigación se estará trabajando con artículos científicos, bases de datos, repositorios, etc.

Instrumentos de recolección de datos:

Guía de observaciones:

Para esta técnica se elaborará guías en las cuales se van a utilizar en el campo durante el proceso de cosechado de café. Es un medio el cual conduce a la recolección y obtención de una buena información.

Cuestionario:

Con esta herramienta a utilizar nos va a facilitar información de manera detallada ya que serán preguntas que se le realizarán a los mismos cafetaleros, las preguntas estarán

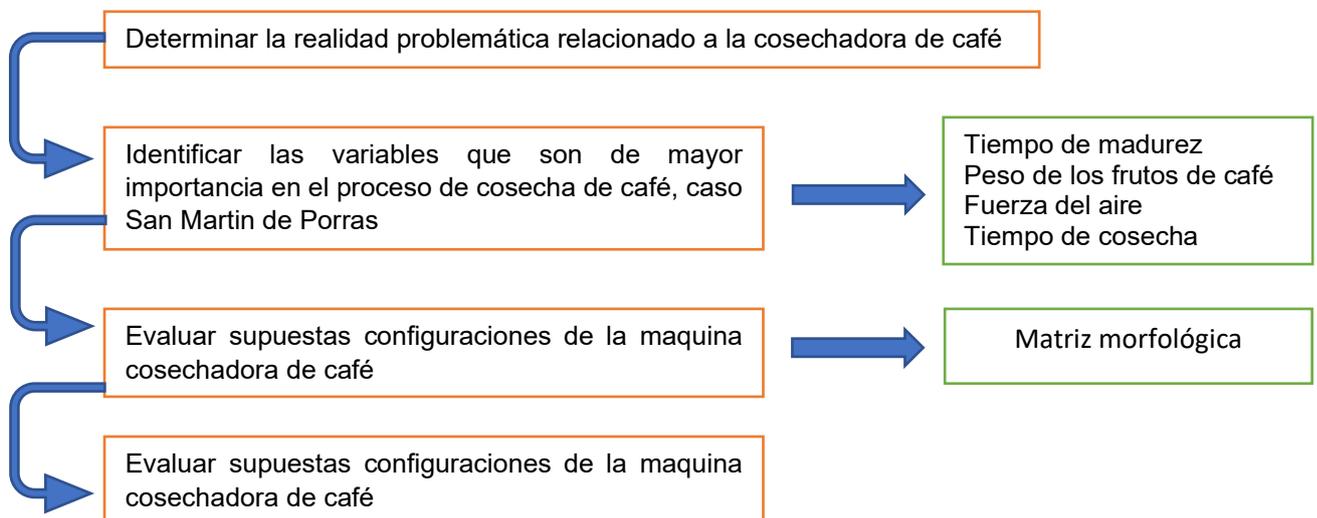
redactas de manera ordenada, siguiendo el proceso del que se está trabajando, con la finalidad de poder obtener respuestas satisfactorias para nuestra investigación.

Guía de análisis de documentos:

Este instrumento es de utilidad ya que está representando la información de un documento, siendo una propuesta de guía para la elaboración de resúmenes más informativos.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

a) Flujo de proceso:



b) Descripción de procesos:

- **Determinar la realidad problemática relacionada a la cosechadora de café:**

Para aplicar este proceso se ha utilizado fuentes oficiales, base de datos, repositorios, entre otros, teniendo en cuenta que estos pertenezcan a 5 años de a ver sido publicados.

- **Identificar las variables que son mayor importancia en el proceso de cosecha de café, caso San Martín de porras**

Para identificar este proceso, nos hemos basado en la necesidad que sufre el caserío, trabajando con entrevistas que se les ha hecho tanto a los productores como a los recolectores de café.

- **Evaluar supuestas configuraciones de la maquina cosechadora de café:**

Para este proceso se va a realizar configuración y diseño de la herramienta con la que se va a trabajar, el diseño se va formular por medio de una matriz donde se va a seleccionar el mejor.

- **Realizar calculo físico – mecánico de la cosechadora de café**

En esta parte del proceso se realizarán cálculos con relación al manejo de la herramienta, donde se calculará fuerza, potencia de motor, eficiencia con la que se va a trabajar para este dispositivo.

2.6. Criterios éticos

Como estudiante de la Universidad señor de Sipán, de la facultad de ingeniería, arquitectura y urbanismo, doy a conocer que el desarrollo del presente proyecto de tesis se va a realizar con el reconocimiento de la seguridad de la vida, bienes, bienestar a la población y al pueblo en general. De esa manera se desarrollará la tecnología en nuestro país.

El proyecto de investigación no perjudicará la paz y salud de la población donde se hará la investigación.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. RESULTADOS

a) Determinar el tiempo de cosecha que se hace con el método manual

Para determinar el tiempo de cosecha que se realiza de manera tradicional (manual), se ha tenido que indagar y realizar entrevistas a los productores, cosechadores y agricultores que aplican esta técnica.

- Ubicación del centro poblado San Martín de Porras:

El proyecto de investigación se llevará a cabo en el centro poblado San Martín de Porras – Amazonas, ubicándose a una latitud de: 5° 55' 59.1" S y una longitud de: 78° 15' 14.3" W.

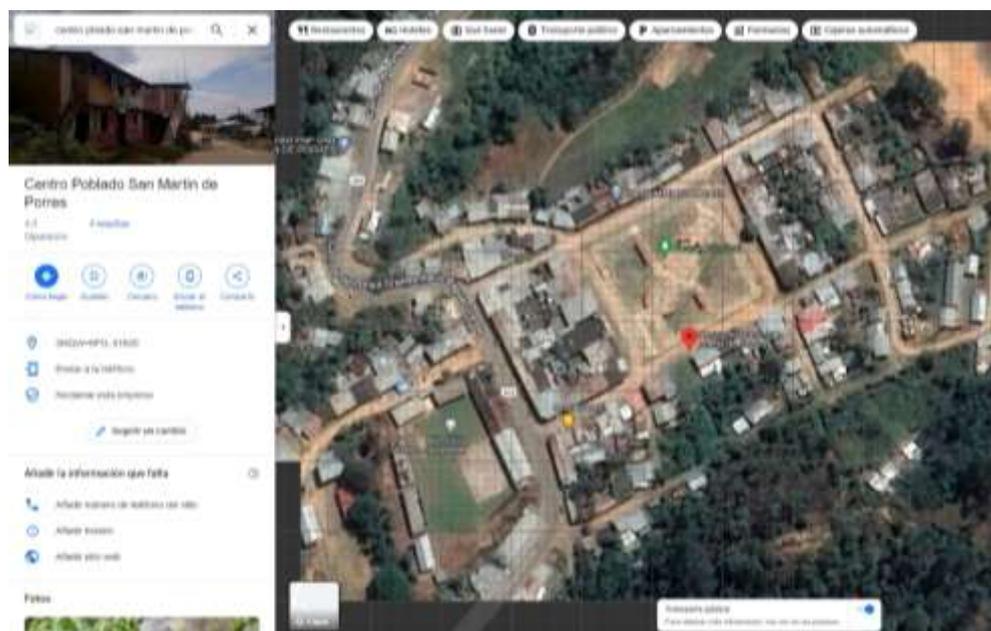


Ilustración 12: Mapa de ubicación del centro poblado San Martín de Porras.

Fuente: Google Maps

El proceso de cosecha de café es algo importante para los cafetaleros, ya que es el fruto que genera más producción en el centro poblado. Esta caracterizado por contar con 2 aspectos fundamentales como son: mayor participación en la estructura de costos de

producción y un factor que se encuentra en escasos, estamos hablando de la técnica que se aplica para la recolección de los frutos, siendo esto algo indispensable e importante para esta producción.

En nuestro primer objetivo vamos hablar de la determinación de tiempo. Para desarrollar este primer punto se han realizado entrevistas, encuestas que se aplicaran a los recolectores, donde se va a calcular: cantidad de personas que cosechan en una hectárea, cantidad de quintales por hectárea, cantidad de horas trabajadas durante el día y la cantidad de plántones cosechados.

Visitamos y realizamos un recorrido por el centro poblado de San Martín de Porras, donde nos acogió la familia Mestanza quienes nos brindaron información parte de nuestra investigación. Ellos desde hace mucho tiempo se dedican a la siembra y cosecha de café, actualmente están en el proceso de cosechado la cual gustosamente nos brindaron los siguientes datos relacionados:

Tabla 3: Datos recaudados de entrevista 01

Entrevista 01	
Hectáreas	4 - 5 hect.
Altura de árbol	1.80 m
Plántones	5000
Lata	14 kl
Tiempo de cosecha	7 días

En la tabla N° 5 se muestran datos que han sido proporcionados por los mismos dueños propietarios del terreno. En el trayecto de la visita a 15 minutos del caserío, nos encontramos con algunas personas que justamente se encontraban en el lugar, realizando la cosecha de café. Para eso 3 de ellos, con mucha amabilidad nos apoyaron para poder hacerles unas preguntas y juntamente hacer un control de tiempo y conteo de lo que estaba realizando. Los nombres de las personas que participaron en este proceso parte de la investigación son: Garney (25 años), es la persona que cuenta con mas experiencia en realizar este proceso de manera tradicional, luego se encuentra Jefferson (15 años), a pesar

Garney en 7H ha logrado cosechar 420 plantas (tomando como muestra lo que recolecta durante 1 hora).

Para calcular la cantidad de plantaciones que se cosecha en 1 semana, se va a trabajar con la misma fórmula:

$$\begin{array}{r}
 7H \quad \times \quad 420 \text{ plantas} \\
 49H \quad \times \quad X \text{ plantas} \\
 \hline
 7X = 420 * 49 \\
 \hline
 \mathbf{X = 2940}
 \end{array}$$

Garney durante este periodo pudo cosechar 2940 plantas durante 1 semana (7días). En la Tabla N° 6, se muestra que en media hora se llega a cosechar ½ lata (1.5 kg), y que durante 1 hora se cosecho 1 lata (3kg).

Entonces, en la tabla N° 7, vamos a mostrar la cantidad de kilos que pudo cosechar durante 1 semana (7días), que es el tiempo que dura la cosecha de café.

Tabla 5: Cantidad de latas de recolección por día durante 1 semana

TIEMPO (DIAS)	1	2	3	4	5	6	7
LATAS	7	7	7	7	7	6	6
KILOS	105	105	105	105	105	90	90

En la Tabla N° 7 se muestran las cantidades que cosecha Garney durante las horas laborales, siendo así que llego a recolectar de 6 a 7 latas de café diarias, que en kilos llega hacer un promedio de 705 a 750 por semana (7 días).

Para el siguiente caso, tenemos al señor Juberth de 30 años, que es alguien principiante realizando la cosecha y con él vamos aplicar el mismo procedimiento con el control de tiempos.

Juberth empezó de 11:00 am hasta las 12:00 pm, controlando la cosecha cada 5 minutos, de esa manera se sabrá cuantas latas y cuantas plantas cosecha durante ese tiempo.

En la Tabla N° 8 se va a mostrar la cantidad de plantas y latas que se han cosechado durante el tiempo programado que es de 1 hora.

Tabla 6: Datos recaudados de entrevista N° 03

TIEMPO (MIN)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
CANTIDAD (PLTS)	2	3	5	7	10	12	14	17	21	23	24	27
LATAS	1/4						1/4					

Para saber cuántas plantas se cosecharon durante 1 día, trabajaremos con la misma fórmula realizada como en el primer caso:

$$\begin{array}{l}
 1H \quad \times \quad 27 \text{ plantas} \\
 7H \quad \times \quad X \text{ plantas} \\
 X = 27 * 7 \\
 X = \mathbf{189}
 \end{array}$$

Obteniendo este resultado muestra que Juberth en 7 horas cosecha un aproximado de 189 plantas. Para saber cuántas plantas cosecha en las 49H (7 días), vamos aplicar la misma fórmula:

$$\begin{array}{l}
 7H \quad \times \quad 189 \text{ plantas} \\
 49H \quad \times \quad X \text{ plantas} \\
 X = 189 * 49 \\
 X = \mathbf{1323}
 \end{array}$$

Juberth durante esta semana ha podido cosechar 1323 plantas, teniendo en cuenta que en 1 hora logra cosechar 1/4 lada, y durante en día cosecha entre 3.5 a 4 latas.

Tabla 7: Cantidad de latas cosechadas en 1 semana

TIEMPO (DIAS)	1	2	3	4	5	6	7
LATAS	3.5	3.5	3.5	3.5	4	4	4
KILOS	52.50	52.50	52.50	52.50	60	60	60

Y por último en ese grupo de personas nos encontramos con un joven de 14 años, que a temprana edad es muy hábil para hacer esta actividad. Jefferson ayudo con el proceso y se hizo el mismo procedimiento de conteo.

En la tabla N° 10 se muestra la cantidad de plantones que han sido cosechados y cuantas latas se han podido recolectar en este tiempo.

Tabla 8: Datos recaudados de 1 hora (entrevista 04)

TIEMPO (MIN)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
CANTIDAD (PLTS)	4	6	8	10	11	14	16	17	20	23	25	29
LATAS	1/2						1/2					

Aplicando el mismo proceso de resolución, obtenemos mediante la formula la siguiente información:

$$\begin{array}{l} 1H \quad \times \quad 29 \text{ plantas} \\ 7H \quad \times \quad X \text{ plantas} \end{array}$$

$$X = 29 * 7$$

$$X = 203$$

Jefferson en 1 día ha podido cosechar 203 plantas y para poder calcular cuantas plantas cosecha en 1 semana (49 h), vamos a obtener la información por medio de una formula.

7H 203 plantas

49H X plantas

$$7X = 203 * 49$$

$$X = 1421$$

Con la información mostrada en la fórmula, se puede decir que Jefferson pudo cosechar un aproximado de 1421 plantas durante 1 semana, pudiendo verificar que según la tabla N° 10, Jefferson cosechaba 1 lata durante la hora de conteo (1 hora).

En la tabla N° 11, vamos a mostrar la cantidad de latas que cosecho durante la semana de jornada (7 días):

Tabla 9: Total de latas durante la semana

TIEMPO (DIAS)	1	2	3	4	5	6	7
LATAS	7	7	8	8	7.5	7.5	8
KILOS	105	105	120	120	112.5	112.50	120

Visitando otro terreno de cafetaleros que se encuentra en el mismo caserío, nos encontramos con un capataz el cual nos brindó la siguiente información plasmada en una tabla:

Tabla 10: Datos recolectados de entrevista N° 05

Tamaño de la planta	1.4 m
Lata por planta	1 – 1 ¾
Plantas en hectárea	4000- 5000 x h
Plantas cosechadas en 7H	98 - 120
Trabajadores para una hectárea	10 -15
Latas por persona en 7H	8 – 14
Tiempo de cosecha	7 - 10 días
quintales por hectáreas	40 - 500

El capataz menciona que los operarios cosechan aproximadamente 5 – 7 latas por día, pero que esto va a depender en que pasada se encuentre la cosecha, porque en cantidad de latas varia.

Tabla 11: Calculo de cosecha en el periodo de 1 hora

1 dia	5 latas	40 – 60 latas
2 dia	5 latas	
3 dia	6 latas	
4 dia	5 - 6 latas	
5 dia	5 – 6 latas	
6 dia	7 latas	
7 dia	7 latas	

Para poder calcular los kilos, plantaciones que se realizan durante el tiempo de jornada se ha trabajado de la siguiente manera, se ha tenido en cuenta que el capataz comento que de 7 plantas se cosechan un aproximado de 1 ½, teniendo ese dato hemos recolectado los siguientes datos que se mostraran en la siguiente tabla:

Tabla 12: Cantidad de kilos y plantas cosechadas en el tiempo de 7 horas

KILOS	PLANTAS	HORA
1 1/2	7	1
3	14	
4.5	21	2
6	28	
7.5	35	3
9	42	
10.5	49	4
12	56	
13.5	63	5
15	70	
16.5	77	6
18	84	
19.5	91	7
21	98	

Los horarios de trabajo en la cosecha son de 8am a 12pm y de 2pm a 4pm. En total son un promedio de 7 horas laborales, entonces teniendo en cuenta ese tiempo, podemos deducir que en la tabla N° 14 obtuvimos que durante las 7 horas (1 día) se han cosechado 98 plantas y recolectado 21 kilos (7 latas) (trabajo de 1 sola persona).

Tiempo de cosecha	10 -15 días
-------------------	-------------

Como son 10 días en los que termina la cosecha y por día son 7 horas de jornada laboral, tenemos un promedio de 70 horas que se trabajan.

Obteniendo ese tiempo tenemos como resultado lo siguiente:

Tabla 13: Resultados de cosecha de 1 semana en 1 hectárea

kilos	Latas	plantas	Horas de trabajo (por día)	Tiempo (Dia)
21 - 40	7 - 8	98 - 120	7	1
240 - 300	80 - 100	980 - 1000	70	10

Que durante 1 día se han cosechado 98 plantas y recolectado 21 kilos y que durante las 70 horas (10días) se han cosechado 980 plantas y recolectado hasta 300 kilos por hectárea.

b) Análisis del objeto:

Para los resultados se este objetivo se ha llegado a determinar que existe un porcentaje moderado de cafetaleros que llegan a sembrar y cosechar entre 2 a 4 hectáreas de café por campaña, el 35% de población se dedica a la cosecha de este fruto, el otro 35% pertenecen a las personas de tercera edad y el 30% de personas, son menores de edad que mayormente se dedican a estudiar o es que no les gusta realizar otro tipo de actividades.

En el centro poblado de San Martin existe la población mínima adecuada para realizar este trabajo, por ese motivo es que se necesita contar con algún tipo de ayuda para poder

realizar de manera rápida este proceso. Con el porcentaje de trabajadores que contratan para las hectáreas, se observó que existe cierta necesidad que requiere que se mejore pronto para así tener una mejor producción de café.

Discusión:

- **Genero:**

Por medio de un gráfico y según encuestas, se va a demostrar el porcentaje que existe en los géneros para la recolección de café.



*Ilustración 13: Cantidad de personas que se dedican a la cosecha, de acuerdo al género
Fuente: Propia*

Según las encuestas se muestra que existe mayores escases de mano de obra por medio de las mujeres, siendo así que el 75% son de hombres que realizan esta actividad. Por ello es que es preferible contratar a personas que tengan mayor experiencia realizando este trabajo y de esa manera se genere más producción y ganancias para el productor.

- **Edad:**

Para realizar esta gráfica, entrevistamos a los trabajadores que eran contratados para la cosecha de café en las hectáreas, donde se pudo deducir que el 40% de trabajadores pertenece a los jóvenes que están entre los 17 a 25 años de edad, en este rango es que los jóvenes están en la mejor edad para realizar de manera rápida este proceso.

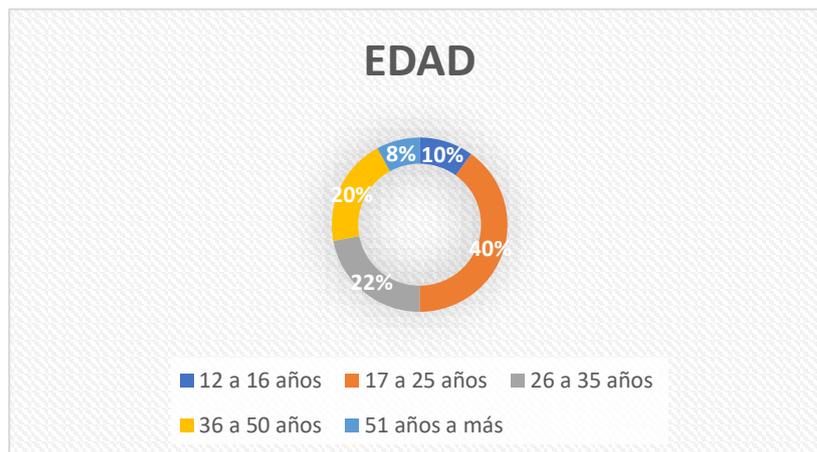


Ilustración 14: Porcentaje de personas con las distintas edades que realizan la actividad de la cosecha de café

Fuente: Propia

- **Estado civil:**

Las personas comprometidas ocupan el primer puesto con el 40% ya que son personas que tienen familias que dependen de ellos, seguidamente están los casados, ya que como se están formando comienzan a trabajar de manera constante en el proceso del cosechado pensando en el mejoramiento de su familia.

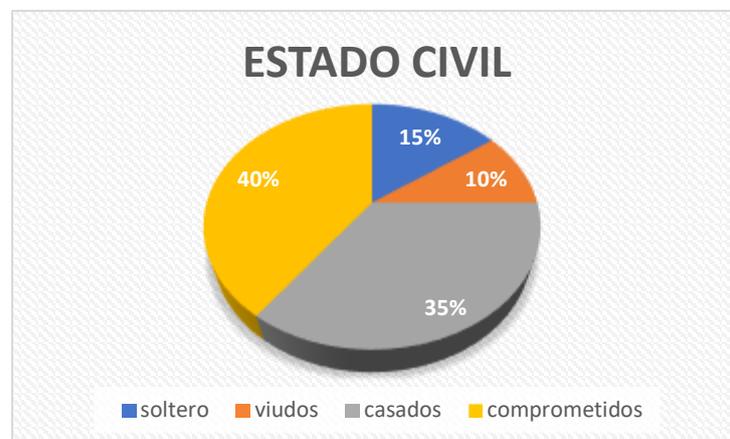


Ilustración 15: Porcentaje de personas de acuerdo a su estado civil realizando este tipo de trabajo (cosecha de café). Fuente: propia

- **Dependencia económica:**

En la parte de la dependencia es sobre que numero de familiares son los que dependen de la persona que trabaja en el cosechado de café, siendo así que el porcentaje mayor es de 3 a 4 personas que dependen del cosechador.

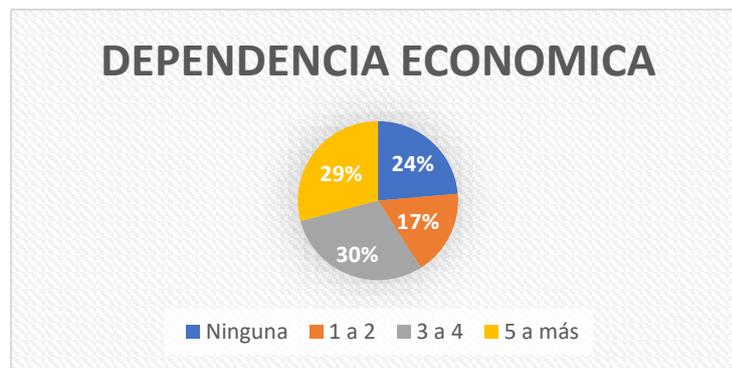


Ilustración 16: Porcentaje de la dependencia económica que tienen las personas.

Fuente: Propia

a) Seleccionar el diseño del prototipo:

Para la obtención de resultados del objetivo 2, se va a trabajar con una matriz morfológica el cual nos ayudara a seleccionar el mejor diseño de la cosechadora de café.

b) Requerimiento de diseño:

Tabla 14: Descripción de funcionamiento del diseño

ITEM	DESCRIPCION DEL REQUERIMIENTO	FUNCION
1	Diseño ergonómico	Fácil transporte y uso
2	Descripción eficaz y uniforme	Aprovechar el sistema de vibración para la recolección de café
3	Resistencia de estructura	Asegurar un buen tiempo de vida útil
4	Diseño económico	Llegar a los agricultores de café

Especificaciones de diseño:

a. Lista de exigencias:

Analizada la problemática de los cafetaleros peruanos en relación al desabastecimiento de personal para cosecha y los requerimientos de largas horas hombre de trabajo especializado para lograr una cosecha eficiente de frutos rojos de café, lleva a la necesidad de contar con herramientas tecnológicas de asistencia que aceleren dicho proceso, buscando que sea fácil de usar, accesible al agricultor cafetalero peruano y tenga una autonomía de trabajo mínimo de 7 horas.

A continuación, se detalla la lista de Exigencias, especificando los requerimientos con los que debe cumplir la cosechadora asistida de café.

Tabla 15: Lista de deseos y exigencias a tomarse en cuenta para el diseño del prototipo (Parte 01)

LISTA DE EXIGENCIAS			Pág. 01
PROYECTO	DISEÑO DE UN PROTOTIPO COSECHADORA DE CAFÉ CON UN SISTEMA DE VIBRACIÓN PARA LA RECOLECCION DE GRANOS ROJOS		FECHA: 17/11/2022
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN		ELABORADO: T.L.P.S
Ítem	Deseo (D) o Exigencia (E)	Detalle	Categoría
1	E	Cosechar frutos rojos de café a través de una herramienta asistida que implementa vibración, optimizando tiempos de cosecha y solucionando la baja oferta en mano de obra.	Función principal
2	E	>12 kg/h	Producción (Capacidad de equipo)
3	E	La calidad tanto del producto cosechado como también la propia planta no debe verse seriamente afectada, por lo cual la herramienta de asistencia de cosecha debe trabajar emulando el proceso tradicional, evitando generar un sobre estrés en la planta.	Calidad

4	E	La herramienta de asistencia de cosecha debe contar con un sistema de energizado con una autonomía \geq a 8h de trabajo	Energía
5	D	Fuente de energía amigable con el medio ambiente.	
6	D	Fuente confiable y de fácil recarga en zona de cosecha.	

Tabla 16: Lista de deseos y exigencias a tomarse en cuenta para el diseño del prototipo (Parte 02)

LISTA DE EXIGENCIAS			Pág. 02
PROYECTO	DISEÑO DE UN PROTOTIPO COSECHADORA DE CAFÉ CON UN SISTEMA DE VIBRACIÓN PARA LA RECOLECCION DE GRANOS ROJOS		FECHA: 17/11/2022
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN		ELABORADO: T.L.P.S
Ítem	Deseo (D) o Exigencia (E)	Detalle	Categoría
7	D	Diseño compacto para fácil transporte y manipulación.	Geometría
8	E	No debe suponer una carga extra para el operador.	
9	E	Su geometría debe estar pensado en la seguridad del operador.	
10	E	El principio de funcionamiento de la herramienta es mediante vibración.	Mecanismo de operación
11	D	La recolección de los frutos debe estar pensado para aplicarse en cultivos típicos de los cafetaleros peruanos, donde en el proceso de siembra no se consideró el uso de un método alternativo a la cosecha tradicional.	Método de captación
12	E	Principalmente frutos rojos de granos de café, y similares.	Materia prima principal
13	D	El diseño de la herramienta de cosecha asistida de café debe contar con un sistema de control preciso de encendido, apagado y pulsadores para iniciar la vibración según conveniencia.	Control
14	E	La operación debe ser intuitiva, segura y con una alta maniobrabilidad.	Operación

Tabla 17: Lista de deseos y exigencias a tomarse en cuenta para el diseño del prototipo (Parte 03)

LISTA DE EXIGENCIAS			Pág. 03
PROYECTO	DISEÑO DE UN PROTOTIPO COSECHADORA DE CAFÉ CON UN SISTEMA DE VIBRACIÓN PARA LA RECOLECCION DE GRANOS ROJOS		FECHA: 17/11/2022
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN		ELABORADO: T.L.P.S
Ítem	Deseo (D) o Exigencia (E)	Detalle	Categoría
15	E	El diseño del equipo garantizará la integridad física del operador, evitando exponerlo a cortes o a lesiones provenientes del sistema mecánico de vibración.	Seguridad
16	E	Tener en cuenta el uso de materiales de fabricación nacional y de fácil abastecimiento.	Fabricación
17	E	El proceso de fabricación debe respetar normativas nacionales e internacionales de selección de materiales.	
18	D	El mecanizado y proceso de manufactura necesario debe estar al alcance de las capacidades regionales locales de fabricación.	
19	D	El operador debe poder equiparse sin ningún tipo de asistencia adicional más que el de su propia persona.	Montaje
20	E	El proceso de mantenimiento general y principal debe ser el de limpieza de la herramienta posterior a la jornada laboral.	Mantenimiento
21	D	El diseño mecánico debe ser sencillo, permitiendo que cualquier personal con conocimiento básico de mecánica pueda prestar el servicio de mantenimiento general del equipo si más problemas.	
22	D	Diseño de fácil transporte en vehículos menores.	Transporte
23	E	Ergonomía de operación, transporte y mantenimiento.	Ergonomía

b. Condiciones de operación:

La implementación de herramientas para cosecha de café en países vecinos como Colombia y Brasil, nos adelantan con algunos años de ventaja en este sector, de los cuales se puede rescatar que el uso de estas herramientas presenta limitantes y se implementan bajo ciertas condiciones de maduración del fruto, detalladas a continuación:

Tabla 18: Condiciones para el uso adecuado del prototipo de cosechadora

Condiciones necesarias para uso efectivo de herramienta asistida de cosecha de café		
Condición:	Imagen:	Detalle:
Carga:		Hace referencia a la concentración de frutos en las ramas de la plantación de café, teniendo que cuando son inferiores a los 600g, se consideran cargas bajas, entre 600g y 1.2kg son cargas medias y de 1.2kg a más cargas altas.
Maduración:		La coloración rojiza del fruto indica el estado de su maduración pasando de verde hasta la tonalidad mencionada, según la concentración de frutos rojos tenemos: Maduración baja (<40%); Maduración media (40% - 60%); Maduración alta (>60%)

		<p>Escenario de carga y maduración baja, no se recomienda la implementación de cosecha asistida, si se desea avanzar en el proceso es preferible una cosecha manual, de lo contrario resulta más rentable darle tiempo a la plantación para madurar.</p>
<p>Escenarios:</p>		<p>Escenario de carga y maduración media, la implementación de la cosecha asistida queda a decisión del propietario, teniendo como ventaja la cosecha rápida, pero con alta incidencia de fruto verde. La premura de este método va de la mano el temor a la aparición de plagas. se recomienda cosecha manual y asistida.</p>
		<p>Escenario de carga y maduración alta, condiciones perfectas para el uso de cosecha asistida, máximo rendimiento en tiempo y producción.</p>

Secuencia de operación:

1. Equipamiento de herramienta a operador.
2. Accionamiento de herramienta.
3. Control de operación de estado de herramienta (Estado reposo - accionado).
4. Proceso ergonómico de operación en separación y captación de fruto.

Matriz Morfológica:

Ilustración 18: Matriz morfológica

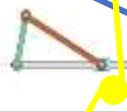
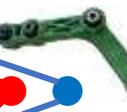
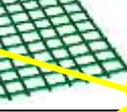
DESARROLLO DE LA MATRIZ MORFOLOGICA				
DISTANCIA DE OPERACIÓN				
	Corta	Media	Larga	
TIPO DE USO				
	Una mano	Dos manos		
MECANISMO DE VIBRACIÓN				
	Motor vibrador	Biela manivela	Excéntrica	Contrapeso
GENERACION MOTRIZ				
	Motor eléctrico	Combustión	Fuerza hombre	
TRANSMISION MOTRIZ				
	Engranajes	Poleas	Cadenas	Rigido
SISTEMA DE CAPTACIÓN				
	Manual	Mangas	Aspiración	Mallas
SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE VIBRACIÓN				
	Dedos oscilantes	Tridente	Accople gancho	
	Solucion 01	Solucion 02	Solucion 03	

Tabla 19: Características de prototipo N° 01

Alternativa de solución 01	
DISTANCIA DE OPERACIÓN	Corta
TIPO DE USO	Una mano
MECANISMO DE VIBRACIÓN	Excéntrica
GENERACION MOTRIZ	Motor eléctrico
TRANSMISION MOTRIZ	Rígido
SISTEMA DE CAPTACIÓN	Mangas
CONDUCCIÓN DE VIBRACIÓN	Dedos oscilantes

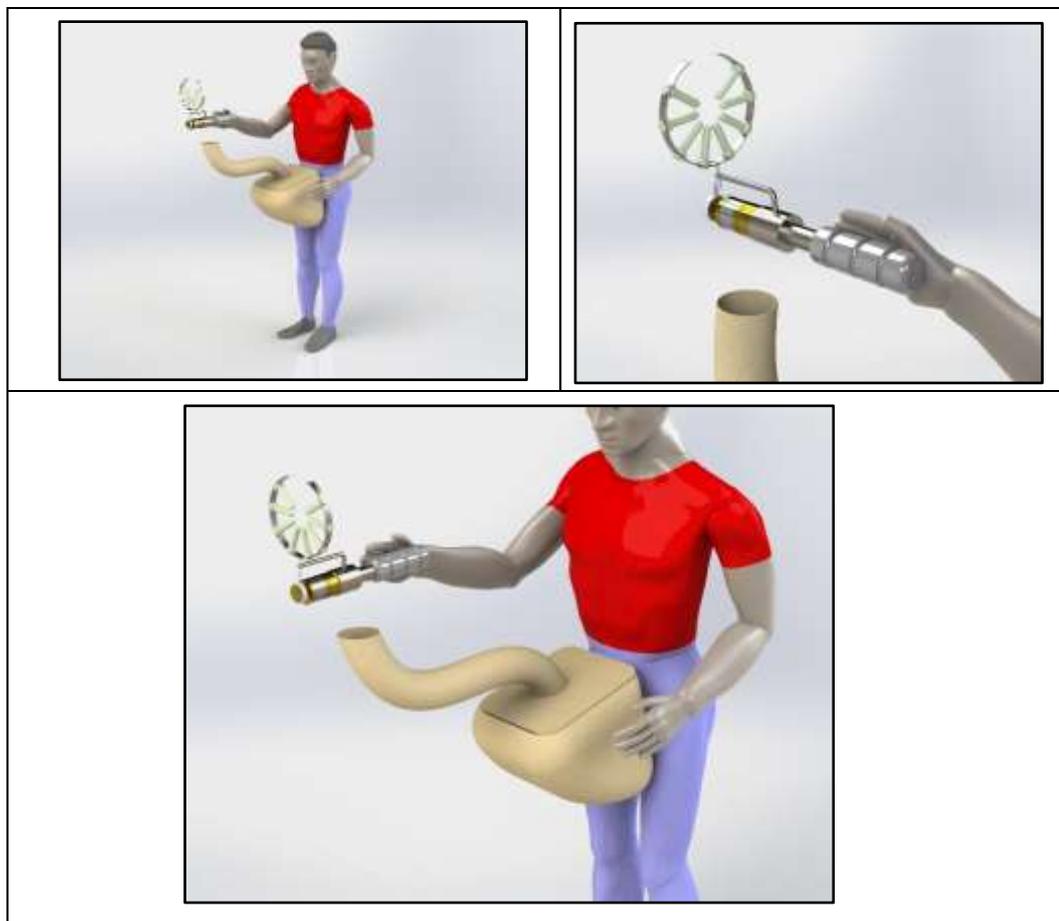


Ilustración 19: Diseño de prototipo N°01

Tabla 20: Características de prototipo N° 2

Alternativa de solución 02	
DISTANCIA DE OPERACIÓN	Media
TIPO DE USO	Dos manos
MECANISMO DE VIBRACIÓN	Motor vibrador
GENERACION MOTRIZ	Motor eléctrico
TRANSMISION MOTRIZ	Rígido
SISTEMA DE CAPTACIÓN	Aspiración
CONDUCCIÓN DE VIBRACIÓN	Tridente



Ilustración 20: Diseño de prototipo N° 02

Tabla 21: Características del prototipo N° 03

Alternativa de solución 03	
DISTANCIA DE OPERACIÓN	Larga
TIPO DE USO	Dos manos
MECANISMO DE VIBRACIÓN	Biela manivela
GENERACION MOTRIZ	Motor Combustión
TRANSMISION MOTRIZ	Engranajes
SISTEMA DE CAPTACIÓN	Mallas
CONDUCCIÓN DE VIBRACIÓN	Acople gancho



Ilustración 21: Diseño de prototipo N° 03

Evaluación Técnico - Económica de los Conceptos de Solución:

Definidas las propuestas de diseño, se procede a generar la evaluación técnica-económica, utilizando la metodología de la normativa VDI 2221 y VDI 2225, la cual enfatiza cumplir con lo especificado en la lista de deseos y exigencias previamente realizado, puntuando en una escala de 0 a 4, donde 0 No Cumple y 4 representa el nivel óptimo de satisfacción.

Tabla 22: Evaluación de valores técnica con relación al diseño mecánica

Diseño Mecánico - Evaluación de Proyectos Valor Técnico (Xi)							Informe de tesis	
Título: DISEÑO DE UN PROTOTIPO COSECHADORA DE CAFÉ CON UN SISTEMA DE VIBRACIÓN PARA LA RECOLECCION DE GRANOS ROJOS								
p: Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)								
0 = No satisface, 1 = Aceptable a medias, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (Ideal)								
g: Es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.								
Criterios de evaluación para diseños								
Variantes de Conceptos/Proyectos			Alternativa 01 (S1)		Alternativa 02 (S2)		Alternativa 03 (S3)	
N ^{ro}	Criterios de Evaluación	G	p	gp	p	gp	p	gp
1	Función	4	3	12	3	12	3	12
2	Adaptabilidad al terreno	4	3	12	1	4	1	4
3	Daño a la planta	4	2	8	2	8	0	0
4	Ergonomía	4	3	12	3	12	3	12
5	Fabricación	3	2	6	2	6	2	6
6	Velocidad	3	2	6	2	6	3	9
7	Facilidad de transporte	2	3	6	3	6	3	6
8	Rendimiento energético	3	2	6	1	3	3	9
9	Durabilidad	3	3	9	3	9	3	9
10	Peso	4	3	12	2	8	2	8
11	Mantenimiento	3	3	9	3	9	3	9
Puntaje máximo Σp o Σgp.		37		98		83		84
Valor Técnico Xi				0.66		0.56		0.57

Tabla 23: Evaluación de valor económico con respecto al diseño mecánico

Diseño Mecánico - Evaluación de Proyectos Valor Económico (Yi)							Informe de tesis	
Título: DISEÑO DE UN PROTOTIPO COSECHADORA DE CAFÉ CON UN SISTEMA DE VIBRACIÓN PARA LA RECOLECCION DE GRANOS ROJOS								
p: Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)								
0 = No satisface, 1 = Aceptable a medias, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (Ideal)								
g: Es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.								
Criterios de evaluación para diseños								
Variantes de Conceptos/Proyectos			Alternativa 01 (S1)		Alternativa 02 (S2)		Alternativa 03 (S3)	
Nº.	Criterios de Evaluación	G	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo de fabricación	4	2	8	2	8	2	8
2	Costo de materiales	3	3	9	1	3	2	6
3	Costo de mantenimiento	2	3	6	2	4	3	6
4	Consumo energético	3	2	6	0	0	3	9
5	Costo de capacitación	3	3	9	2	6	2	6
Puntaje máximo Σp o Σgp.		15		38		21		35
Valor Económico Yi				0.63		0.35		0.58

Tabla 24: Valores técnicos y económicos con relación a las alternativas propuestas

	Valor Técnico Xi	Valor Económico Yi
Alternativa 01 (S1)	0.66	0.63
Alternativa 02 (S2)	0.56	0.35
Alternativa 03 (S3)	0.57	0.58

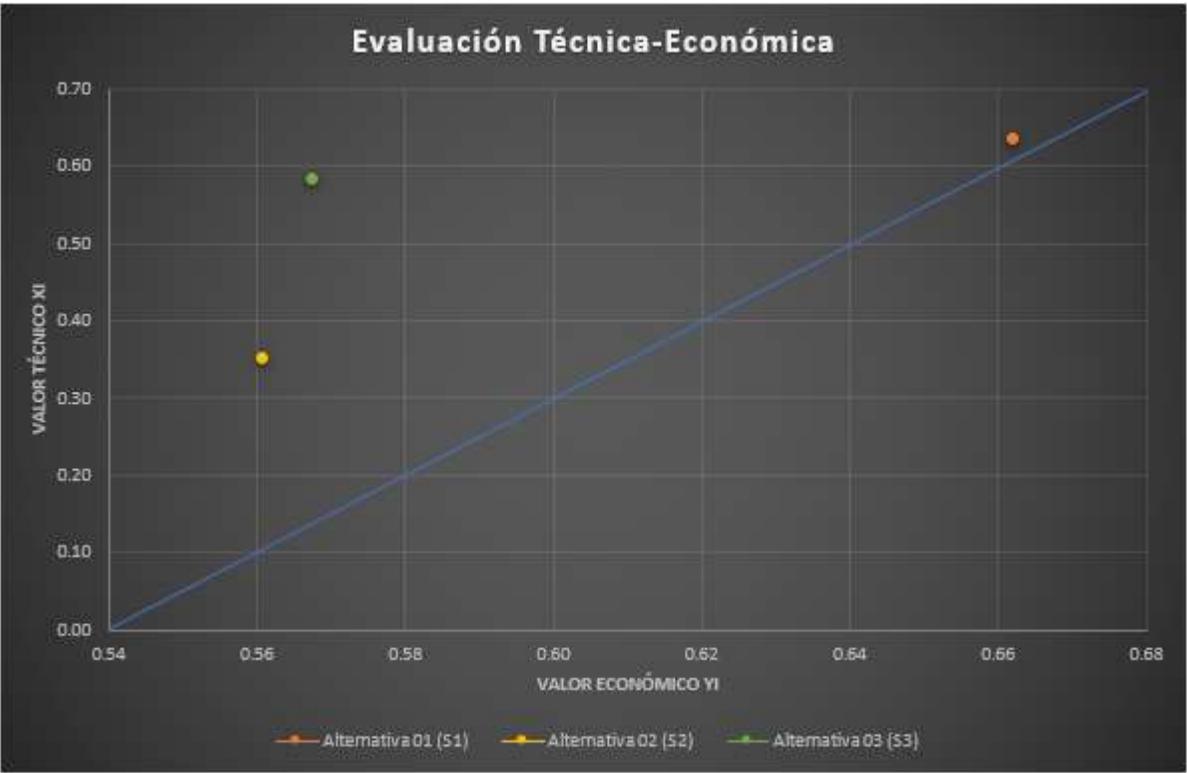


Ilustración 22: Relación o comparación del valor económico que existe entre ambas alternativas

c) Análisis:

El mercado de maquinaria agrícola en relación a las cosechadoras de café asistidas ha venido sugiriéndose desde hace algunos años atrás, esto se ha realizado debido al factor que se trata de la escases de mano de obra.

La recolección de café de manera manual es un proceso muy habitual en los cafetaleros, ya que es un método que ellos utilizan desde hace muchos años y hoy en día este factor es una de las causas por las que a los productores les está afectando en sus producciones.

Por ello es que debido a todo lo que está ocurriendo es que se están proponiendo equipos que sean de ayuda para el campesino agricultor, diseñando dispositivos que sean competentes y eficientes, llegando a generar mayor ingreso para los propietarios.

Por otro lado, podemos decir que estas máquinas podrán afectar la producción de otros productores, ya que las cooperativas que recién están empezando no tendrán manera de poder conseguir o comprar un equipo así entonces se estaría generando perdidas en producción para ellos. Este tipo de problema no solo puede ocurrir en un centro poblado, sino también se puede dar de manera nacional e internacional.

d) Discusión:

[15]. Se evaluaron lotes donde se podía observar la cantidad de café que se podía recolectar por cada hectárea, teniendo en cuenta que, al realizarlo de manera manual, la mayor parte de recolectores cosecha entre sus 6 quintales durante 1 día y con el dispositivo propuesto se desea cosechar un promedio de 9 a 10 quintales.

No sé a realizado el prototipo de la cosechadora en físico, pero por medio de otros dispositivos parecidos al propuesto se puede deducir que esta herramienta es efectiva ya que los resultados obtenidos por el dispositivo llamado RASELCA II, donde se realizaron evaluaciones fueron efectivas y se pudo comprobar que es útil para la cosecha de café

generando un rendimiento de 117,4% con 6,0% de frutos verdes que se encuentran en la masa cosechada.

Prueba	Eficiencia (kg/h)	Calidad VMC (%)	Pérdidas (%)	Eficacia (%)
1	41,2	10,4	18,7	87,2
2	32,4	12,4	16	83,9
3	40,8	8,5	7,9	91,2
4	35,1	7,1	8,3	91
Promedio	37,4	9,6	12,7	88,3

Ilustración 23: Pruebas realizadas con la herramienta cosechadora de café

Diseño y cálculo de sistemas principales

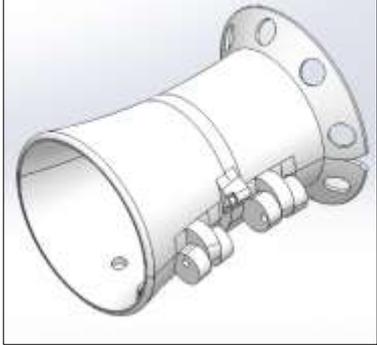
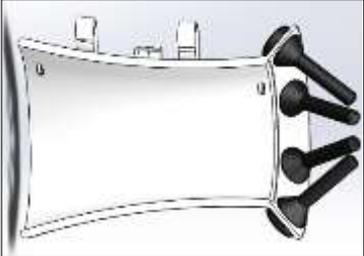
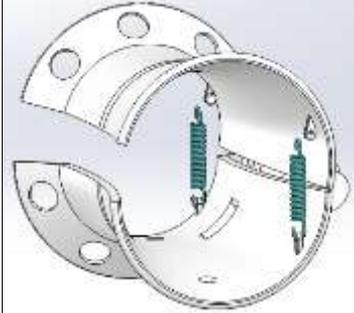
En esta sección de documento, se presentará todo lo correspondiente, al proceso de diseño mecánico, asistido por los cálculos matemáticos correspondientes, simulaciones y esquemas implementados para llegar al diseño final de la alternativa solución **N° 01**.

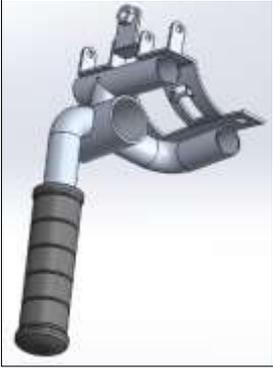
e) Definición componentes generales de diseño:

En primera instancia, es esencial definir a cabalidad los componentes con los que contará la herramienta de asistencia de cosecha de café que se diseñará, la base de este diseño parte de la lista exigencias y lo pre definido en la formulación de las alternativas de solución, sin dejar de lado la morfología propia de la planta de café y la distribución de los frutos a cosechar.

Con lo comentado, se procede a esquematizar cada parte que compone la herramienta de cosecha a fin de seguir la secuencia lógica implementada al momento de diseñar:

Tabla 25: Componentes del diseño

Ítem:	Imagen/Nombre:	Descripción:
1	 <p>Sistema de acople a rama</p>	<p>Sistema encargado de acoplarse a las ramas de la planta de café a fin de interactuar directamente con los frutos a ser cosechados.</p>
2	 <p>Componente de retención</p>	<p>Consta de unos dedos de hule, que asumen la función de capturar los frutos rojos desprendido a fin de canalizarlos a su interior evitando un desbordamiento del producto.</p>
3	 <p>Mecanismo de cierre</p>	<p>Sistema de resortes encargados de mantener el sistema de acople en estado de cierre.</p>
4	 <p>Mecanismo de apertura</p>	<p>Sistema de apertura de acople con tensor de cable tipo Brake.</p>

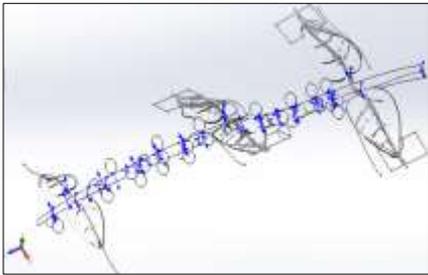
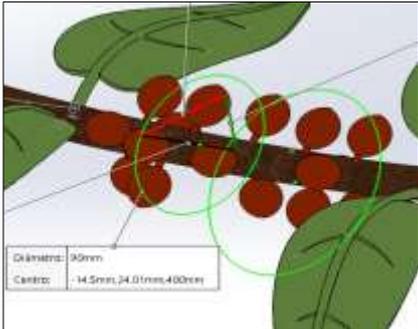
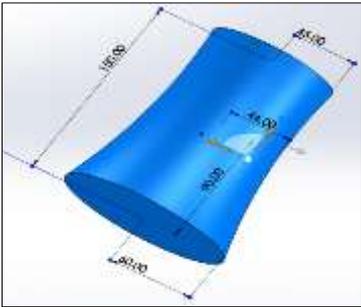
5	 <p style="text-align: center;">Sistema actuador</p>	<p>Actuador encargado de generar la vibración oscilante, por medio de un sistema de excéntrica y biela.</p>
6	 <p style="text-align: center;">Soporte estructural</p>	<p>Componente estructural que brinda rigidez a todo el sistema y permite integrar de manera armónica todos los subsistemas que conforman la herramienta para cosecha asistida de café.</p>

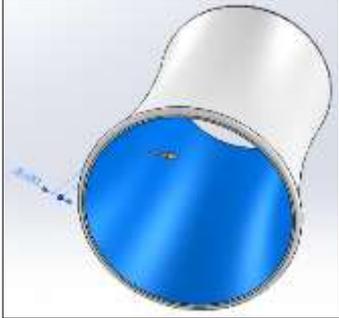
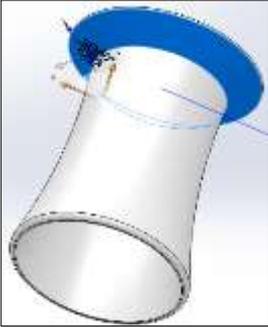
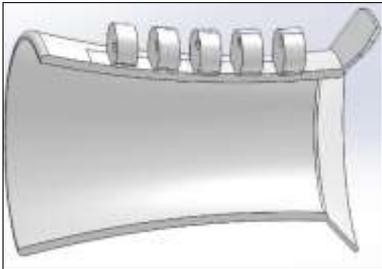
Diseño del sistema de acople:

El modelado parametrizado del sistema de acople, parte de la morfología propia de la planta a cosechar (Café), se buscó contar con un medio que no ocasione daños a la planta, que se adapte muy bien a su morfología y que su implementación no suponga un aumento en el tiempo de cosecha superior al tradicional.

- **Modelado 3D:** Se muestra a continuación en la tabla N° 25 el proceso técnico de modelado 3D, de manera secuencial.

Tabla 26: Diseño del sistema de acople

Modelado 3D del sistema de acople		
Proceso Técnico N°:	Imagen/Detalle	Descripción:
1.	 <p>Modelado tridimensional de rama de café.</p>	<p>Con los datos recabados en las visitas de campo y revisión de diversa bibliografía, el primer paso fue el modelado orgánico general de un tallo de café con frutos, diseño que permitió la toma de medidas relativamente similares a lo que se vería en la realidad durante una cosecha.</p>
2	 <p>Proyección de diámetros, según muestras tomadas en campo.</p>	<p>Proyectando una serie de circunferencias, que buscan obtener un valor aproximado del acople de la herramienta de cosecha asistida, se determinó que con diámetros de entre 90 y 120mm se puede generar un diseño que permita soltar los frutos rojos del tallo sin que a su vez suponga un daño a la planta, evitando arrancar de manera innecesarias sus hojas.</p>
3	 <p>Cuerpo base de acople.</p>	<p>La extrusión generada en el software CAD, SolidWorks, cumple con lo siguiente: Diámetro superior: 90mm. Diámetro inferior: 120mm Longitud total: 150mm</p>

4	 <p>Espesor de acople</p>	<p>Se procede a realizar un vaciado dejando un cuerpo con un espesor de 5mm, medida estimada para un funcionamiento con un largo periodo de vida.</p> <p><i>*Mas adelante en esta tesis se evaluará optimizar el diseño.</i></p>
5	 <p>Proyección para sistema de retención.</p>	<p>De manera adicional, se contempla agregar una proyección extra en el cuerpo del acople, este servirá para incorporar un siguiente sistema.</p>
6	 <p>Separación en dos partes y bisagra</p>	<p>Finalmente se divide el cuerpo del acople en dos y se coloca un sistema de bisagra, teniendo así un sistema de ajuste de dos partes para una adherencia precisa.</p>

Selección de material:

El material seleccionado para la fabricación de este componente es el Nylon por sus características mecánicas y de manufactura, puesto que su versatilidad al momento de ser moldeado va desde mecanizado por torno, hasta la fabricación completa por molde de inyección.

Tabla 27: Materiales asignados en SolidWorks

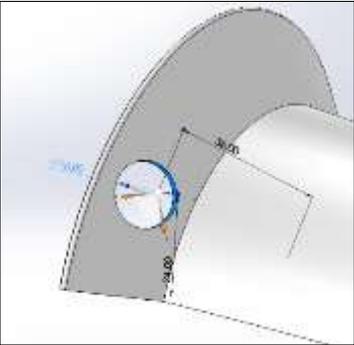
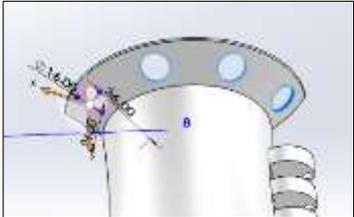
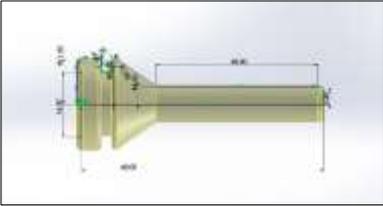
Nailon 6/10 – Material asignado en SolidWorks		
Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	8300	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.28	N/D
Módulo cortante	3200	N/mm ²
Densidad de masa	1400	kg/m ³
Límite de tracción	142.559	N/mm ²
Límite de compresión	-	N/mm ²
Límite elástico	139.043	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	3e-05	/K
Conductividad térmica	0.53	W/(m·K)
Calor específico	1500	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material	-	N/D

Diseño del componente de retención:

Para el modelado del componente encargado de la retención y apoyo en la cosecha de los frutos, se optó por seleccionar un medio con características elásticas, flexibles y de fácil adquisición en el mercado peruano, por eso se colocó al sistema de acople un espacio designado para la instalación de dedos de hule, usados generalmente en otros equipos mecánicos para desplumar aves sin dañar la piel de las mismas, por lo cual cumple con las condiciones ecológicas de cuidado al cultivo de café.

- **Modelado 3D:** Se muestra en la tabla N° 27 el proceso de modelado 3D, detallando el modo de montaje y características con las que debe contar el dedo de hule.

Tabla 28: Componentes de retención, trabajados en SolidWorks

Modelado 3D del componente de retención		
Proceso Técnico N°:	Imagen/Detalle	Descripción:
1.	 <p><i>Perforación inicial para dedo de hule</i></p>	Para la colocación de los dedos de hule en el espacio correspondiente se procede a realizar una serie de perforaciones ubicados según imagen con un diámetro de 16mm.
2	 <p><i>Perforaciones equidistantes</i></p>	Con ayuda de una matriz circular, de manera equidistante se realiza 3 perforaciones más, teniendo de esa manera 8 dedos de hule en todo el sistema de acople
3	 <p><i>Modelado 3d de dedo de hule</i></p>	El modelado de los dedos de hule se basó en presentaciones comerciales fáciles de adquirir en el Perú.
4	 <p><i>Montaje de sistema de retención.</i></p>	El acople en conjunto con el sistema de retención, darán las condiciones necesarias para un buen medio de cosecha hermético para los frutos rojos del café, impidiendo que estos terminen rebotando al exterior.

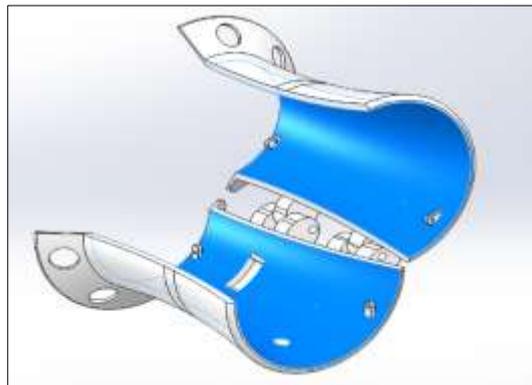
- **Detalle de tamaño seleccionado:**

Tabla 29: Dimensiones del dedo Hule

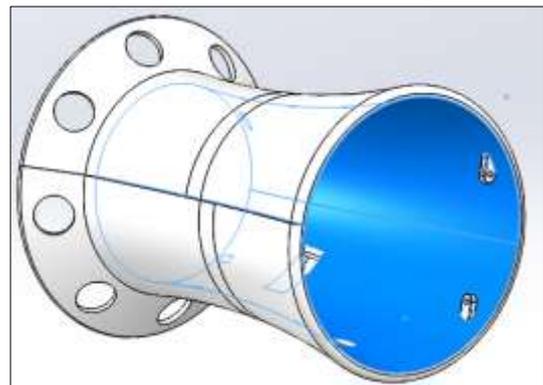
Imagen referencial:	Detalle:
	<ul style="list-style-type: none"> - Largo total: 60 mm - Diámetro de dedo: 6-10 mm - Longitud de dedo: 40 mm - Diámetro ranurado: 16 mm - Diámetro base: 20-22 mm

Diseño del mecanismo de cierre:

El sistema de acople propiamente dicho, no podía quedar como un cuerpo rígido único pues supone una complicación al momento de acoplarse a la rama de café para el correcto proceso de cosecha, con lo cual se diseñó usando un mecanismo de bisagra, quedando entonces por definir el estado del mismo (**Ver imagen 16**).



Normalmente abierto



Normalmente cerrado

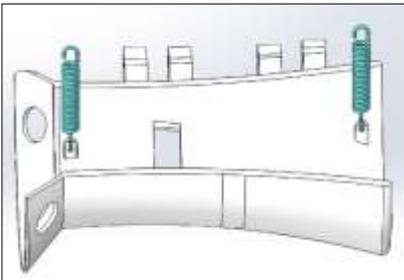
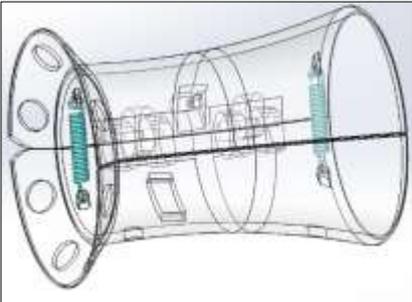
Ilustración 24: Muestra del mecanismo de abertura y cierre del acople. Fuente: Propia

De seleccionarse el estado normalmente abierto, significa que el operador al accionar el mecanismo, debe cerrarse y acoplarse a la rama, esto involucra que el mecanismo de accionamiento debe quedar oprimido en todo ese momento. Por el contrario, en la segunda

opción (normalmente cerrado), al darse el accionamiento de apertura, acoplarse a la rama y soltar el mecanismo de apertura, este queda perfectamente colocado alrededor de la rama de café sin suponer un gasto energético extra por parte del operador, con lo cual se encamina el diseño según este medio de operación.

- **Modelado 3D:** Se muestra en la tabla N° 29 el proceso de modelado 3D correspondiente.

Tabla 30: Mecanismo de cierre trabajado en SolidWorks

Modelado 3D del mecanismo de cierre		
Proceso Técnico N°:	Imagen/Detalle	Descripción:
1.	 <p style="text-align: center;">Resorte de tensión</p>	La selección de un resorte de tensión, es el indicado para ejercer la fuerza de cierre del acople, dejándolo por defecto en su estado normalmente cerrado. La fuerza que este debe ejercer, será calculada en apartados posteriores de este documento.
2	 <p style="text-align: center;">ubicación de resortes (2) de tensión.</p>	Para este diseño específico se optó por acomodar dos de estos resortes de tensión ubicados como se muestra en la figura de la izquierda, estos se enganchan perfectamente mediante unos soportes diseñados en el cuerpo de los acoples.
3	 <p style="text-align: center;">ubicación de resortes al interior del acople</p>	La ubicación al interior del acople no supone un estorbo para el correcto funcionamiento de la herramienta de cosecha.

Detalle del resorte de tensión seleccionado:

Con ayuda del catálogo de resortes “LEE SPRING” en su apartado de resortes de extensión de grado instrumental tenemos los siguiente:

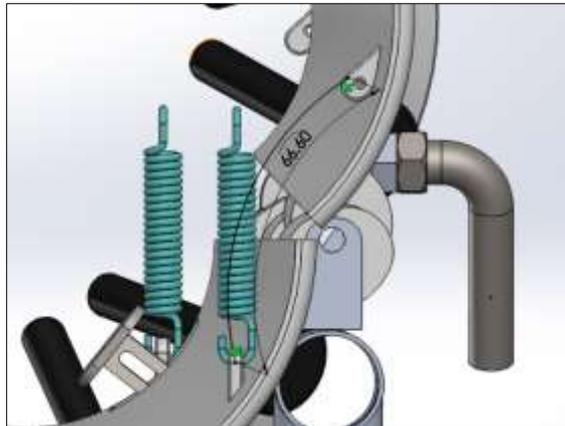
NUMERO DE PARTE LEE	DIAMETRO EXTERIOR		DIAMETRO DEL ALAMBRE		CARGA MAXIMA		TENSION INICIAL		LONGITUD SIN CARGA		CONSTANTE		LONGITUD MAXIMA		GRUPO DE PRECIO		
	PULG.	MM	PULG.	MM	LBS.	KG	LBS.	KG	PULG.	MM	LBS/PULG.	KG/MM	PULG.	MM	M	S	
EI 009AA 01									0.250	6.35	2.221	.040	0.477	12.12	K	L	
EI 009AA 02									0.313	7.95	1.459	.026	0.659	16.74	K	L	
EI 009AA 03									0.375	9.53	1.091	.019	0.838	21.29	K	L	
EI 009AA 04	.078	1.98	.009	.23	.56	.252	.050	.023	0.438	11.13	0.869	.016	1.020	25.91	K	L	
EI 009AA 05									0.500	12.70	0.723	.013	1.198	30.43	K	L	
EI 009AA 06									0.625	15.88	0.541	.010	1.559	39.60	K	L	
EI 009AA 07			**VER NOTA EN PAG. 3 SOBRE PLATINADO							0.750	19.05	0.432	.008	1.919	48.74	K	L
EI 009AA 08									0.875	22.23	0.360	.006	2.280	57.91	K	L	
EI 011AA 01									0.250	6.35	6.302	.113	0.399	10.13	K	L	
EI 011AA 02									0.313	7.95	4.209	.075	0.536	13.61	K	L	
EI 011AA 03									0.375	9.53	3.173	.057	0.671	17.04	K	L	
EI 011AA 04	.078	1.98	.011	.28	1.03	.467	.090	.041	0.438	11.13	2.538	.045	0.808	20.52	K	L	
EI 011AA 05									0.500	12.70	2.120	.038	0.943	23.95	K	L	
EI 011AA 06									0.625	15.88	1.592	.028	1.216	30.89	K	L	
EI 011AA 07									0.750	19.05	1.274	.023	1.488	37.80	K	L	
EI 011AA 08			**VER NOTA EN PAG. 3 SOBRE PLATINADO							0.875	22.23	1.062	.019	1.760	44.70	K	L
EI 010B 01									0.375	9.53	1.200	.021	0.835	21.21	K	L	
EI 010B 02									0.438	11.13	0.940	.017	1.028	26.11	K	L	
EI 010B 03									0.500	12.70	0.760	.014	1.220	30.99	K	L	
EI 010B 04	.094	2.39	.010	.25	.60	.272	.050	.023	0.625	15.88	0.560	.010	1.605	40.77	K	L	
EI 010B 05									0.750	19.05	0.440	.008	2.000	50.80	K	L	
EI 010B 06									0.875	22.23	0.360	.006	2.405	61.09	K	L	
EI 010B 07			**VER NOTA EN PAG. 3 SOBRE PLATINADO							1.000	25.40	0.310	.006	2.770	70.36	K	L
EI 011B 01									0.375	9.53	2.000	.036	0.745	18.92	K	L	
EI 011B 02									0.438	11.13	1.530	.027	0.918	23.32	K	L	

Ilustración 25: características para seleccionar el resorte

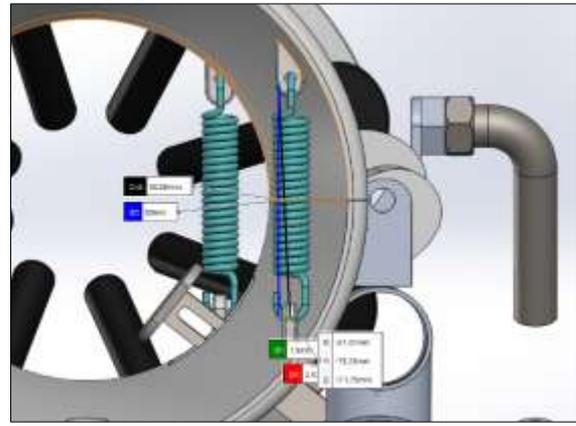
Donde el resorte con código EI 010B07 tiene las siguientes características:

- Longitud máxima: 70.36mm
- Longitud de reposo o sin carga: 25.4mm
- Carga máxima: 0.272 kg
- Diámetro exterior: 2.339mm
- Constante de carga: 0.006 kg/mm

Estas características corresponden a lo necesario para el correcto funcionamiento del sistema, donde se tiene los siguientes datos:



Longitud máxima de 66.6mm



Longitud de reposo de 50.0mm

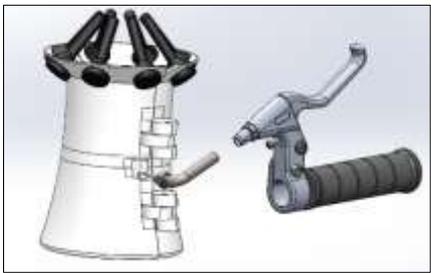
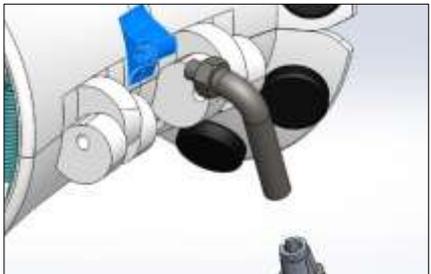
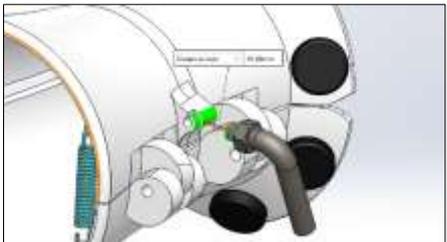
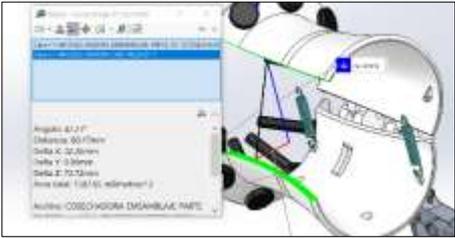
Ilustración 26: Longitudes de estiramiento y estado de reposo del resorte. Fuente: Propia

Diseño del mecanismo de apertura:

Como se comentó en el anterior apartado, ahora toca plasmar en diseño el mecanismo que acciona la apertura del acople, para ello se toma en consideración el mejor punto de apoyo para colocar el templador con la finalidad de tener un buen rango de apertura de la bisagra. Así mismo, se visualiza la ergonomía de uso del mismo, el detalle de diseño se visualiza a continuación.

- **Modelado 3D:** En la tabla N° 30 se presenta el proceso de modelado 3D del mecanismo de apertura.

Tabla 31: Mecanismo de apertura trabajado en SolidWorks

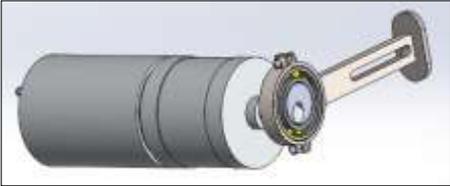
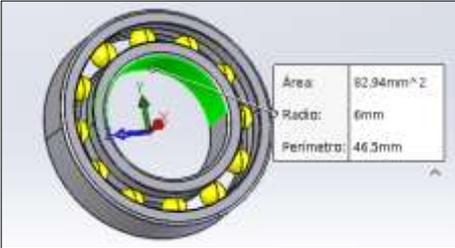
Modelado 3D del mecanismo de apertura		
Proceso Técnico N°:	Imagen/Detalle	Descripción:
1.	 <p>Mecanismo de apertura tipo brake</p>	<p>El mecanismo de apertura instalado para el sistema, corresponde a un mecanismo tipo Brake, que básicamente consta de un sistema de tensión por cable de acero.</p>
2	 <p>Soporte para sujeción de cable tensor</p>	<p>En la imagen, lo seleccionado de azul corresponde al diseño generado a fin de sujetar el cable de acero al cuerpo superior del acople tipo bisagra.</p> <p>Este se encuentra reforzado para que soporte la tensión ejercida y vencer la fuerza de los resortes de cierre.</p>
3	 <p>Rango de movimiento de bisagra.</p>	<p>El rango de movimiento es de apenas 15mm, con lo cual se garantiza una buena apertura del acople.</p>
4	 <p>Rango de apertura de acople</p>	<p>El ángulo de apertura estimado del acople es de aproximadamente 50°.</p>

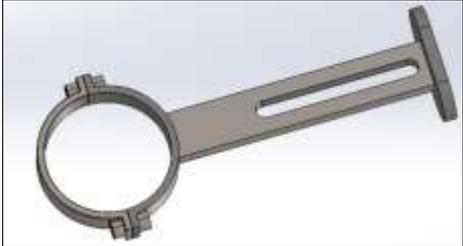
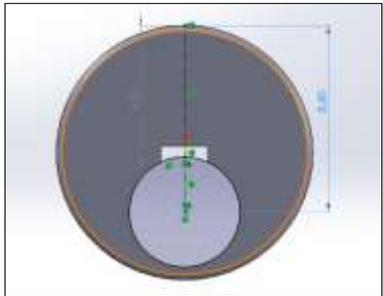
Diseño del sistema actuador:

Como parte de la propuesta de alternativa solución ganadora, y dentro del marco teórico recabado, se constata la necesidad de contar con un sistema que facilite el desprendimiento de los frutos a cosechar, en este caso un sistema de vibración excéntrico, que denominamos actuador, cuya finalidad es transmitir movimiento cíclico a la rama con el fin de derribar los frutos maduros de café por fatiga.

- **Modelado 3D:** Se muestra en la tabla N° 31 el proceso de modelado 3D del actuador.

Tabla 32: Sistema actuador trabajado en SolidWorks

Modelado 3D del sistema actuador		
Proceso Técnico N°:	Imagen/Detalle	Descripción:
1.	 <p style="text-align: center;">Sistema actuador</p>	El sistema actuador cuenta de un motor electrico pequeño, un sistema excéntrico y una biela con un carril.
2	 <p style="text-align: center;">Motor eléctrico de 12V</p>	El motor eléctrico a implementar es uno de 12v, incorporando un sistema reductor de velocidad según selección.
3	 <p style="text-align: center;">Rodamiento SKF</p>	El rodamiento utilizado para este diseño corresponde a uno de 12 mm de diámetro interior y es un modelo seleccionado de la biblioteca que ofrece SKF con designación 61801.

<p>4</p>	 <p>Sistema de biela ranurada</p>	<p>Este sistema de biela, se acopla idealmente al rodamiento, y posee una extensión ranurada a fin de tener un carril con un movimiento lineal para canalizar la vibración del proceso de rotación excéntrico.</p>
<p>5</p>	 <p>Eje de acople tipo excéntrico</p>	<p>El desfase de la excéntrica corresponde a 8.8mm. con un diámetro de eje de 5mm.</p>

- **Detalles técnicos del motor y el rodamiento:**

El motor eléctrico seleccionado corresponde a lo siguiente:

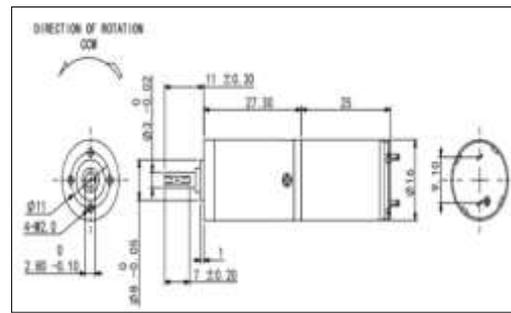


Ilustración 27: Motor seleccionado para el prototipo

Teniendo a disposición la siguiente selección (Motor y reductor)

Motor Technical Data											
Motor Model	Rated voltage	No-load speed	No-load current	Rated speed	Rated torque	Rated current	Stall torque	Stall current			
	VDC	r/min	mA	r/min	g. cm	mA	g. cm	A			
BLC1625-001	4.5	7760	25	6300	20	400	110.0	2.10			
BLC1625-005	5.0	8260	25	6800	20	400	120.0	2.20			
BLC1625-008	6.0	6400	10	5300	15	180	90.0	1.10			
BLC1625-011	12.0	10000	15	8900	21	200	170.0	1.70			

Gear motor Technical Data		DC motor with gearbox: BLCG1625-002-12V										
Reduction ratio		14	19.2	29.1	52.7	84.3	157.4	197.7	369.7	741.5	850.3	1621
Gearbox length	mm	20	20	20	23.6	23.6	23.6	27.3	27.3	31.0	27.3	31.0
No-load speed	rps	710	520	335	190	110	60	50	27	13	11	6
Rated speed	rps	630	460	300	160	100	56	45	24	12	10	5.5
Rated torque	g. cm	0.28	0.38	0.58	1.05	1.69	3.15	3.95	7.39	14.83	17.01	32.42
Max. momentary tolerance torque	g. cm	1.40	2.20	3.20	6.00	10.00	18.00	23.00	43.00	80.00	100.00	120.00

Ilustración 28: Características para la selección del motor eléctrico

Con lo cual tenemos un motor eléctrico de corriente continua de 12V a 10 mil r/min, al cual se le acopla un sistema reductor, con una ratio de reducción de 52.7 revoluciones, teniendo así una salida de:

$$rpm_{salida} = \frac{10000}{52.7}$$

$$rpm_{salida} = 189.7 \approx 190$$

Respecto al rodamiento seleccionado tenemos que se utilizó el catálogo propuesto por la marca SKF:

Esta sección:
TABLA DE PRODUCTOS

Designación	Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Velocidades nominales		
	d [mm]	T _d	D [mm]	B [mm]	dinámica: C [kN]	estática: C ₀ [kN]	Velocidad de referencia [1/min]	Velocidad límite [1/min]
6001-ZSL	12		28	8	5,4	2,36	60 000	30 000
6001-ZZ	12		28	8	5,4	2,36	60 000	30 000
6001-RSH	12		28	8	5,4	2,36		17 000
6001-RSL	12		28	8	5,4	2,36	60 000	36 000
6001-Z	12		28	8	5,4	2,36	60 000	36 000
61801	12		21	5	1,74	0,925	70 000	43 000
61801-ZSL	12		21	5	1,74	0,925		20 000
61801-ZZ	12		21	5	1,74	0,925	70 000	36 000
61901	12		24	6	2,91	1,46	67 000	40 000
61901-ZSL	12		24	6	2,91	1,46		19 000

Ilustración 29: Características para la selección del rodamiento

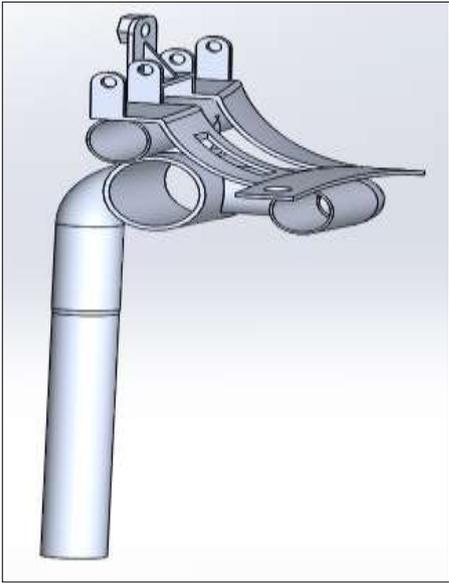
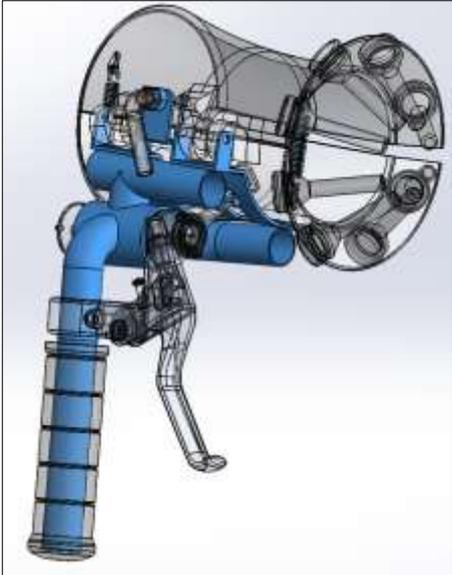
Seleccionado el rodamiento con la designación skf-61801 de 12mm de diámetro interior y 21mm de diámetro exterior, con una relación de revoluciones muy por encima de las necesarias para este diseño, garantizando el buen funcionamiento y larga duración del componente.

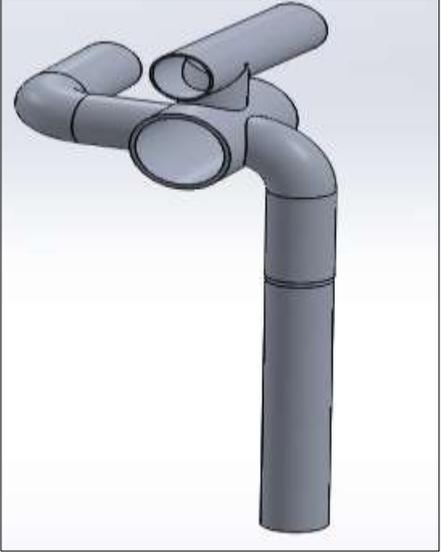
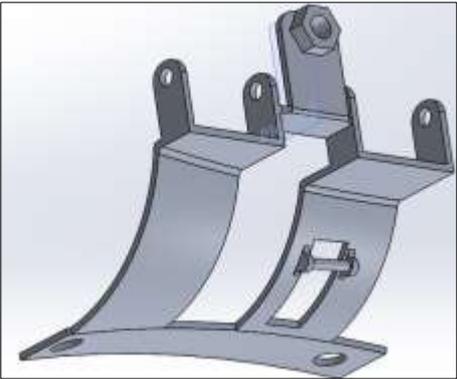
Diseño del soporte estructural:

Su finalidad es integrar de manera conjunta y sinérgica cada subsistema mencionado, otorgando maniobrabilidad y libre funcionamiento del equipo.

- **Modelado 3D:** El proceso de modelado 3D se muestra en la tabla N° 32

Tabla 33: Soporte estructural al trabajado en SolidWorks

Modelado 3D del soporte estructural		
Proceso Técnico N°:	Imagen/Detalle	Descripción:
1.	 <p style="text-align: center;">soporte estructural</p>	<p>El soporte estructural corresponde, a una estructura tubular, junto a otra estructura laminar soldada, cuya principal función es la de acoplar de manera organizada y funcional todos los subsistemas mencionados con anterioridad a fin de lograr el correcto uso de los diseños, y evaluando la maniobrabilidad y ergonomía al momento de accionar dichos sistemas.</p>
2	 <p style="text-align: center;">Detalle de soporte en herramienta de cosecha</p>	<p>Como se puede apreciar en la imagen de la izquierda, el soporte, permite la correcta adecuación del sistema tensor de apertura y cierre del acople, de manera ergonómica para el usuario y también hace de base fija para la parte inferior del acople y el actuador de vibración.</p>

<p>3</p>	 <p>Parte de soporte en estructura tubular</p>	<p>Este apartado corresponde al chasis titular de la herramienta, su característica principal es la de dar rigidez estructural, pero sin aumentar el peso desproporcionalmente, con lo cual se selecciona aluminio para su fabricación.</p>
<p>4</p>	 <p>Parte de soporte en estructura laminar</p>	<p>De igual forma el chasis laminar encargado de soportar de manera precisa el cuerpo del acople, se evalúa fabricarlo en aluminio, por su ligereza y buena versatilidad de manipulación.</p>

Discusión:

En su informe de investigación [16], menciona que para poder realizar un diseño mecánico eléctrico ha trabajado con medidas geométricas relacionadas con el café, entonces para realizar dicho diseño ha tenido que tener en cuenta una serie de estructuras:

- Diseño de la parte externa de la herramienta
- Selección del actuador
- Diseño de brazo del actuador
- Diseño de soporte de la herramienta
- Selección de baterías

- Diseño de los acoples del eje de guadañadora

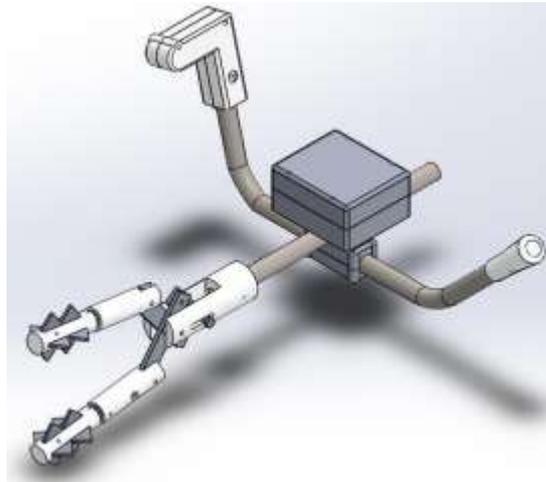


Ilustración 30: Diseño de la estructura del prototipo

Calculo y simulación de cargas asociadas

Este apartado lo conforman los cálculos matemáticos y simulaciones necesarias para validar el diseño propuesto, obteniendo deformaciones máximas, coeficientes de Von Mises y factores de seguridad de los distintos apartados que componen este diseño.

Análisis zona de bisagra

Para el análisis de fuerza en bisagra se toma las siguientes consideraciones:

Peso del acople: 170.34g

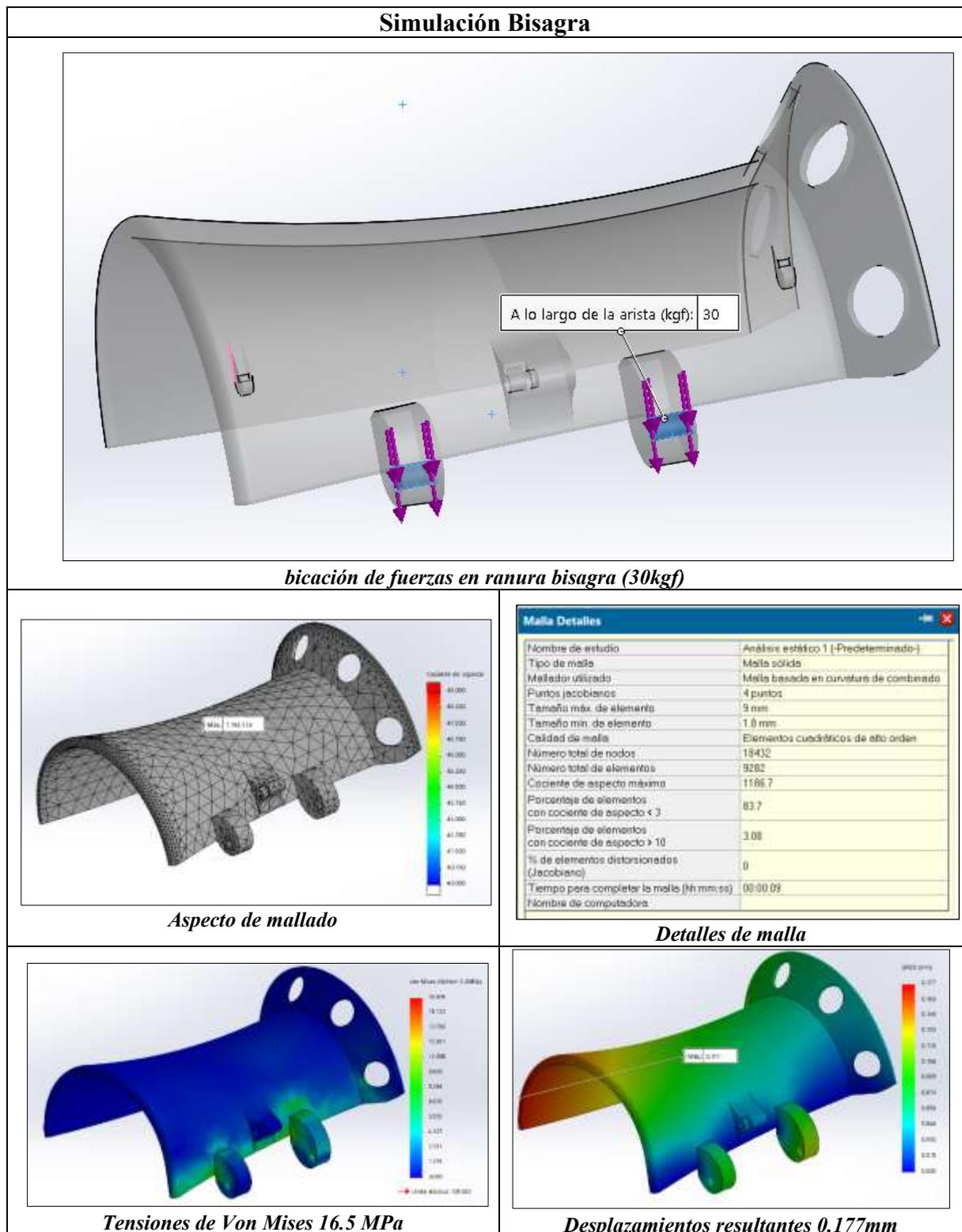
Material: Nailon 6/10

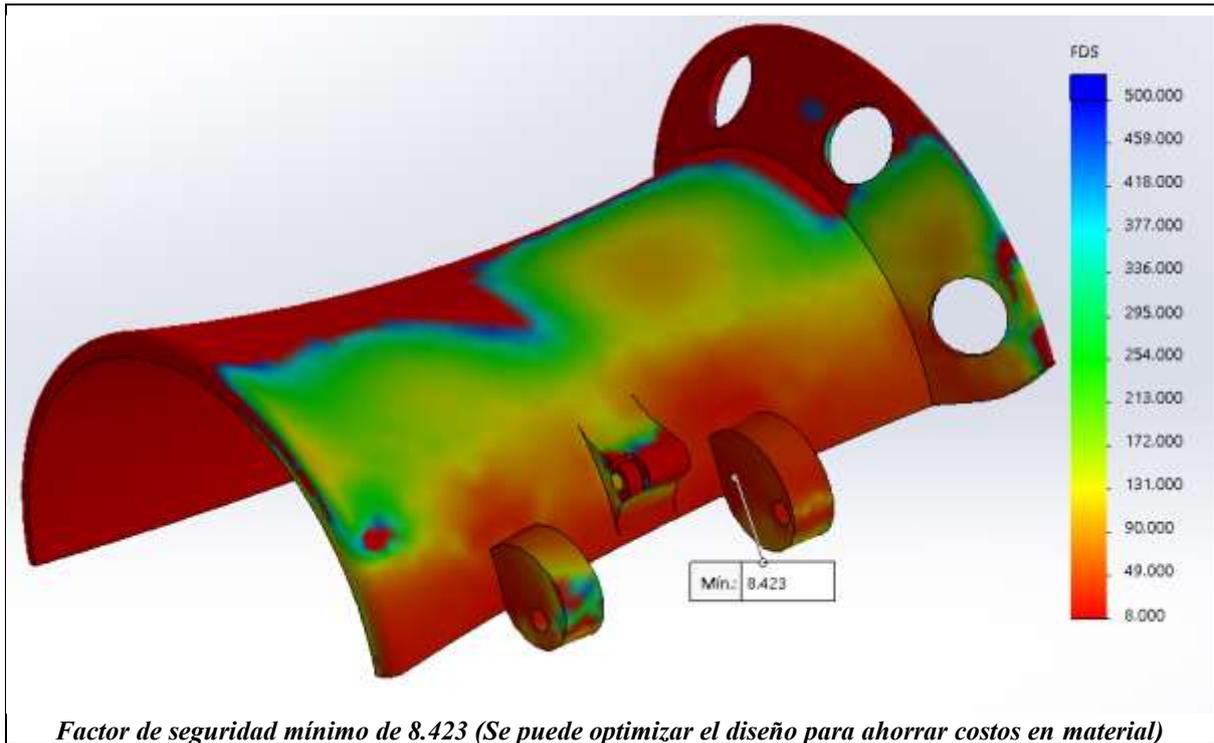
Carga estimada en simulación: 30 kgf.

****La carga simulada, supone una situación de operación en donde se asume algún atascamiento durante la cosecha y el operador ponga una presión excesiva sobre este componente, obviamente por las características del equipo este tiende a desacoplarse si se supera la fuerza de los resortes más sin embargo se consideró tomar en cuenta condiciones sobredimensionadas.***

SIMULACIÓN

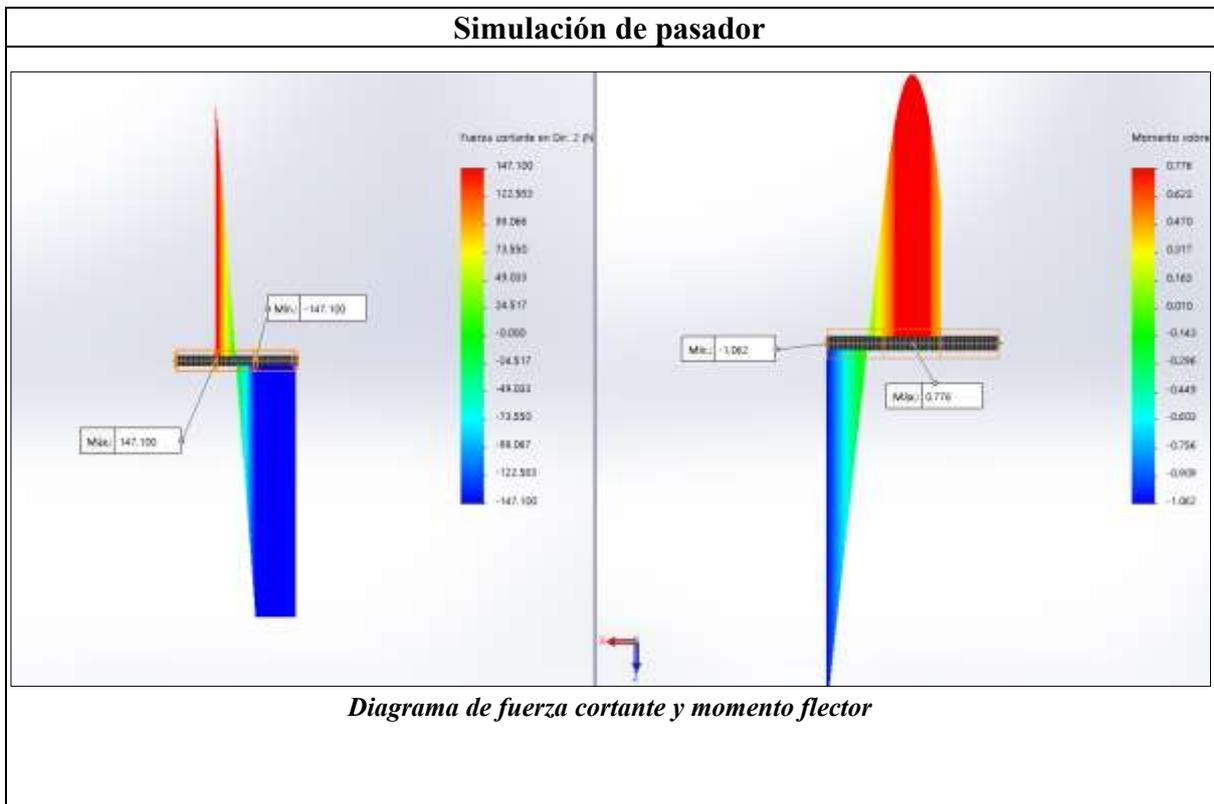
Tabla 34: Simulación de bisagra trabajada en SolidWorks

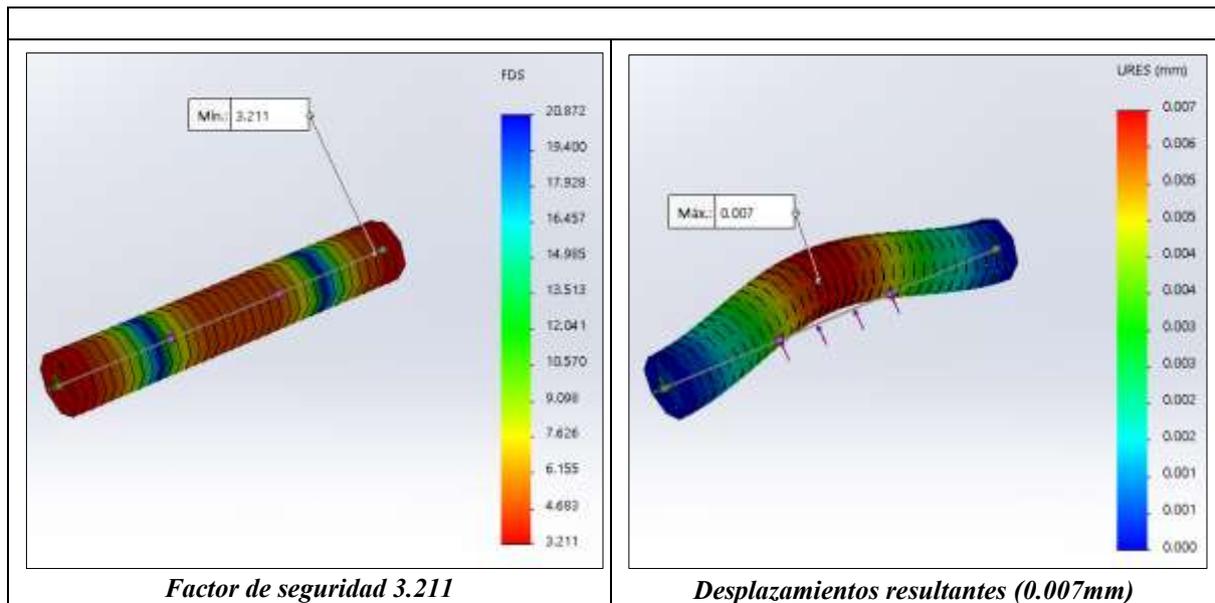




Un detalle adicional que no se puede pasar por alto es el cálculo de momento flector y cortante del pasador que conforma el sistema de bisagra, simulado a continuación:

Tabla 35: Simulación del pasador trabajado en SolidWorks





Material selecciona es acero estructural ASTM A36, por su resistencia mecánica y su fácil adquisición.

Análisis zona de resortes

Las condiciones iniciales para esta simulación las brinda el detalle técnico recabado en la selección del resorte a implementar, teniendo así lo siguiente:

- Longitud máxima: 70.36mm
- Longitud de reposo o sin carga: 25.4mm
- Carga máxima: 0.272 kg
- Diámetro exterior: 2.339mm
- Constante de carga: 0.006 kg/mm

Donde en el punto máximo de apertura tendremos una tensión, en el punto de apoyo, igual a 0.272 kg y en el punto de reposo, se verá lo siguiente:

Longitud de punto de reposo:

$$Longitud_{Reposo} = 50mm$$

Entonces fuerza en reposo_

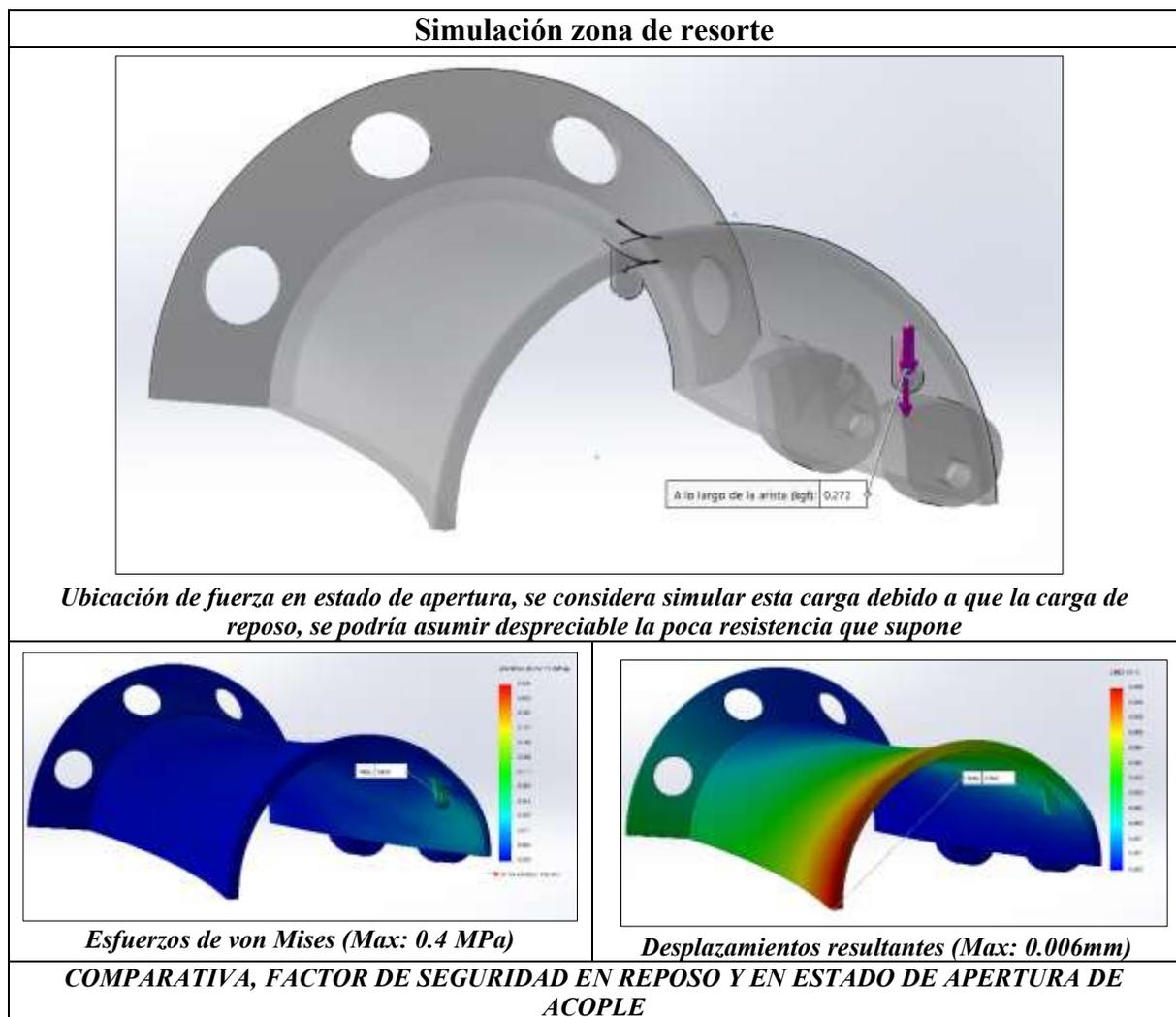
$$F_{Reposo} = (50\text{mm} - 25.4\text{mm}) * \text{constante de carga}$$

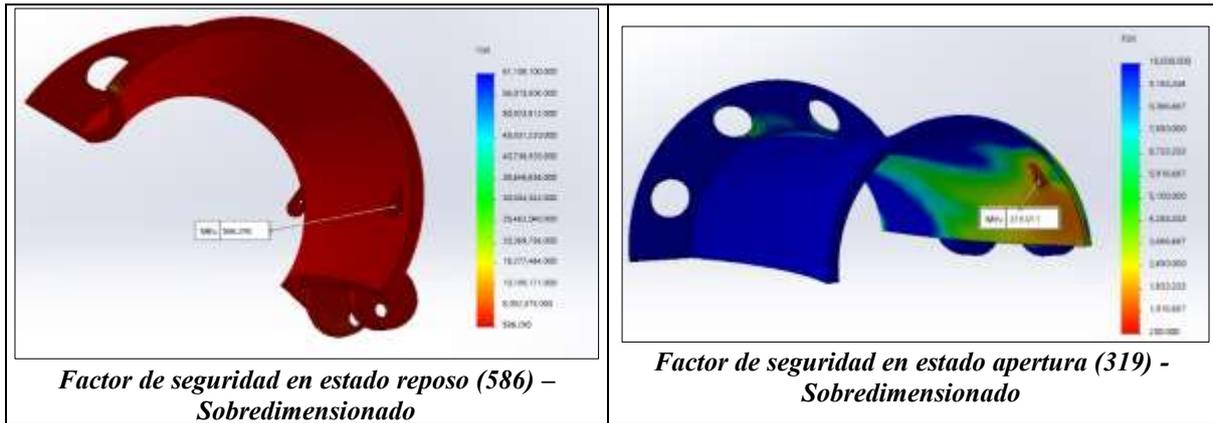
$$F_{Reposo} = 24.6\text{mm} * 0.006 \text{ kg/mm}$$

$$F_{Reposo} = 0.148 \text{ kgf}$$

Simulación:

Tabla 36: Simulación del resorte trabajando en SolidWorks



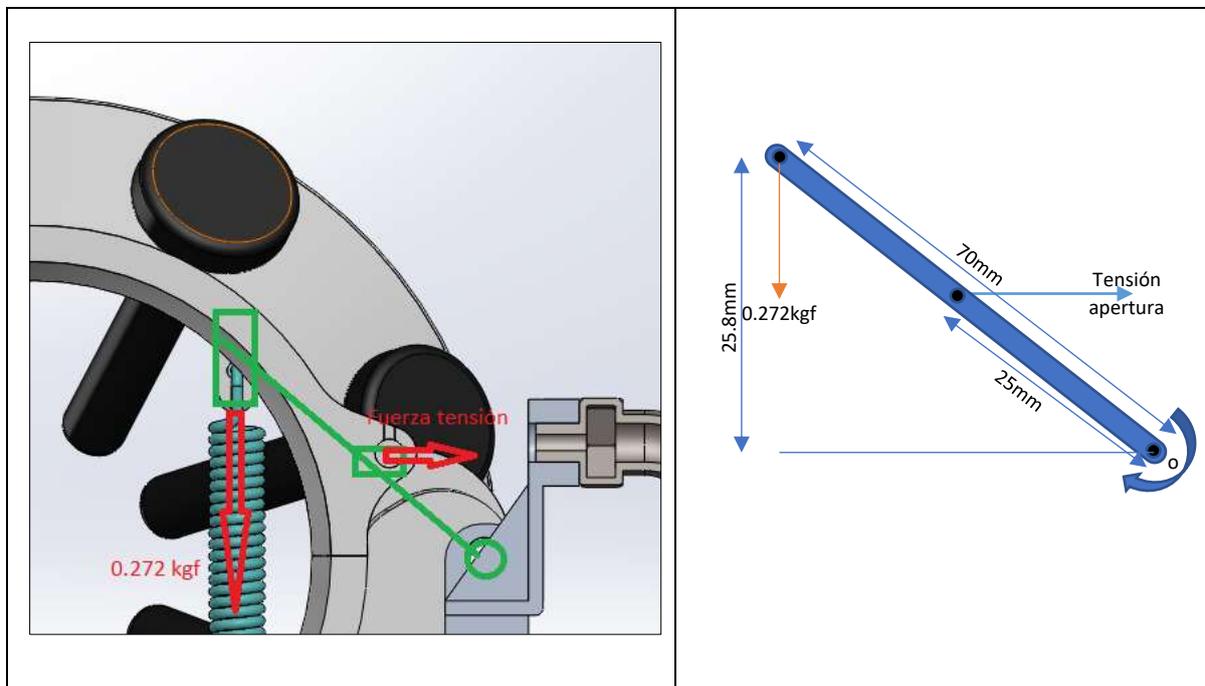


Análisis punto de apoyo para apertura:

Para la simulación de carga que tiene que soportar el punto de apoyo para el cable de tensión de accionamiento tipo Brake, es necesario calcular fuerza que ha de superar para realizar la apertura correspondiente, teniendo lo siguiente:

D.C.L.

Tabla 37: Análisis del punto de apoyo en la apertura



Según el diagrama de cuerpo libre presentado se puede calcular la fuerza estática necesaria para mantener un estado equilibrio, con ello partimos de que la sumatoria de momentos será igual a 0.

$$\sum \text{Momentos} = 0$$

Cálculo del Angulo:

$$\sin \alpha = 25.8\text{mm}/70\text{mm}$$

$$\alpha = \sin^{-1}(25.8\text{mm}/70\text{mm})$$

$$\alpha = 21.63^\circ$$

Despejamos las fuerzas resultantes de la fuerza del resorte (0.272kgf), para ubicarla de manera perpendicular y hallar el momento 1:

$$F_{r1} = 0.272\text{k gf} \cos(21.63)$$

$$F_{r1} = 0.253 \text{ kgf}$$

Entonces:

$$M_1 = F_{r1} * D$$

$$M_1 = 0.253 \text{ kgf} * 70\text{mm}$$

$$M_1 = 17.7 \text{ kgf} * \text{mm}$$

Calculado el momento M1, se procede a hacer la misma operación en el punto de fuerza de tensión.

Tenemos que:

$$F_{\text{tensión}} = F_t * \cos(68.37)$$

Entonces:

$$F_t * \cos(68.37) * 25 = M_1$$

$$F_t * \cos(68.37) * 25 = 17.7$$

$$F_t = 1.91\text{kgf}$$

Se toma en consideración que son dos resortes, por lo tanto:

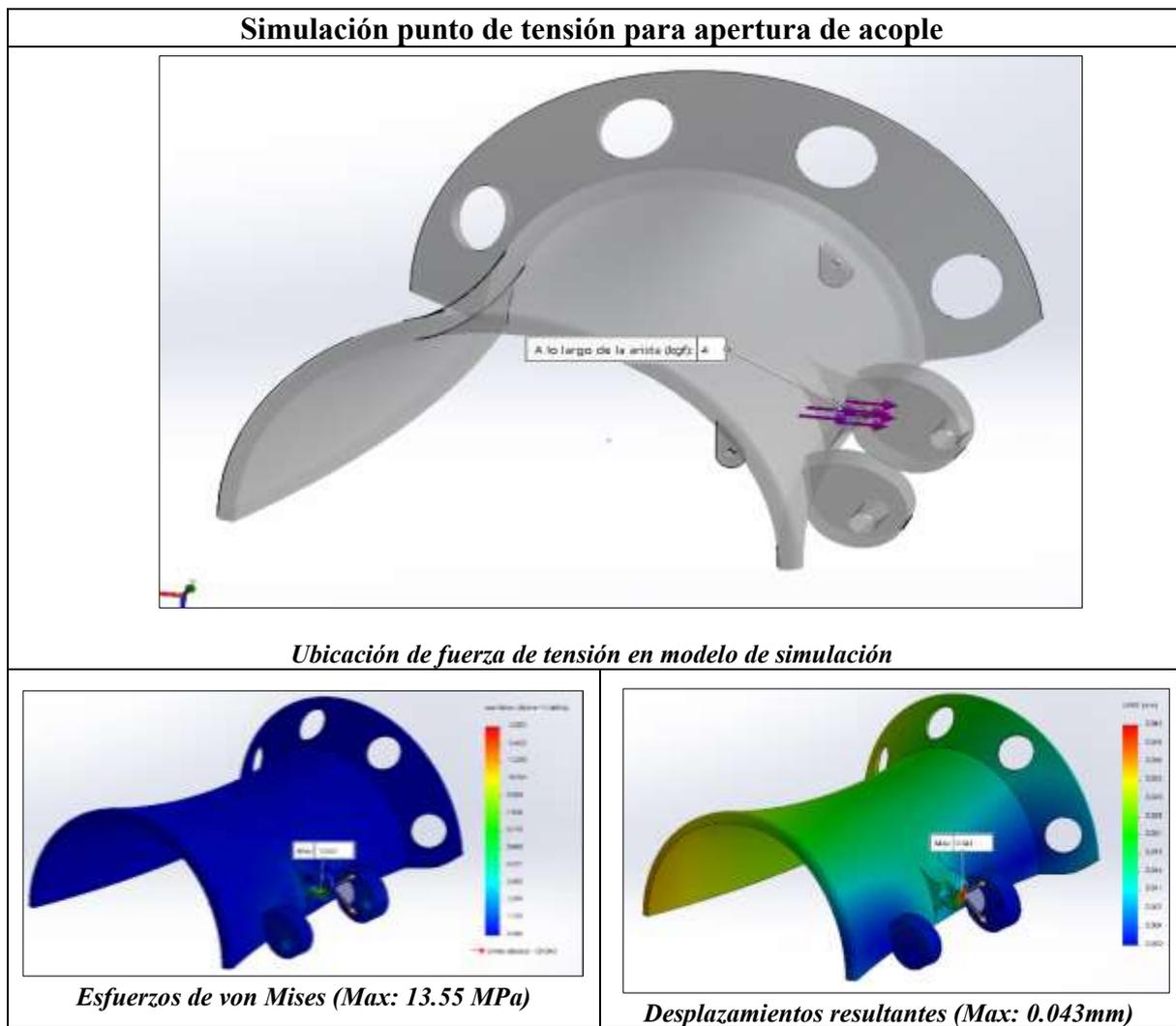
$$F_{tensión} = F_t * 2$$

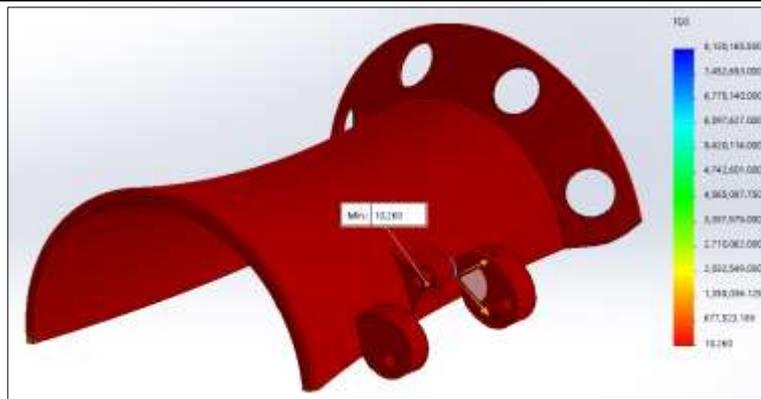
$$F_{tensión} = 1.91 \text{ kgf} * 2$$

$$F_{tensión} = 3.82 \text{ kgf} \approx 4.0 \text{ kgf}$$

Simulación:

Tabla 38: Simulación en la apertura del acople





Factor de seguridad en zona de tensión (10) – se considera una zona de alto trabajo, por lo cual es necesario contar con un valor elevado de factor de seguridad evitando problemas futuros ante una fractura por fatiga

Análisis biela de actuador:

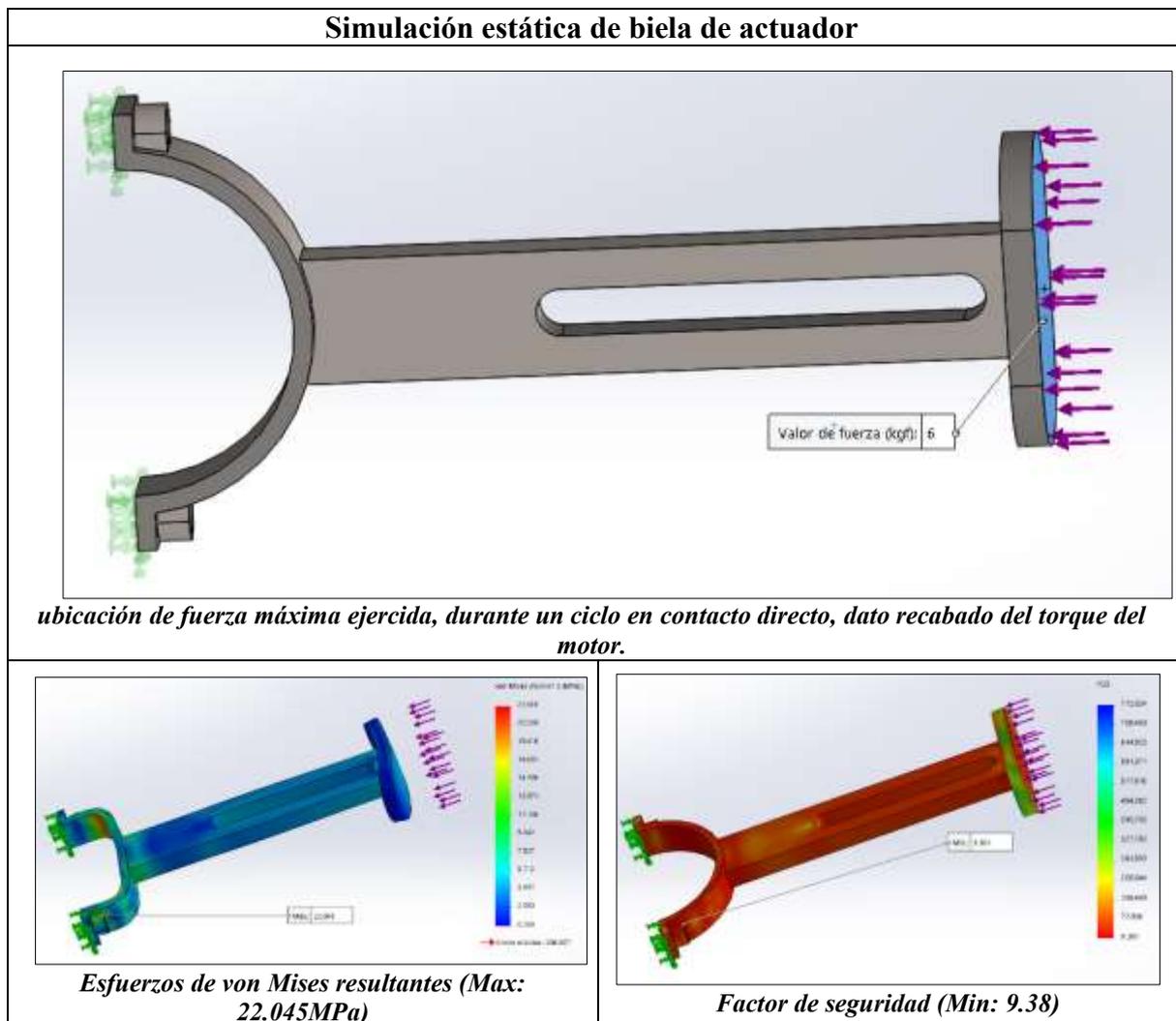
Según los datos recabados y las fichas técnicas de los equipos y partes seleccionadas tenemos los siguientes datos.

- Revolución por minuto del motor: 190

Es decir, un aproximado de 3 ciclos por segundo, así mismo se contempla un rango de movimiento lineal de la biela de 5.52mm y como detalle adicional el motor genera un torque de 6kg*cm.

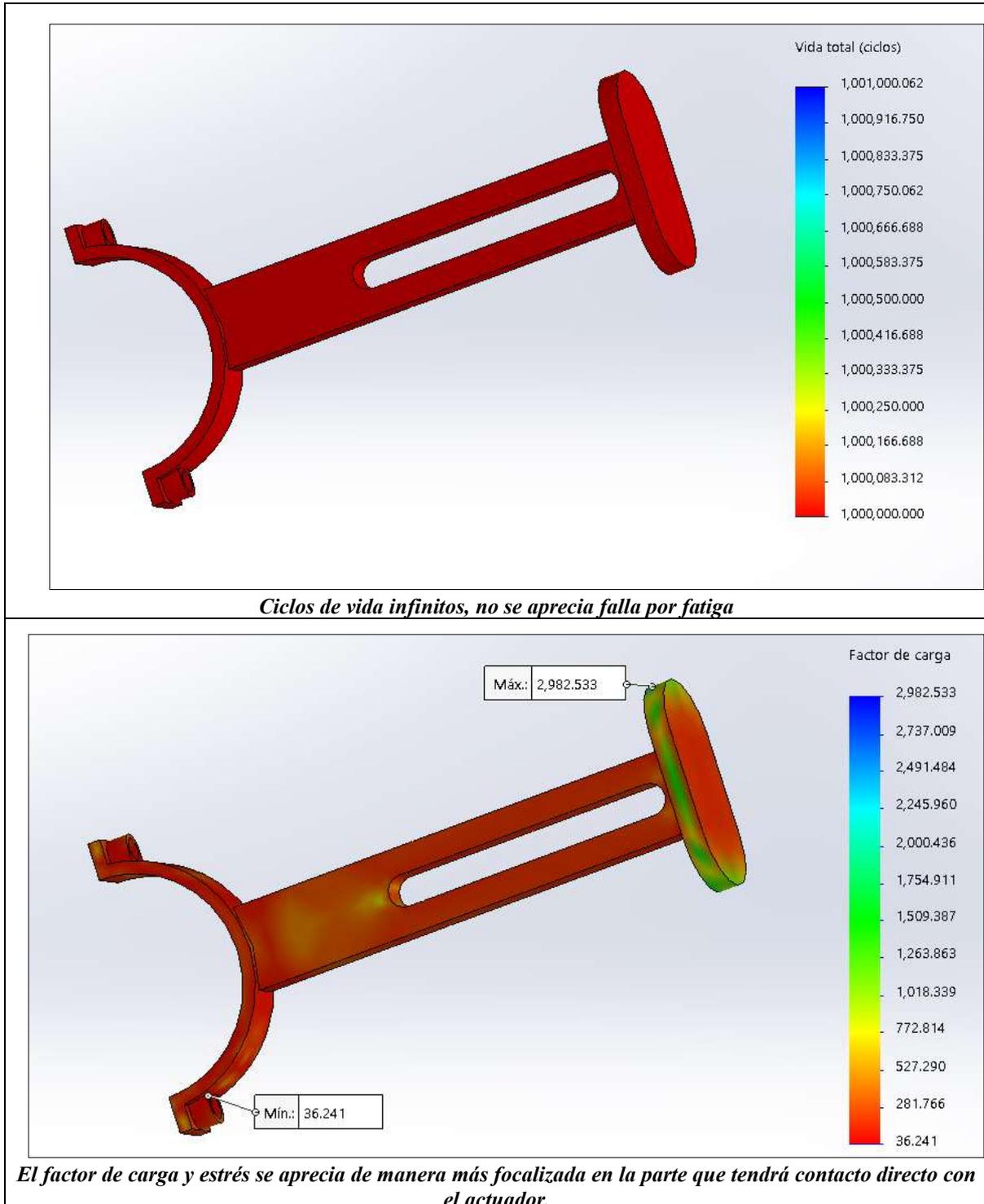
Simulación estática:

Tabla 39: Simulación de la biela (Actuador)



Simulación fatiga:

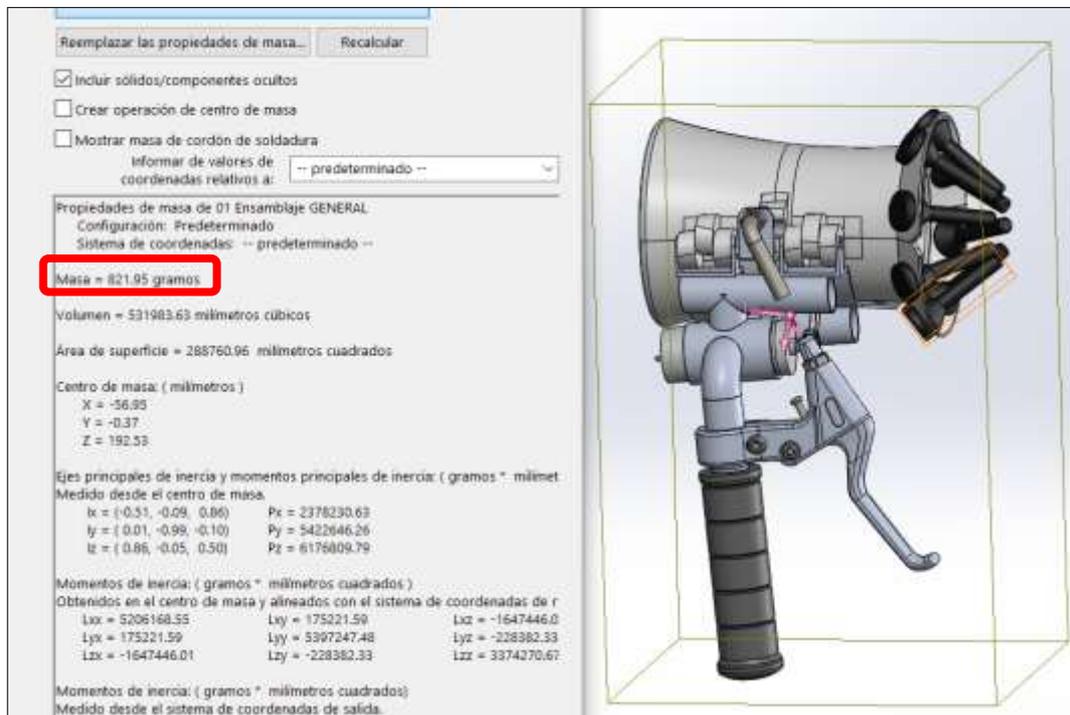
Tabla 40: Simulación de fatiga en el actuador



Análisis soporte estructural:

Como es el encargado de soportar todos los componentes, su carga principal es el peso mismo multiplicado por un factor de trabajo que asumiremos como una carga 3 veces la nominal.

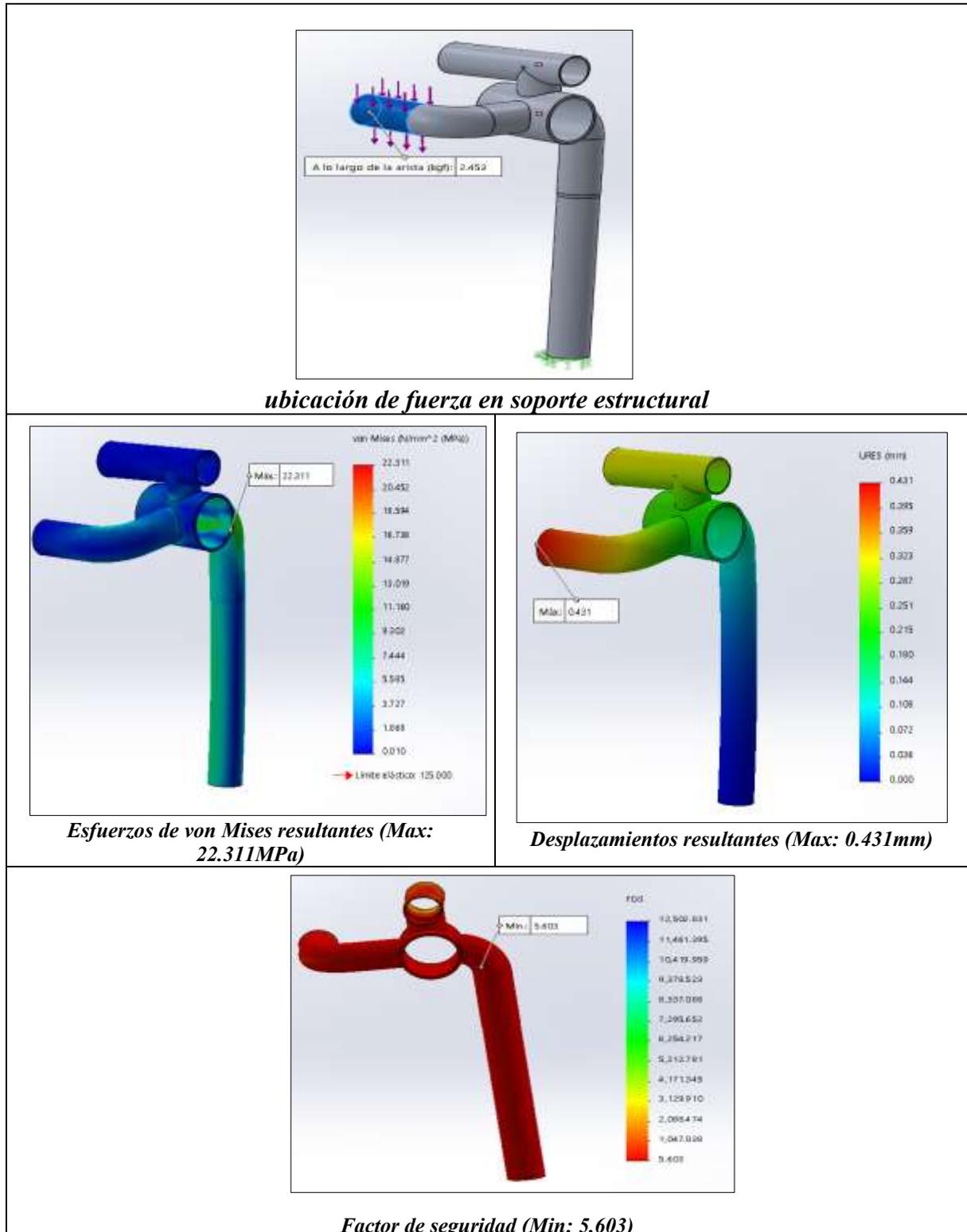
- **Peso completo: 821.95 g (Ver imagen 31).**



Simulación soporte tubular:

Considerando el peso en 0.821kg con un factor de trabajo de 3, tenemos una carga de 2.453kgf.

Tabla 41: Simulación en el soporte tubular



ubicación de fuerza en soporte estructural

Esfuerzos de von Mises resultantes (Max: 22.311MPa)

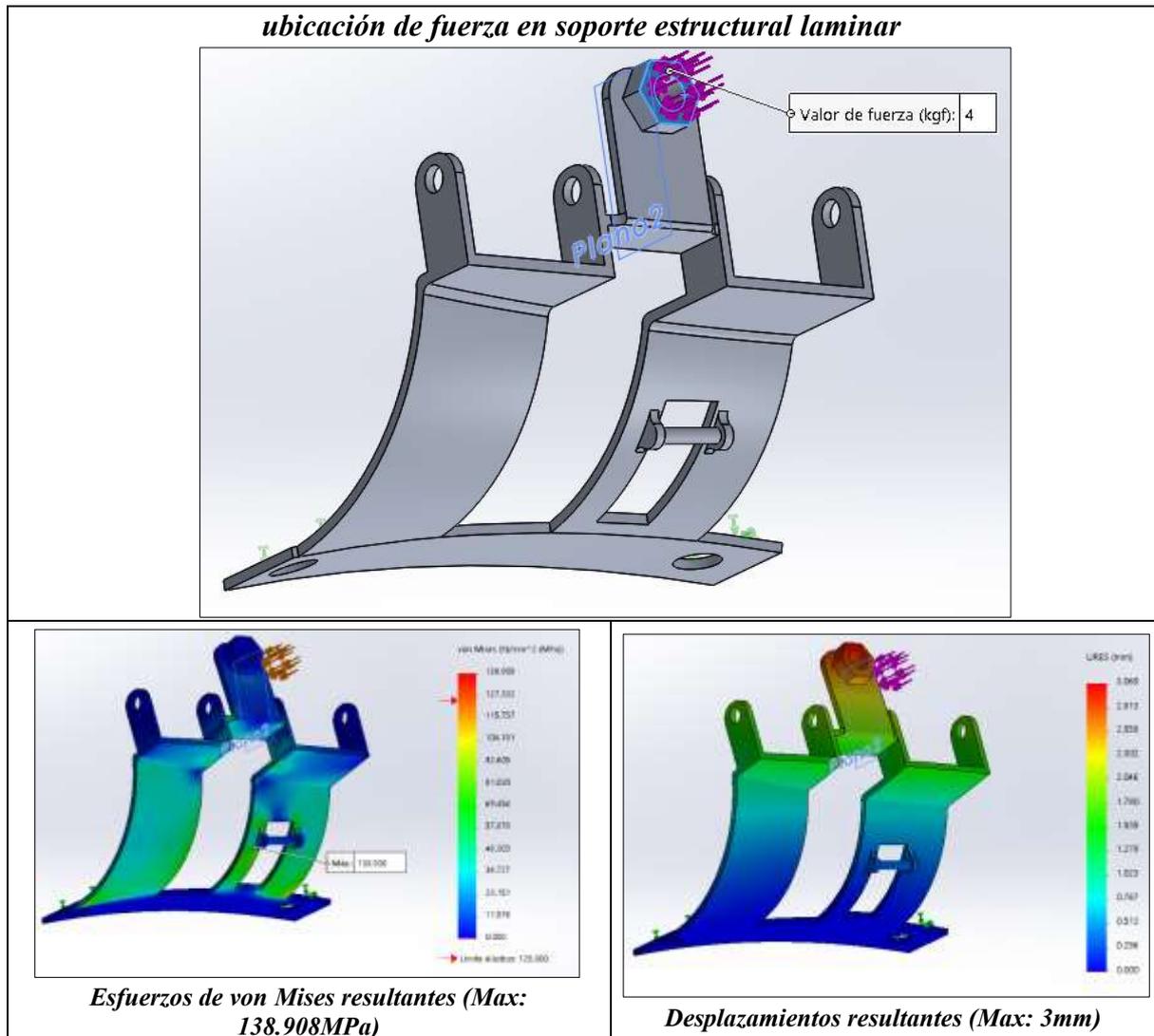
Desplazamientos resultantes (Max: 0.431mm)

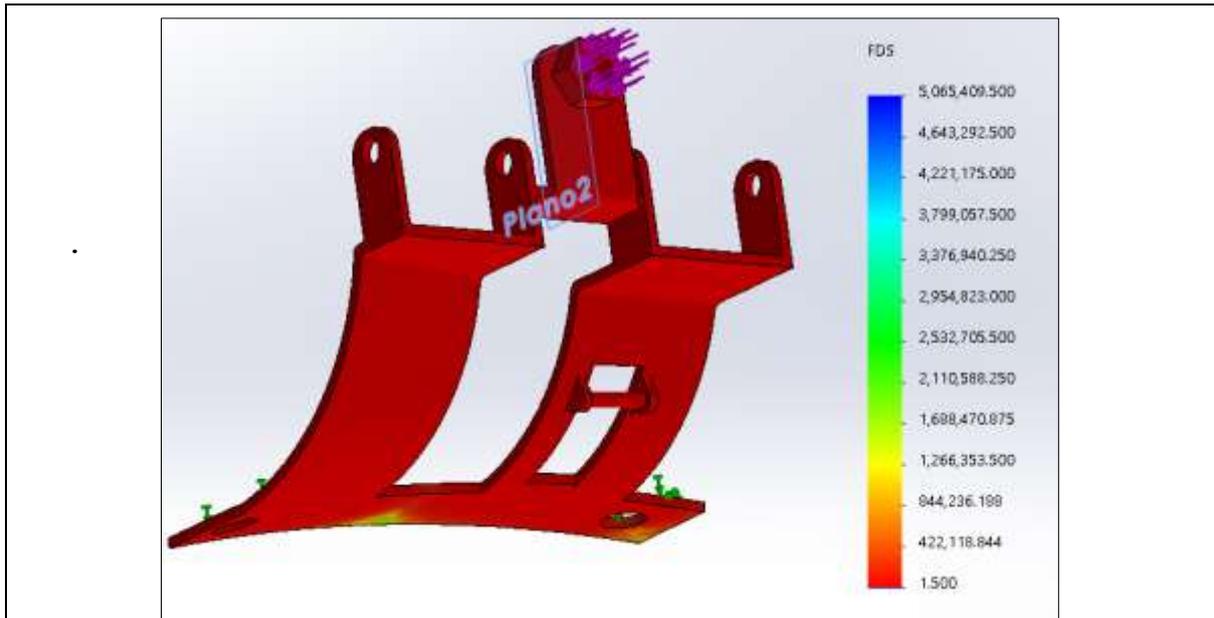
Factor de seguridad (Min: 5.603)

Simulación soporte laminar:

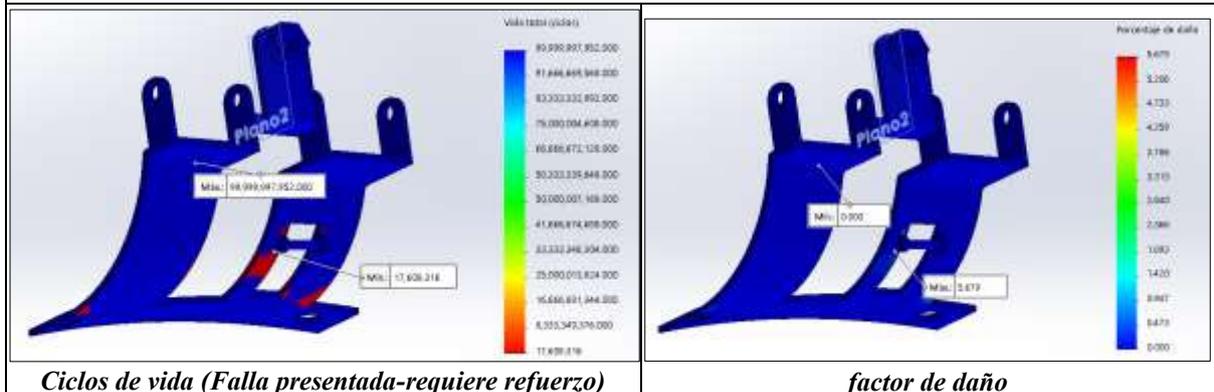
Las fuerzas por acción del mecanismo de apertura también recaen en el soporte laminar, teniendo calculado que la fuerza ejercida es superior a 4kg.

Tabla 42: Simulación a la estructura laminar





Factor de seguridad (Min: 1.5)



Ciclos de vida (Falla presentada-requiere refuerzo)

factor de daño

3.2. DISCUSIÓN:

Para poder obtener el mejor diseño del prototipo se ha tenido que realizar un análisis por medio de un software, donde se ha trabajado con esfuerzos que han sido sometidos a las partes conformadas por el prototipo, se han aplicado cargas puntuales con relación al peso de las baterías, se han aplicado movimientos en la herramienta para poder simular la fuerza.

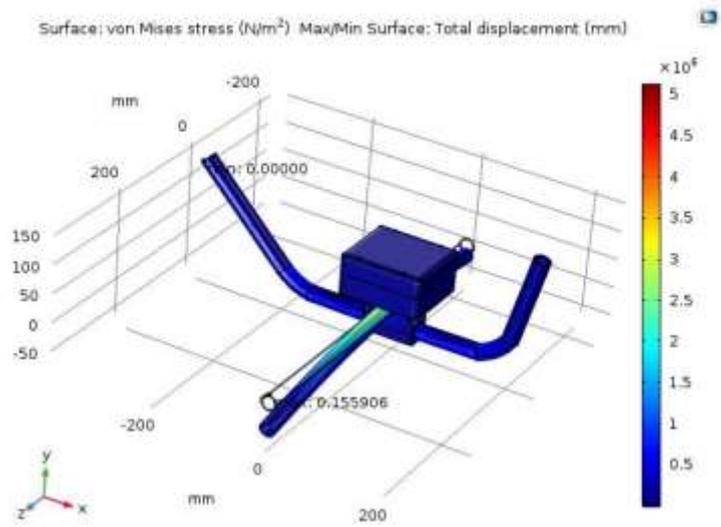


Ilustración 32: Simulación del diseño

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Con los datos que se han obtenido por medio de las entrevistas y las llamadas telefónicas, podemos constatar que la mano de obra en la cosecha de café es un oficio para muchos pobladores, pero también hemos llegado a concluir que al estar escaso este factor, los productores están teniendo dificultades para su recolección, por ello y para el beneficio de los trabajadores que se dedican a este proceso es que propuso un equipo que sea de ayuda tanto para beneficio de los productores como de los recolectores, mejorando así el tiempo de cosecha, con el equipo se quiere llegar a tener menos tiempo de recolección y generando más porcentaje de frutos cosechados.
- Mediante un procedimiento para poder seleccionar el mejor diseño se optó por escoger la solución con más efectividad para la cosecha de café, siendo este el que tiene más contacto con las ramas del cafeto, y sobre todo que es más ligero para los operadores ya que no tiene mucho peso es fácil de movilizar.
- Asimismo, se investigaron materiales ligeros que no sean muy vultuosos, y sobre todo que no sean muy pesados ya que una persona solo puede tener o cargar un promedio de 20 kilogramos de carga. Entonces, teniendo dicha información se planteó con materiales que no pasan del porcentaje de carga de una persona, generando así comodidad y bienestar en él.
- Con el diseño propuesto, analizando su estructura y por medio de cálculos, se puede deducir que es un equipo factible, de fácil uso y sobre todo tiene una estructura liviana que persona a la persona trabajar sin ninguna incomodidad, pensando que este equipo sea de mucha ayuda para los cafetaleros ya que el propósito es que el equipo coseche más frutos rojos en el mismo tiempo o en menor tiempo que de lo que se hace aplicando la técnica manual.

4.2. Recomendaciones:

- Ante esta problemática se recomienda recoger los granos caídos del suelo para que de esa manera no se pueda desperdiciar el fruto, colocándolo en un lugar con sombra se estará conservando la calidad del fruto.
- Se recomienda utilizar el dispositivo de la mejor manera, no sobrevalorando la cantidad de tiempo que este debe estar trabajando ya que de esa manera se estaría evitando tiempos muertos en la cosecha, siendo el en caso de que suceda, se perdería tiempo de recolección del fruto y eso es lo que se quiere evitar, por ello es mejor darle un buen uso, mantenimiento y manejo al dispositivo para no tener inconvenientes.
- Se propuso dicho sistema ya que es uno de los cuales ya se ha comprobado en otros países, siendo el método más factible para poder realizar este proceso, teniendo contacto directo con las ramas del cafeto y que tiene buen porcentaje de frutos recolectados más de lo que se recolecta de manera manual. También podemos decir que cosecha los frutos con buena calidad y arroja menor porcentaje en la recolección de granos verdes.
- Como otro punto se recomienda evaluar la vibración necesaria para un óptimo funcionamiento del equipo.

REFERENCIAS

- [1] C. F. A. López, «Factores que originan la escasez de mano de obra para la recolección de café en el municipio de Belén de Umbría,» Colombia, 2020.
- [2] J. D. Flòres Morales y C. Tamayo Montoya, «Factores determinantes de la escasez de mano de obra en el grupo café Cascada en Ciudad Bolivar (Antioquia),» Bello, 2019.
- [3] V. H. Silva Souza y et al., «Evaluación de la interacción entre una varilla cosechadora y una rama de café basada en análisis de elementos finitos,» Brasil, 2018.
- [4] L. d. G. Ferreira y et al., «Comportamiento dinámico de las ramas de los cafetos durante la cosecha mecánica,» Brasil, 2020.
- [5] F. Aragòn Rodriguez, «Caracterización de la respuesta del árbol a la recolección mecanizada con sacudidores de copa en sistema de plantación en seto de cítricos y olivar,» España, 2021.
- [6] M. Yigo y et al., «Investigación sobre una cosechadora manual de doble motor para fruta del árbol,» China, 2018.
- [7] J. Peng y et al., «Simulation study of vibratory harvesting of Chinese winter jujube,» China, 2017.
- [8] L. He y et al., «In-situ identification of shaking frequency for adaptive vibratory fruit harvesting,» China, 2020.
- [9] C. A. D. Hilary, «Evolución de la exportación de café: 2010 - 2020,» 2021.
- [10] C. P. Flores Huanca, «Estudio estratégico del mercado de café orgánico peruano en Lima Metropolitana,» 2020.

- [11] J. Y. Samaniego de la cruz y A. M. Zurita Rivera, «Efecto de la fertilización foliar como complemento en el rendimiento y calidad en taza del cultivo de café (Coffea arabica L.) Var. Catimor, en la provincia de San Ignacio - Cajamarca,» Lambayeque - Perú, 2021.
- [12] J. M. Romero y J. Camilo, «Manual de producción sostenible de café,» República Dominicana, 2019.
- [13] J. A. Hernandez Barbosa, «Diseño y construcción de una herramienta electromecánica portátil como apoyo a la recolección del fruto de café,» Bucaramaga, 2019.
- [14] S. Lamilla Ramirez, «Diseño conceptual de un sistema para agilizar la recolección de café en la geografía colombiana,» Bogotá, 2022.
- [15] T. Oliveros y Et.al, «Diseño y evaluación de una herramienta para agilizar la cosecha manual de café».
- [16] J. A. Hernandez Barbosa, «Diseño y construcción de una herramienta electromecánica portátil como apoyo a la recolección del fruto de café,» Bucaramaga, 2019.
- [17] J. A. Hernández Barbosa, «Diseño y construcción de una herramienta electromecánica portátil como apoyo a la recolección del fruto de café,» Bucaramaga, 2019.

ANEXOS

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

ENTREVISTA A AGRICULTORES DEL CASERIO DE SAN MARTIN DE PORRAS

Nombre:

Sector:

Distrito:

Provincia:

Tiempo de actividad económica:

OBJETIVO 1: Determinar el tiempo de cosecha manual del grano de café

maduro

La siguiente entrevista tiene como objetivo la finalidad recolectar datos de estudio de tiempos relacionado a la cosecha de café. información se será de utilidad para el desarrollo de la investigación denominada: "Diseño de un prototipo cosechadora de café con un sistema de vibración para la recolección de granos rojos". Para ello se han formulado las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuántas son las hectáreas totales de café que cosecha por campaña?
.....
2. ¿Cuál es el método que utiliza en el proceso de cosecha de café?
.....
3. En una hectárea, ¿Cuántos quintales de café recolectan?
.....
4. ¿Cuántos trabajadores son contratados para las tareas de cosecha de café por campaña?, ¿Cuántas personas trabajan por hectárea?
.....
5. ¿En cuánto tiempo hacen la recolección de café?
.....
6. ¿Cuál es la altura del plantón de café al momento de realizar la cosecha?
.....
7. ¿Cuántos kilogramos promedio de fruto de café cosechado por plantón?
.....
8. ¿Cuántos plantones siembran y cosechan en una hectárea?
.....

IMÁGENES DEL PROCESO DE COSECHADO DE CAFE



Café en la 3ra cosecha



Conteo de las latas cosechadas



Técnica de recolección

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS_PAICO SAAVEDRA _ TATIANA LIS
BETH_TURNITIN.docx**

AUTOR

tatiana lisbeth oaico saavedra

RECUENTO DE PALABRAS

11479 Words

RECUENTO DE CARACTERES

57870 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

83 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

16.3MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 19, 2024 1:25 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 19, 2024 1:26 PM GMT-5

● 7% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado



**ACTA DE CONTROL DE REVISIÓN DE
SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**

Código:	F3.PP2-PR.02
Versión:	02
Fecha:	18/04/2024
Hoja:	1 de 1

Yo, **Silvia Yvone Gastiaturú Morales**, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, he realizado el control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado, según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final de la Tesis titulado: **DISEÑO DE UN PROTOTIPO COSECHADORA DE CAFÉ CON UN SISTEMA DE VIBRACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE GRANOS ROJOS.**, elaborado por el (los) Bachiller(es):

PAICO SAAVEDRA TATIANA LISBETH

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **07%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 19 de noviembre de 2024

Dra. Gastiaturú Morales Silvia Yvone

Coordinador de Investigación

DNI N° 16481433