

DISEÑO Y FABRICACION DE MÁQUINA PARA PELAR COCO



AUTORES:

ANDRÉS FELIPE DE HORTA YERENA

PABLO PEDRO MOLINA CLEMENTE

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MONTERÍA – CÓRDOBA**

2020

DISEÑO Y FABRICACION DE MÁQUINA PARA PELAR CÓCO.



AUTORES:

ANDRÉS FELIPE DE HORTA YERENA

PABLO PEDRO MOLINA CLEMENTE

DIRECTOR

Ing. ARNOLD RAFAEL MARTINEZ GUARIN, M. Sc, Ph. Dc

CO-DIRECTOR

Ing. YAHIR ENRIQUE GONZALEZ DORIA

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MONTERÍA – CÓRDOBA

2020

La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del proyecto,
serán responsabilidad de los autores.

Artículo 61, acuerdo N° 093 del 26 de noviembre de 2002 del consejo superior.

NOTA DE ACEPTACIÓN

ARNOLD RAFAEL MARTÍNEZ GUARÍN

Director

LUIS ARMANDO ESPITIA SANJÁN

Jurado

VALÉRY JOSÉ LACHEROS SUÁREZ

Jurado

DEDICATORIA

Dedico este triunfo primeramente a Dios, ha formado parte importante en mi desarrollo como persona, estudiante y futuro profesional, a mis padres con los que siempre conté a pesar de que varias veces mi rendimiento académico no fue el mejor y siempre estuvieron motivándome para seguir adelante, gran parte de esta victoria se la debo a ellos, a los compañeros con los que tuve la oportunidad de compartir durante el tiempo que estuve en la universidad y por último a todos los maestros que me tuvieron paciencia y me aconsejaron contribuyendo a mi desarrollo profesional.

Andrés Felipe De Horta Yerena

Dedico esta tesis a mi compañero y gran amigo Andrés De Horta, quien fue un gran apoyo durante el proceso de este trabajo, a mis padres Pablo y Ana quienes me apoyaron y alentaron para continuar, cuando parecía que me iba rendir, a mis hermanas y a mi novia quienes siempre me apoyaron, a mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, a todos los que me apoyaron para escribir y concluir este proyecto y también dedico esta tesis a todos aquellos que no creyeron en mí, a aquellos que esperaban mi fracaso en cada paso que daba hacia la culminación de mis estudios, a aquellos que nunca esperaban que lograra terminar la carrera, a todos los que supusieron que no lo lograría, a todos ellos les dedico esta tesis.

Para ellos esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

Pablo Pedro Molina Clemente

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios por darnos la sabiduría para llevar a cabo este proyecto, con el cual hemos podido culminar nuestro proceso académico, él es el dueño de la ciencia y de la invención, creemos que con su sabiduría e inteligencia creó la tierra y todo lo que podemos ver y nos guió en este proyecto, agradecemos a la universidad de Córdoba por esforzarse para brindarnos tanto instalaciones como educación de calidad, las cuales son importantes para ser competitivos en un entorno laboral, a los docentes que dedicadamente tuvieron paciencia para transmitirnos los conocimientos necesarios para desempeñar la labor de ingenieros mecánicos y por siempre estar dispuestos a brindarnos su apoyo, en especial agradecemos al ingeniero Arnold Rafael Martínez Guarín, nuestro director de proyectos que aportó grandemente en el diseño del proyecto y por último pero no menos importante a nuestros padres, por sus consejos, apoyo incondicional y motivación, que fueron pieza clave para seguir adelante y por enseñarnos a no rendirnos fácilmente aunque las cosas se tornen difíciles.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
1. INTRODUCCIÓN.....	19
2. OBJETIVOS.....	21
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	22
3.1. EL COCO.....	22
3.2. MECANISMOS DE 4 BARRAS.....	23
3.2.1. Síntesis gráfica.....	24
3.2.2. Síntesis analítica	29
3.2.3. Centros instantáneos de velocidad.....	30
3.2.4. Ventaja Mecánica	33
3.3. PROCESO PARA EL CÁLCULO DE SOLDADURA	34
3.4. PROCESO PARA EL CÁLCULO DE RESORTES	36
4. METODOLOGÍA.....	39
4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS	39
4.1.1. Recolección de datos para caracterizar el coco	39
4.1.2. Determinación de la fuerza de penetración de la cuchilla	40

4.1.3.	Determinación de la fuerza para separar la fibra	41
4.1.4.	Determinación de la fuerza que puede ejercer un hombre promedio con el pie. 42	
4.2.	DISEÑO DE LA MÁQUINA.....	43
4.2.1.	Obtención del primer prototipo de la máquina.	44
4.2.2.	Obtención del segundo prototipo de la máquina.	45
4.3.	EVALUACION DE LA VENTAJA MECANICA DE LOS MECANISMOS OBTENIDOS POR SÍNTESIS.....	46
4.3.1.	Obtención de la fuerza total.....	46
4.3.2.	Obtención de los centros instantáneos de velocidad	47
4.3.3.	Cálculo de ventaja mecánica	47
4.4.	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO 3D DE LA MÁQUINA.....	48
4.4.1.	Determinación del mecanismo más óptimo para la construcción de la máquina 48	
4.4.2.	Evaluación de las dos propuestas presentadas para el posible diseño del segundo prototipo de la máquina.....	49
4.4.3.	Diseño 3D y construcción de planos	50
4.5.	ANÁLISIS ESTÁTICO Y CÁLCULOS REQUERIDOS.....	50
4.5.1.	Análisis estático del mecanismo.....	50
4.5.2.	Cálculo de resorte	51
4.4.3.	Cálculo de soldadura	51

4.4.4.	Cálculo de pasadores	51
4.5.	PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA	51
4.6.	EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO.....	52
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
5.1.	CARACTERIZACIÓN DEL COCO.....	52
5.1.1.	Perímetro, longitud y espesor	52
5.2.	DATOS DE FUERZAS PARA PENETRAR EL COCO Y PARA SEPARAR LA FIBRA	54
5.3.	DETERMINACIÓN DE LA FUERZA QUE PUEDE EJERCER UN HOMBRE PROMEDIO CON EL PIE.....	55
5.4.	DISEÑO Y ANÁLISIS DEL PRIMER PROTOTIPO DE LA MÁQUINA	56
5.4.1.	DISEÑO.....	56
5.4.2.	Análisis de funcionalidad	58
5.5.	OBTENCIÓN DE MECANISMOS POR SÍNTESIS GRÁFICA.....	60
5.6.	OBTENCIÓN DE MECANISMOS POR SÍNTESIS ANALÍTICA.....	61
5.7.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE VENTAJA MECÁNICA	63
5.7.1.	Cálculo de fuerza total para penetrar y separar la concha del coco.....	63
5.7.2.	Centros instantáneos de velocidad.....	64
5.7.3.	Cálculo de ventaja mecánica	65

5.8. SELECCIÓN DEL MECANISMO A CONSTRUIR PARA EL SEGUNDO PROTOTIPO DE LA MÁQUINA	67
5.8.1. Evaluación de los dos prototipos obtenidos para el posible diseño de la máquina 70	
5.9. CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO EN 3D DEL SEGUNDO PROTOTIPO DE LA MÁQUINA.....	72
5.10. RESULTADO DE LOS CÁLCULOS	75
5.10.1. Análisis estático	75
5.10.2. Cálculo de resorte	77
5.10.3. Resultado del cálculo de soldadura.....	84
5.10.4. Resultado del cálculo de pasadores.....	86
5.11. RESULTADOS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	87
5.12. EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.....	90
5.12.1. Proceso de evaluación.....	91
5.12.2. Observaciones del proceso de evaluación.....	93
6. CONCLUSIONES.....	94
7. RECOMENDACIONES	96
8. BIBLIOGRAFIA	103
9. ANEXOS	104
9.1. DETERMINACIÓN DE MECANISMOS POR SÍNTESIS ANALÍTICA	104

9.2. MECANISMOS ENCONTRADOS.....	106
9.3. CENTROS INSTANTÁNEOS.....	109
9.4. VENTAJA MECÁNICA DE LOS DEMÁS MECANISMOS ENCONTRADOS.	113
9.5. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE MÁQUINA PARA PELAR COCO.....	113
I. INTRODUCCIÓN.....	113
II. FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.....	116
III. ENSAMBLADO Y DESARMADO DE LA MÁQUINA.....	118
IV. PUESTA EN MARCHA.....	123
V. MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.....	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 3. Proceso de pelado del coco: a) composición del coco. Fuente propia., b) pelado con machete. Tomado de: es.dreamstime.com/foto-editorial-hombre-que-rompe-el-coco-image66879266. y c) pelado con tijeras. Fuente propia.	22
Figura 3-1. Eslabonamiento de cuatro barras (Fuente: Diseño de mecanismos. Análisis y síntesis).	23
Figura 3-3. Inversión de síntesis de movimiento. (<i>Fuente: Diseño de maquinaria Robert L. Norton</i>).....	26
Figura 3-4. Pasos Finales para la obtención del mecanismo. (<i>Fuente: Diseño de maquinaria Robert L. Norton</i>)	28
Figura 3-5. Variables que se deben tener en cuenta. (<i>Fuente: Diseño de maquinaria Robert L. Norton pág. 207.</i>)	29
Figura 3-6. Explicación del teorema de Kennedy (<i>Fuente: Diseño de maquinaria Robert L. Norton</i>).....	31
Figura 3-7. Relación de velocidades. (<i>Fuente: Diseño de maquinaria Robert L. Norton ..</i>	32
Figura 3-8. Relación de velocidades. (<i>Fuente: Diseño de maquinaria Robert L. Norton ..</i>	32
Figura 3-9. ilustración de ejemplo. (Fuente: diseño de mecanismos, Análisis y síntesis). ..	33
Figura 3-10. Tipos de esfuerzos en soldadura. (<i>Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley</i>).....	34
Figura 3-11. Esfuerzo debido a carga cortante en la soldadura. (<i>Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley</i>)	35

Figura 3-12. Gancho del resorte. (<i>Fuente: propia</i>)	37
Figura 4-1: Perímetro. (<i>Fuente propia</i>).....	39
Figura 4-2: Longitud. (<i>Fuente propia</i>).....	39
Figura 4-3: Espesor. (<i>Fuente propia</i>).....	39
Figura 4-4: Cocos seleccionados. (<i>Fuente propia</i>)	40
Figura 4-5: Montaje para determinar fuerza de penetración en la fibra. (<i>Fuente propia</i>) ..	41
Figura 4-6: Montaje. (<i>Fuente propia</i>)	42
Figura 4-7: Desprendimiento de la fibra. (<i>Fuente propia</i>).....	42
Figura 4-8. Medición de fuerza con el pie (<i>Fuente: propia</i>).....	43
Figura 4-9: Cuchillas. (<i>Fuente propia</i>)	43
Figura 4-10: lugar de introducción de las cuchillas en el coco. (<i>Fuente propia</i>).....	43
Figura 4-11: Coco pelado. (<i>Fuente propia</i>)	43
Figura 4-12: Primer prototipo de la máquina. (<i>Fuente propia</i>).....	44
Figura 4-13: Prototipo 2 (<i>Fuente propia</i>).....	46
Figura 5-1: diseño de las cuchillas. (<i>Fuente propia</i>).....	56
Figura 5-2: Base del mecanismo. (<i>Fuente propia</i>).....	56
Figura 5-3: Soporte. (<i>Fuente propia</i>)	57
Figura 5-4: Mecanismo. (<i>Fuente propia</i>).....	57
Figura 5-5: Modelo 1 de la máquina. (<i>Fuente propia</i>).....	57
Figura 5-6: Mecanismo. (<i>Fuente propia</i>).....	58

Figura 5-7: Modificación de las cuchillas. (<i>Fuente propia</i>).....	59
Figura 5-8: Posición de las cuchillas en el mecanismo 1. (<i>Fuente propia</i>)	60
Figura 5-9: Mecanismo 1. Dimensiones en mm. (<i>Fuente propia</i>)	60
Figura 5-10: Trayectoria seguida por el mecanismo 1. (<i>Fuente propia</i>)	61
Figura 5-11: Puntos de recorrido e inclinación de cuchillas. (<i>Fuente propia</i>).....	62
Figura 5-12: Mecanismo 2. (<i>Fuente propia</i>).....	62
Figura 5-13: Trayectoria que seguirá el mecanismo 2. (<i>Fuente propia</i>).....	62
Figura 5-14: Diagrama de cuerpo libre de la tijera. (<i>Fuente propia</i>).....	63
Figura 5-15: CI para el mecanismo 2, obtenido por síntesis analítica. (<i>Fuente: propia</i>)....	64
Figura 5-16: CI para el mecanismo 1 encontrado por síntesis gráfica. (<i>Fuente propia</i>).....	65
Figura 5-17. Palancas (<i>Fuente propia</i>).....	66
Figura 5-9: Mecanismo 1. Dimensiones en mm. (<i>Fuente propia</i>)	68
Figura 5-12: Mecanismo 2. Dimensiones en mm. (<i>Fuente propia</i>)	68
Figura 5-18: Prototipo 1 (<i>Fuente propia</i>).....	71
Figura 5-19: Prototipo 2 (<i>Fuente propia</i>).....	71
Figura 5-20: pieza 1 (<i>Fuente propia</i>)	72
Figura 5-21: pieza 2 (<i>Fuente propia</i>)	72
Figura 5-22: pieza 3 (<i>Fuente propia</i>)	72
Figura 5-23: ensamblaje (<i>Fuente propia</i>).....	72
Figura 5-24. Modelo 3D de la máquina construida. (<i>Fuente: propia</i>)	73

Figura 5-25. Planos de la máquina. (<i>Fuente: propia</i>)	74
Figura 5-26. Diagrama de cuerpo libre 1 (<i>Fuente propia</i>)	75
Figura 5-27. Diagrama de cuerpo libre 2. (<i>Fuente propia</i>)	77
Figura 5-28. Diagrama de cuerpo libre para hallar <i>Fr.</i> (<i>Fuente: propia</i>)	77
Figura 5-29. Análisis es fuerzas. (<i>Fuente: propia</i>).....	84
Figura 5-30. Dcl para cálculo de soldadura (<i>Fuente: propia</i>).....	84
Figura 5-31. Diagrama de cuerpo libre 1 (<i>Fuente propia</i>)	86
Figura 5-32. Proceso de corte (<i>Fuente: propia</i>).....	88
Figura 5-33. Proceso de corte. (<i>Fuente: propia</i>).....	88
Figura 5-34. Proceso de perforado. (<i>Fuente: propia</i>).....	88
Figura 5-35. Proceso de soldadura. (<i>Fuente: propia</i>).....	88
Figura 5-36. Máquina construida. (<i>Fuente: propia</i>).....	89
Figura 5-37. Coco en el soporte. (<i>Fuente: propia</i>).....	90
Figura 5-40. Prueba de funcionamiento ll. (<i>Fuente: propia</i>)	92
Figura 5-41. Concha desprendida. (<i>Fuente: propia</i>).....	92
Figura 5-42. Prueba de funcionamiento ll. (<i>Fuente: propia</i>)	93
Figura 5-43. Prueba de funcionamiento ll. (<i>Fuente: propia</i>)	93
Figura 7-1. Montaje para tomar fuerza de penetración. (<i>Fuente: propia</i>).....	97
Figura 7-2. Modificación de las cuchillas para uso de la máquina universal. (<i>Fuente: propia</i>)	97

Figura 7-4. Centros instantáneos de mecanismo recomendado. (<i>Fuente: propia</i>).....	100
Figura 7-5. Modelo 3D, cilindro cerrado. (<i>Fuente: propia</i>).....	101
Figura 7-6. Modelo 3D cilindro abierto. (<i>Fuente: propia</i>).....	102
Figura 9-1. Punto de origen en O (<i>Fuente: propia</i>).....	105
Figura 9-2: Posición de las cuchillas en el mecanismo 3. (<i>Fuente propia</i>)	106
Figura 9-3: Mecanismo 3. (<i>Fuente propia</i>).....	106
Figura 9-4: Posición de las cuchillas en el mecanismo 4. (<i>Fuente propia</i>)	106
Figura 9-5: Mecanismo 4. (<i>Fuente propia</i>).....	106
Figura 9-6: Posición de las cuchillas en el mecanismo 5. (<i>Fuente propia</i>)	107
Figura 9-7: Mecanismo 5. (<i>Fuente propia</i>).....	107
Figura 9-8: Posición de las cuchillas en el mecanismo 6. (<i>Fuente propia</i>)	107
Figura 9-9: Mecanismo 6. (<i>Fuente propia</i>).....	107
Figura 9-10: Posición de las cuchillas en el mecanismo 7. (<i>Fuente propia</i>)	108
Figura 9-11: Mecanismo 7. (<i>Fuente propia</i>).....	108
Figura 9-12: CI para el mecanismo 3. (<i>Fuente propia</i>).....	109
Figura 9-13: CI para el mecanismo 4. (<i>Fuente propia</i>).....	110
Figura 9-14: CI para el mecanismo 5. (<i>Fuente propia</i>).....	111
Figura 9-15: CI para el mecanismo 6. (<i>Fuente propia</i>).....	111
Figura 9-16: CI para el mecanismo 7. (<i>Fuente propia</i>).....	112
Figura 9-17: Diseño 3D. (<i>Fuente propia</i>)	114

Figura 9-18: Diseño 3D. (<i>Fuente propia</i>)	115
Figura 9-19: Cuerpo. (<i>Fuente propia</i>).....	117
Figura 9-20: Soporte para el coco. (<i>Fuente propia</i>).....	117
Figura 9-21: Mecanismo. (<i>Fuente propia</i>).....	118
Figura 9-22: pasos de construcción. (<i>Fuente propia</i>).	119
Figura 9-23: Unión de piezas. (<i>Fuente propia</i>).....	119
Figura 9-24: Unión de piezas. (<i>Fuente propia</i>).....	119
Figura 9-25: Unión de piezas. (<i>Fuente propia</i>).....	119
Figura 9-26: Unión de piezas. (<i>Fuente propia</i>).....	120
Figura 9-27: Unión de piezas. (<i>Fuente propia</i>).....	120
Figura 9-28: Unión de piezas. (<i>Fuente propia</i>).....	121
Figura 9-29: Unión de piezas. (<i>Fuente propia</i>).....	121
Figura 9-30: Unión de piezas. (<i>Fuente propia</i>).....	122
Figura 9-31: Unión de piezas. (<i>Fuente propia</i>).....	122
Figura 9-32: Unión de piezas. (<i>Fuente propia</i>).....	122
Figura 9-33: Unión de piezas. (<i>Fuente propia</i>).....	122
Figura 9-23: Ubicación del coco. (Fuente propia).	123
Figura 9-24: Ilustración para graduar el soporte del coco. (Fuente propia).	124
Figura 9-25: Ilustración para mover la palanca con el pie. (Fuente propia).	124

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1: perímetros y longitudes del coco.	53
Tabla 5-2: espesor de la concha.....	54
Tabla 5-3: Datos de fuerza para penetrar la cuchilla y fuerza de tijeras.	55
Tabla 5-4. Fuerza con el pie	55
Tabla 5-5. Comparación entre mecanismos.....	68
Tabla 9-1: Centros instantáneos, Ventaja mecánica y fuerza de entrada.	113
Tabla 9-2: Nombre de las partes de la máquina.	116

RESUMEN

Este proyecto se enfocó en la tecnificación del proceso para pelar coco que utilizan los agricultores dedicados a esta actividad, ya que son procesos antiguos en los que hay cierto grado de peligro, porque puede haber personas lesionadas, este riesgo aumenta en aquellos que no tienen experiencia realizando la labor, porque pueden cortarse la mano o el pie.

El objetivo principal del proyecto es brindar una alternativa diferente a las utilizadas tradicionalmente, con el fin de facilitar la labor y aumentar la seguridad, creando un dispositivo que pueda ser accionado por fuerza humana, teniendo en cuenta las bases aprendidas en el diseño de máquinas y la construcción de mecanismos. Para ello, la metodología que se planteó se divide en tres etapas que son: recolección de datos, construcción del mecanismo y cálculo de fuerzas.

Recolección de datos, etapa en la cual se caracterizó el coco, su longitud, diámetro y espesor de la concha, se obtuvieron las fuerzas para penetrar la concha como para separarla.

Construcción del mecanismo, etapa en la cual se utilizaron conceptos claves para la obtención de un dispositivo con un grado de libertad que haga posible pelar el coco de manera sencilla. Y por último la etapa de cálculo donde se verificó entre las diferentes opciones obtenidas la más viable para construir la máquina

De acuerdo con el análisis realizado se concluye que la máquina es funcional pero no puede ser accionada por fuerza humana, sino que necesita de un sistema hidráulico con el que se pueda aplicar mayor fuerza en la palanca de entrada del mecanismo y poder pelar un coco.

Palabras clave: Máquinas, Mecanismos, Diseño, Mediciones, fuerzas.

ABSTRACT

This project focused on the technification of the process to peel coconut used by farmers dedicated to this activity, since they are old processes in which there is a certain degree of danger, because there may be injured people, this risk increases in those who have no experience doing the work, because they can cut their hand or foot.

The main objective of the project is to provide a different alternative to those traditionally used, in order to facilitate the work and increase safety, creating a device that can be operated by human force, taking into account the bases learned in the design of machines and the construction of mechanisms. For this, the methodology that was proposed is divided into three stages which are: data collection, construction of the mechanism and calculation of forces.

Data collection, stage in which the coconut was characterized, its length, diameter and thickness of the shell, the forces were obtained to penetrate the shell to separate it.

Construction of the mechanism, a stage in which key concepts were used to obtain a device with a degree of freedom that allow to peel the coconut in a simple way. And finally the calculation stage where the most viable option to build the machine was verified among the different options obtained.

According to the analysis carried out, it is concluded that the machine is functional but cannot be operated by human force, but needs a hydraulic system with which greater force can be applied to the input lever of the mechanism and to be able to peel a coconut.

Keywords: Machines, Mechanisms, Design, Measurements, forces.

1. INTRODUCCIÓN

El programa de ingeniería mecánica de la universidad de Córdoba, tiene como misión formar profesionales capacitados para diseñar, modificar y crear elementos de máquina con excelente calidad, y así brindar soluciones a las industrias y agroindustrias del país.

Este proyecto se dirigió basado en la misión, dedicando gran tiempo a investigar especialmente en la agroindustria, áreas en las que se podrían encontrar necesidades a las cuales como ingenieros mecánicos se pudiera brindar una solución a los agricultores, bajo esta dirección nació este proyecto. Encontrar un método diferente a los tradicionalmente utilizados para pelar cocos se convirtió en el principal objetivo, y la necesidad identificada fue la baja seguridad de los trabajadores que se dedican a esta actividad, ya que corren el riesgo de lesionarse el pie al introducir las tijeras en la concha del coco.

Las dos etapas más importantes del proyecto fueron:

Etapas de investigación: se centró en caracterizar el coco, los factores que se tuvieron en cuenta fueron, longitud, diámetro máximo, espesor de la concha del coco, características fundamentales para la obtención de un mecanismo capaz de pelarlo, y delimitar el área de trabajo del mismo.

Etapas de diseño: se centró en encontrar un mecanismo que siguiera una trayectoria específica planteada, lo que se quería era hacer que las cuchillas penetraran en la concha del coco al mismo tiempo que las separaban, se utilizaron varios métodos conocidos para la construcción de mecanismos, y al final se escogió el mecanismo con mayor facilidad de construcción y mayor ventaja mecánica.

Al realizar el proyecto, especialmente en la etapa de diseño de la máquina, se encontraron limitaciones como, la variación de tamaño del coco. Para ser una máquina funcional debía tener la capacidad para pelar la mayor cantidad de cocos sin importar el tamaño, encontrar un mecanismo que brinde esta posibilidad fue un poco tedioso, pero al final se pudo lograr el objetivo, fue la mayor dificultad que se tuvo, aunque se resalta que no fue tan difícil encontrar una solución.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desempeño de una máquina para pelar coco a partir de criterios de eficiencia y seguridad durante el proceso de pelado, con miras a su aprovechamiento por parte de los productores del departamento de Córdoba y sus alrededores.

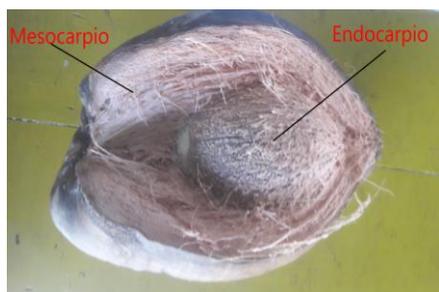
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros de funcionamiento de la máquina, de tal modo que pueda pelar un coco, para una variedad limitada de tamaños de coco.
- Evaluar al menos dos propuestas del posible diseño de la máquina a partir de criterios de ventaja mecánica y facilidad de construcción, con miras a determinar la mejor opción.
- Construir la máquina a partir del mejor diseño encontrado para realizar las respectivas pruebas de funcionamiento.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. EL COCO

El coco es una fruta que se compone de un mesocarpio y un endocarpio como se muestra en la Figura 3.a), no tiene dimensiones específicas, varía en longitud como en diámetro. Para realizar su comercio, por lo general el agricultor le remueve la totalidad de la fibra que lo protege (mesocarpio), utilizando métodos artesanales en esta actividad, como lo es el pelado con machete, que consiste en sujetar el coco con la palma de la mano y con un machete retirar la fibra; y pelado con tijera, que consiste en sujetar el coco con la planta del pie mientras se introduce en el mesocarpio una tijera adaptada especialmente para esta actividad, que al abrirlas hacen que la fibra se desprenda para dejar el coco en nuez (endocarpio), y de esta manera poder comercializarlo. Estos procedimientos se aprecian en la Figura 3. b y c respectivamente. El método de tijeras es utilizado mayormente cuando son grandes cantidades de cocos para pelar.



a)



b)



c)

Figura 3. Proceso de pelado del coco: **a)** composición del coco. Fuente propia., **b)** pelado con machete. Tomado de: es.dreamstime.com/foto-editorial-hombre-que-rompe-el-coco-image66879266. y **c)** pelado con tijeras. Fuente propia.

3.2. MECANISMOS DE 4 BARRAS

Un mecanismo es un dispositivo que transforma el movimiento según el esquema que se desee y comúnmente desarrolla fuerzas de muy baja intensidad y transmite poca potencia, estos se utilizan en una gran variedad de máquinas y dispositivos. Y el más simple que podemos encontrar es el de cuatro barras, que tiene tres eslabones móviles más un eslabón fijo y cuatro juntas de pivote o de pasador, como se ve en la figura 3-1.

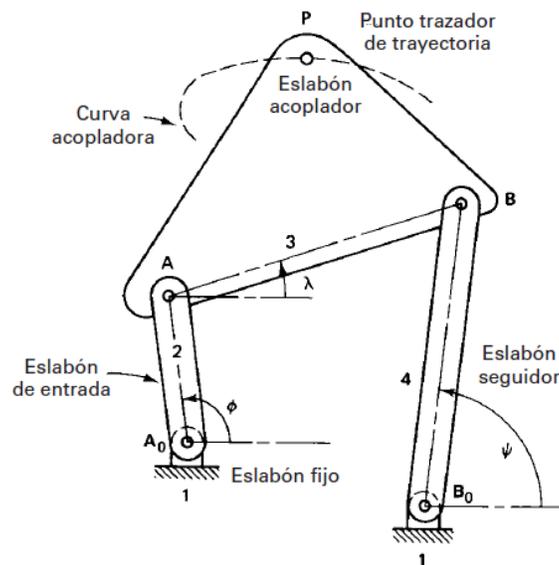


Figura 3-1. Eslabonamiento de cuatro barras (Fuente: Diseño de mecanismos. Análisis y síntesis).

Grados de libertad: Un concepto muy importante en el análisis cinemático de mecanismos, después de elaborar un diagrama esquelético, es determinar el número de grados de libertad del mecanismo, que son el número de entradas independientes requeridas para determinar la posición de todos los eslabones del mecanismo respecto a tierra.

La ecuación que determina los grados de libertad de una cadena de n eslabones conectados por f_1 juntas de pasador, con la tierra considerado como uno de los eslabones, f_2 es el número de juntas de contacto de rodamiento con desplazamiento, permiten dos grados de libertad.

$$\text{Grados de libertad} = F = 3(n - 1) - 2f_1 - 1f_2 \quad (3.1)$$

Esta ecuación se conoce como la ecuación de Gruebler. El número de eslabones móviles es $(n-1)$. La junta de pasador permite un grado de libertad relativo entre dos eslabones.

3.2.1. Síntesis gráfica

Es una técnica que se utiliza para crear soluciones de eslabonamientos en aplicaciones cinemáticas, utilizando métodos gráficos, ya que son los más sencillos y rápidos, se pueden realizar con compas, transportador y reglas o a través de un software CAD.

Síntesis de tres posiciones con pivotes fijos especificados

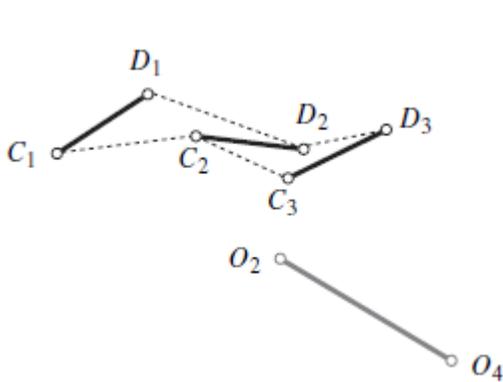
Para realizar este procedimiento se hace necesario definir los pivotes fijos, que son la base del mecanismo y las tres posiciones por donde se desea que los pivotes móviles crucen.

Los pasos que se deben seguir para llegar a una solución son los siguientes y fueron tomados del libro de Diseño de maquinaria. (Norton, R. 2000)

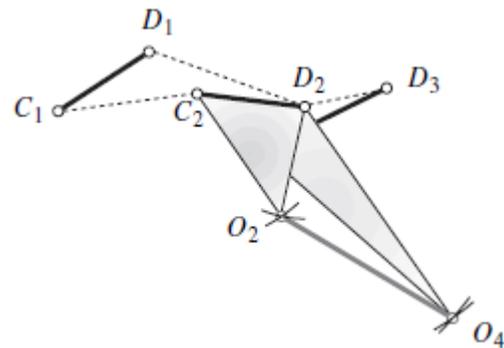
1. Trazar el eslabón CD en sus tres posiciones deseadas en el plano, C_1D_1, C_2D_2, C_3D_3 , como se indica en la figura 3-3a.
2. Trazar el eslabón fijo O_2O_4 en su posición deseada en el plano con respecto a la primera posición del acoplador C_1D_1 , como se muestra en la figura 3-3a.
3. Trazar los arcos de construcción desde el punto C_2 hasta el O_2 y el punto D_2 al O_2 , cuyos radios determinan los lados del triángulo $C_2O_2D_2$. Esto define la relación del pivote fijo O_2 con respecto a la línea de acoplador CD en la segunda posición de acoplador, como se muestra en la figura 3-3b.
4. Trazar los arcos de construcción del punto C_2 al O_4 y del punto D_2 al O_4 para determinar el triángulo $C_2O_4D_2$. Lo anterior define la relación del pivote fijo O_4 con

respecto a la línea de acoplador CD en la segunda posición de acoplador, como se muestra en la figura 3-3b.

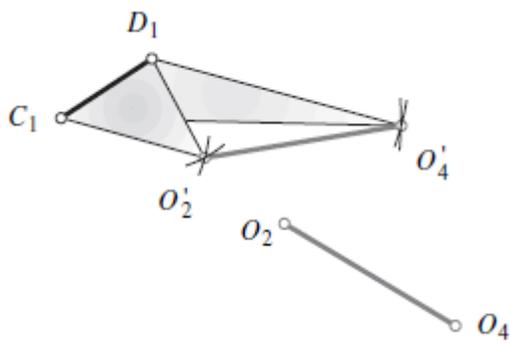
5. Ahora se transfieren estas relaciones hacia la primera posición del acoplador C_1D_1 , de modo que la posición del plano de fijación O_2O_4 , guardando la misma relación con C_1D_1 que O_2O_4 con la segunda posición de acoplador C_2D_2 . Con esto se pretende que el plano de fijación se mueva de O_2O_4 a $O_2'O_4'$ en vez de que el acoplador se desplace de C_1D_1 a C_2D_2 , como se ve en la figura 3-3c.
6. Se repite el procedimiento 5 con la tercera posición ver figura 3-3d.
7. Las tres posiciones invertidas del plano de fijación, que corresponden a las tres posiciones del acoplador deseadas, se dejan como O_2O_4 , $O_2'O_4'$, $O_2''O_4''$ y también se renombran como. E_1F_1 , E_2F_2 y E_3F_3 , según se muestra en la figura 3-3f.



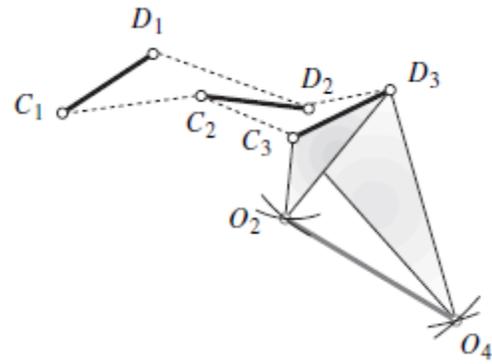
a) posición de los pivotes fijos y móviles.



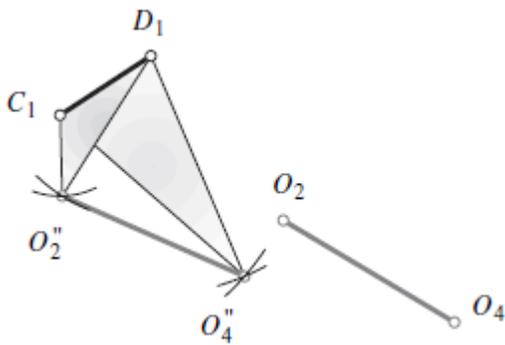
b) Posición del plano de fijación con respecto a la segunda posición del acoplador



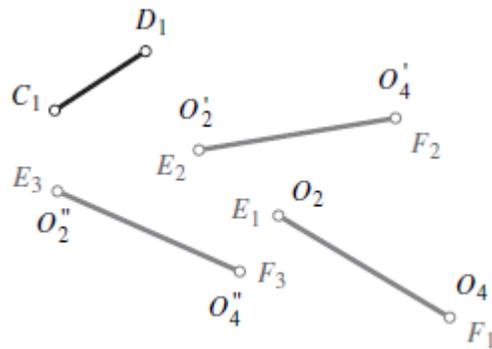
c) Traslado de la segunda posición del plano de fijación a la localización de referencia en la primera posición.



d) Posición del plano de fijación respecto a la tercera posición de acoplador.



e) Traslado de la tercera posición



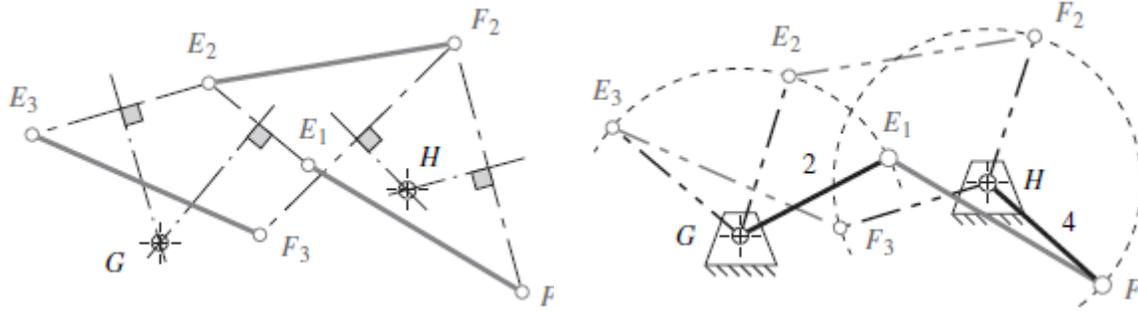
f) Las tres posiciones invertidas en el plano de fijación.

Figura 3-3. Inversión de síntesis de movimiento. (Fuente: *Diseño de maquinaria Robert L. Norton*)

Culminados estos pasos, se procede con la determinación de los pivotes móviles para tres posiciones y pivotes fijos especificados, y se realizan los siguientes pasos:

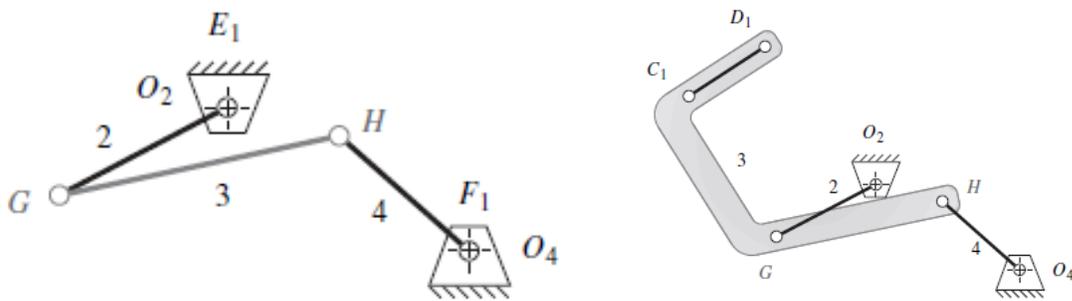
1. Se inicia con las tres posiciones invertidas en el plano, como se indica en la figura 3-3f. los segmentos E_1F_1 , E_2F_2 y E_3F_3 definen las tres posiciones del eslabón invertido que hay que mover.

2. Trazar las líneas de construcción desde el punto E_1 hasta E_2 y del E_2 al E_3 .
3. Bisectar el segmento E_1E_2 y E_2E_3 y prolongar las mediatrices hasta que se intersequen. Marcar la intersección como G.
4. Repetir el paso 2 y 3 para las líneas F_1F_2 y F_2F_3 . Marque la intersección como H.
5. Unir a G con E y designarlo eslabón 2. Unir H con F_1 y llamarlo el eslabón 4. Ver figura 3-4b.
6. En este eslabonamiento invertido, el segmento E_1F_1 es el acoplador, eslabón 3; el segmento GH es el eslabón “de fijación” 1.
7. Ahora se debe reinvertir el eslabonamiento para volver a la configuración original. El segmento E_1F_1 es realmente el eslabón de fijación O_2O_4 y GH es el acoplador. En la figura 3-4c se muestra la reinversión del eslabonamiento en el punto G y H son ahora los pivotes móviles en el acoplador, y E_1F_1 nuevamente es el eslabón fijo O_2O_4 .
8. En la figura 3-4d se reintroduce la línea original C_1D_1 en su relación correcta con el segmento O_2O_4 en la posición inicial.
9. Los movimientos angulares para alcanzar la segunda y tercera posición de la línea CD, como se ilustra en la figura 3-4e, son iguales a los definidos en la figura 3-3 b para la inversión de eslabonamiento.
10. Se deben comprobar las condiciones de Grashof. Observar que cualquier condición de Grashof es potencialmente aceptable en este caso. Siempre que el eslabonamiento tenga movilidad entre las tres posiciones.



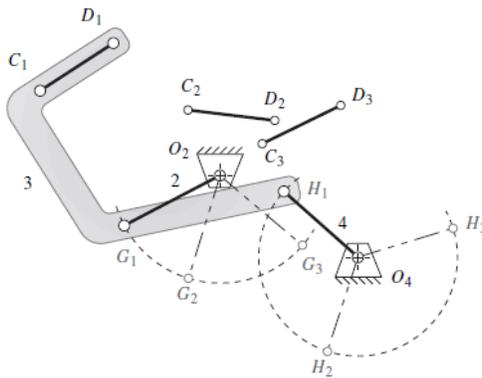
a) Construcción para hallar roto polos

b) Inversión correcta de eslabones



c) Reinversión para obtener el resultado.

d) Recolocación de la línea CD en el eslabón 3.



e) Las tres posiciones (el eslabón 4 impulsa en sentido contrario al de las manecillas del reloj)

Figura 3-4. Pasos Finales para la obtención del mecanismo. (Fuente: *Diseño de maquinaria Robert L. Norton*)

3.2.2. Síntesis analítica

La síntesis analítica es un proceso más algebraico que gráfico y por esta característica se hace más adecuado para el trabajo en computadora. Para realizar este proceso, se hace necesario definir los puntos de control que sigan la trayectoria que se desea para el mecanismo, teniendo en cuenta las variables mostradas en la figura 3-5. La metodología para realizar este proceso consiste en que el mecanismo va a pasar por las tres posiciones ya seleccionadas como se ve en la figura 4-13. Dependiendo de la posición en la que se encuentre el mecanismo, ya sea P1, P2 o P3, va a haber una diferencia en los ángulos de los eslabones W, Z, S, V y U. ver figura 3-5. El código y el significado de cada variable que se requiere utilizar para este proceso se encuentra en los anexos, sección 9.1. con su respectiva explicación.

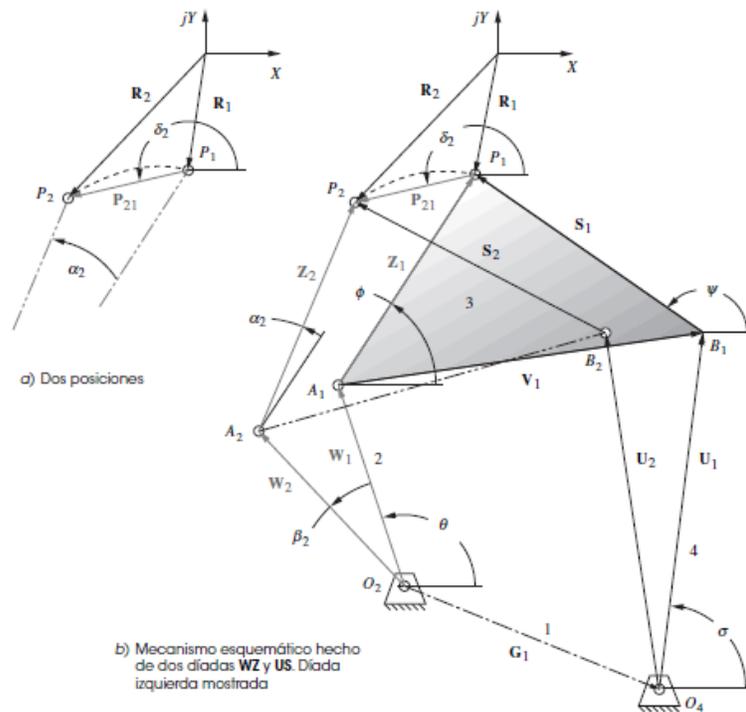


Figura 3-5. Variables que se deben tener en cuenta. (Fuente: *Diseño de maquinaria Robert L. Norton* pág. 207.)

3.2.3. Centros instantáneos de velocidad

Los centros instantáneos de velocidad son necesarios para la obtención de la ventaja mecánica y son un punto común a dos cuerpos en movimiento plano, que tiene la misma velocidad instantánea en cada cuerpo. la cantidad de centros instantáneos que se esperan de cualquier conjunto de eslabones está dada por la ecuación es la siguiente.

$$C = \frac{n(n - 1)}{2} \quad (3.2)$$

Donde n es el número de eslabones.

Regla de Kennedy: Este teorema se hace necesario para encontrar los centros instantáneos de velocidad y se basa en que cualesquiera tres cuerpos en movimiento plano tendrán exactamente tres centros instantáneos y se encontrarán en la misma línea recta.

Tomemos como ejemplo la localización de los centros instantáneos para un eslabonamiento de cuatro barras de la figura 3-6^a, seguiremos los siguientes pasos.

1. Se traza un círculo con todos los eslabones numerados alrededor de la circunferencia como se indica en la figura 3-6a, que es para el caso de un eslabón de cuatro barras.
2. Todas las juntas de pasador deben ser CI permanentes, por esta razón se marcan los puntos (1,2) (1,4) (3,2) (3,4), como se ve en la figura 3-6a. y en el círculo creado se trazan las líneas de los CI encontrados ver figura 3-6c
3. Para obtener el CI (1,3) se traza una línea punteada entre el punto 1 y el punto 3, ver figura 3-6d y se traza una línea recta que pase por los puntos (1,2) y (2,3), y otra línea que pase por los puntos (1,4) y (4,3), estas dos líneas se extienden hasta que se encuentren entre sí y en ese punto se encontrará el punto (1,3), ver figura 3-6b

4. Para encontrar el punto (2,4) se realizó el mismo procedimiento anterior, pero uniendo los puntos (2,3) con (3,4) y (1,2) con (1,4).

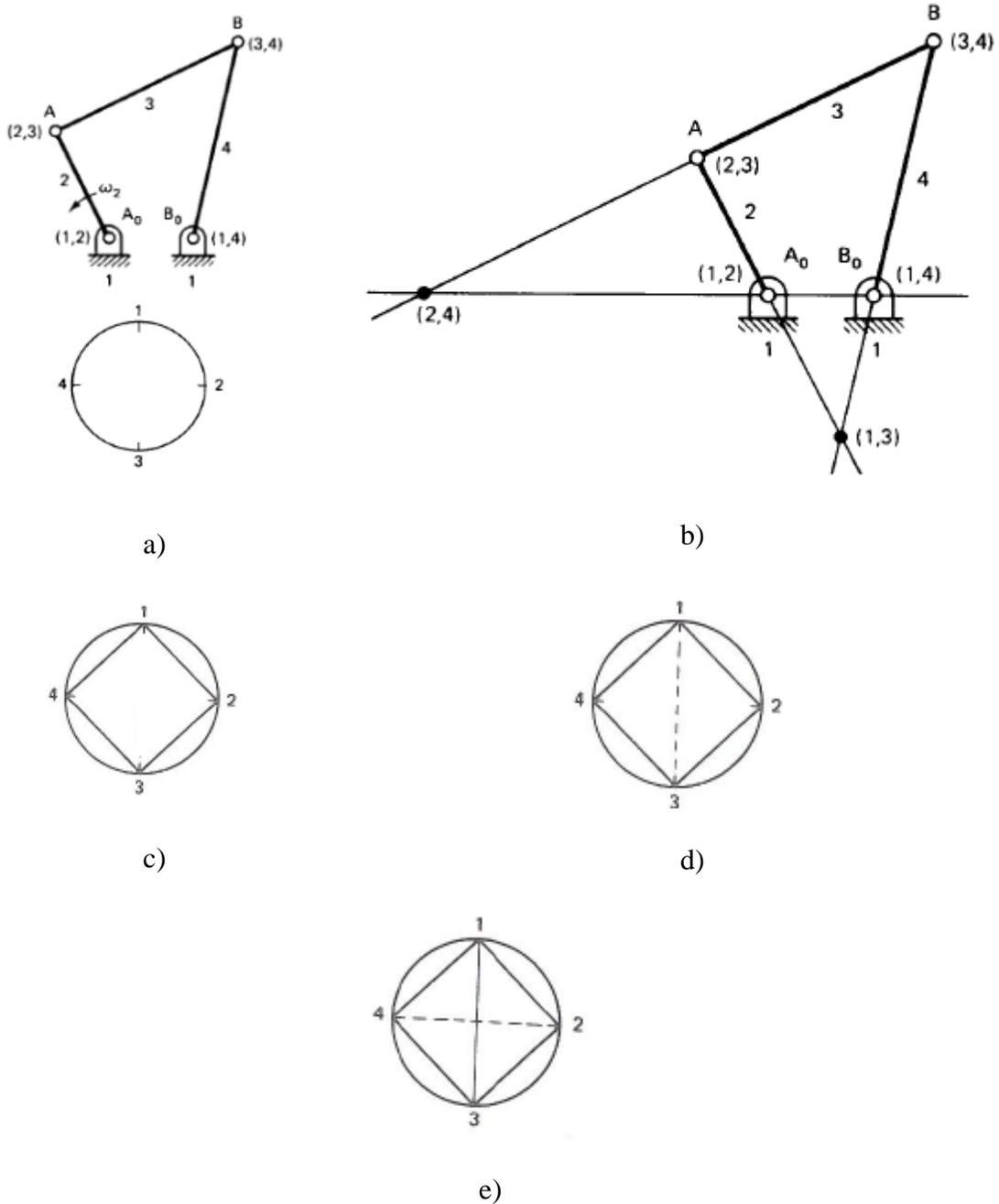


Figura 3-6. Explicación del teorema de Kennedy (*Fuente: Diseño de maquinaria Robert L. Norton*)

Si se conoce la velocidad absoluta del punto A del eslabón 2, entonces con ayuda del CI del eslabón 2 con respecto a tierra, una simple construcción dará la velocidad absoluta de cualquier otro punto, como el B. una línea de calibración se traza desde A_0 hasta la punta del vector velocidad V_A . Hay una relación lineal entre la magnitud de la velocidad y la distancia desde el centro instantáneo (1,2) ya que $V = R \cdot \omega$. Un arco circular con centro en A_0 que pase por B, localiza B' sobre la línea A_0A . $V_{B'}$ se traza paralelamente a V_A , hasta la línea de calibración. Como B' y B equidistan de A_0B , por lo que la velocidad en B queda determinada, ver figura 3-7.

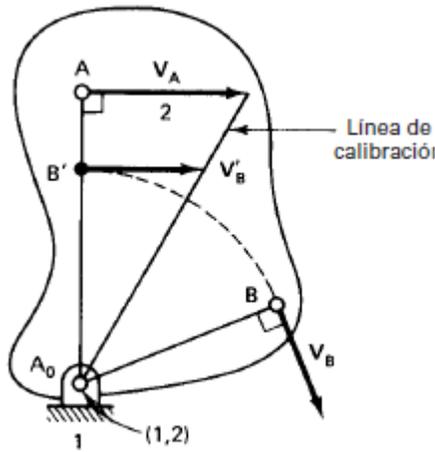


Figura 3-7. Relación de velocidades. (Fuente: *Diseño de maquinaria Robert L. Norton*)

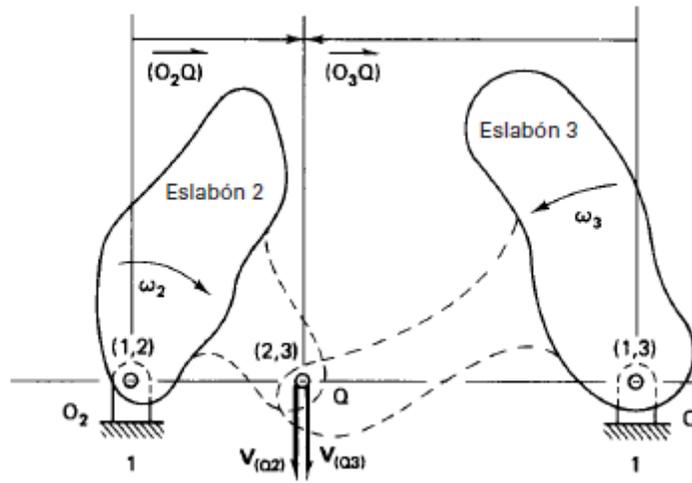


Figura 3-8. Relación de velocidades. (Fuente: *Diseño de maquinaria Robert L. Norton*)

La ecuación que relaciona las velocidades es la siguiente:

$$\frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{(1,3 - 2,3)}{(1,2 - 2,3)} \quad (3.3)$$

Considerando la figura 3-8, si el centro instantáneo relativo (2,3) se encuentra entre los centros instantáneos absolutos (1,2 y 1,3), la razón de velocidad angular es negativa, quiere decir que los eslabones giran en sentidos opuestos.

Si el CI relativo se encuentra fuera de los otros dos la razón de velocidad angular es positiva.

3.2.4. Ventaja Mecánica

Este es uno de los criterios principales que debe tener en cuenta un diseñador, ya que mide la capacidad de un mecanismo particular para transmitir pares de potencias o fuerzas. Permite medir la relación entre la fuerza de entrada y la fuerza de salida, ver figura 3-9. La ecuación es la siguiente:

$$\frac{F_{sal}}{F_{ent}} = V.M. = \left(\frac{\omega_{ent}}{\omega_{sal}}\right) \left(\frac{r_{ent}}{r_{sal}}\right) \quad (3.4)$$

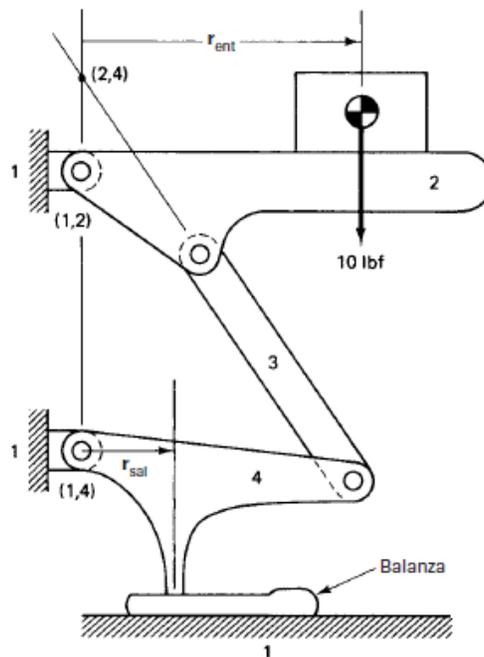


Figura 3-9. ilustración de ejemplo. (Fuente: diseño de mecanismos, Análisis y síntesis).

3.3. PROCESO PARA EL CÁLCULO DE SOLDADURA

La soldadura es un proceso de unión permanente entre aceros, se realiza dependiendo del tipo de esfuerzo al que estén sometidas las piezas a soldar, hay varios tipos de esfuerzos que pueden generarse en una soldadura como:

- Esfuerzos en soldadura a tope y filete ver figura 3-10 a).
- Esfuerzos en soldadura sujetas a flexión ver figura 3-10 b).

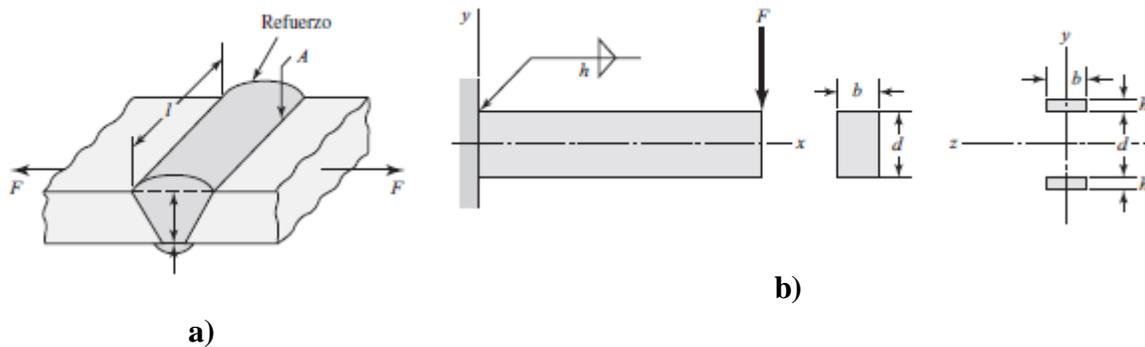


Figura 3-10. Tipos de esfuerzos en soldadura. (Fuente: *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*)

Esfuerzos en soldadura a tope y filete: Se genera por cargas de tensión o compresión y el esfuerzo normal está dado por:

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad (3.5)$$

Donde h es la garganta de la soldadura y l es la longitud de la soldadura, figura 3-10 a).

En caso de ser debido a carga cortante, ver figura 3-11, está dado por la ecuación 3.6.

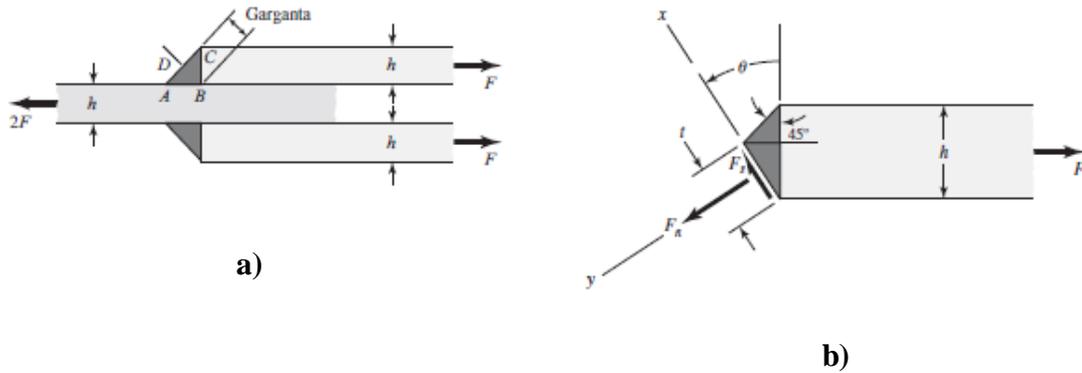


Figura 3-11. Esfuerzo debido a carga cortante en la soldadura. (Fuente: *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*)

$$\tau = \frac{F}{hl} \quad (3.6)$$

Además, el esfuerzo máximo de Von Mises a un ángulo θ , se obtendrá mediante

$$\sigma' = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{1/2} \quad (3.7)$$

Esfuerzos en soldadura sujetas a flexión: se genera por la posición y dirección de la fuerza como se ve en la figura 3-10. b). Se produce una reacción de fuerza cortante V y una reacción de momento M . de esto, por la fuerza cortante, se produce un esfuerzo cortante primario en las soldaduras de magnitud.

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad (3.8)$$

Donde A es el área total de la garganta.

El momento induce un componente de esfuerzo cortante horizontal en las soldaduras. Para este proceso es importante conocer el segundo momento de área unitaria que depende de

cómo se tracen los cordones de soldadura, para el ejemplo de la figura 3-10 b), en la forma como se trazaron los cordones.

$$I_u = \frac{bd^2}{2} \quad (3.9)$$

Así el segundo momento de inercia es

$$I = 0.707h \frac{bd^2}{2} \quad (3.10)$$

Y el esfuerzo cortante nominal en la garganta es

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} = \frac{Md/2}{0.707hbd^2/2} = \frac{1.414M}{bdh} \quad (3.11)$$

Entonces

$$\tau = (\tau'^2 + \tau''^2)^{1/2} \quad (3.12)$$

3.4. PROCESO PARA EL CÁLCULO DE RESORTES

Los resortes son diseñados para soportar cargas de tensión y son enrollados con una carga de tensión inicial. Los factores importantes para la construcción de estos resortes son los siguientes:

Esfuerzo cortante torsional: se genera debido a la torsión del alambre cuando se estira el resorte.

$$\tau = K_s \frac{8FD}{\pi d^3} \quad (3.13)$$

Factor de corrección del esfuerzo cortante:

$$K_s = \frac{2C + 1}{2C} \quad (3.14)$$

Índice del resorte: es una medida de la curva de las espiras, su valor preferido de C se encuentra entre 4 y 12.

$$C = \frac{D}{d} \quad (3.15)$$

Dónde: D es el diámetro medio del resorte y d es el diámetro del alambre.

Esfuerzo de tensión: para transferir la carga a el cuerpo de estos resortes se hace a través de un gancho giratorio, analizando la figura 3-12, en el punto A el esfuerzo está dado por:

$$\sigma_A = F \left[(K)_A \frac{16D}{\pi d^3} + \frac{4}{\pi d^2} \right] \quad (3.16)$$

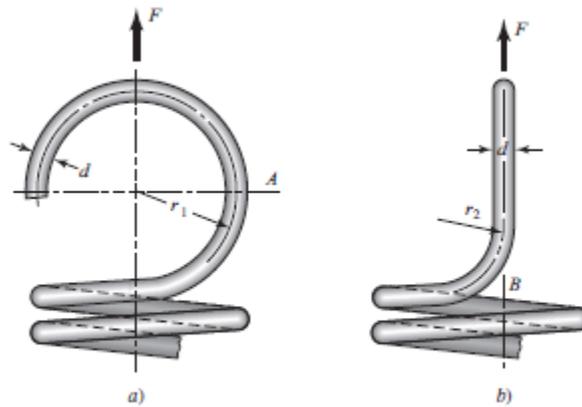


Figura 3-12. Gancho del resorte. (Fuente: propia)

En la ecuación anterior se presentan varios factores de corrección para el punto en A y en B, que dependen de r_1 y r_2 .

$$(K)_A = \frac{4C_1^2 - C_1 - 1}{4C_1(C_1 - 1)} ; C_1 = \frac{2r_1}{d} \quad (3.17)$$

$$(K)_A = \frac{4C_2 - 1}{4C_2 - 4} ; C_2 = \frac{2r_2}{d} ; \tau_B = (K)_B \frac{8FD}{\pi d^3} \quad (3.18)$$

Al fabricar un resorte de extensión se prefiere cierta tensión inicial, con el propósito de mantener la longitud libre del resorte con mayor precisión, de esto:

$$F = F_i + ky \quad (3.19)$$

Longitud del resorte: esta depende del número de vueltas del alambre que se recomienda entre 3 y 15, del diámetro del resorte, la ecuación es la siguiente.

$$L_0 = 2(D - d) + (N_b + 1)d ; N_a = N_b + \frac{G}{E} \quad (3.20)$$

Donde N_a es el número de vueltas del alambre G y E es el módulo de elasticidad al cortante y a la tensión del alambre.

Dependiendo de las condiciones del alambre, hay un rango preferible en el cual debería encontrarse el esfuerzo de torsión no corregido y está dado por:

$$\tau_i = \frac{33500}{e^{0.105C}} \pm 1000 \left(4 - \frac{C - 3}{6.5} \right) \quad (3.21)$$

Fatiga en resortes

Para realizar los cálculos de fatiga en resortes se hace necesario conocer que, los componentes de la resistencia a la fatiga de vida infinita son:

$$\text{Sin martillar: } S_{sa} = 241 \text{ Mpa} \quad S_{sm} = 379 \text{ Mpa} \quad (3.22)$$

$$\text{Martillado: } S_{sa} = 398 \text{ Mpa} \quad S_{sm} = 534 \text{ Mpa} \quad (3.23)$$

Las ecuaciones anteriores son importantes para usar el criterio de falla de Gerber donde:

$$S_{se} = \frac{S_{sa}}{1 - \left(\frac{S_{sm}}{S_{su}}\right)^2} ; S_{su} = 0.67S_{ut} \quad (3.24)$$

Ahora, definiremos otras componentes necesarias.

$$F_a = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} ; F_m = \frac{F_{max} + F_{min}}{2} \quad (3.25)$$

$$\tau_a = K_B \frac{8F_a D}{\pi d^3} ; \tau_m = K_B \frac{8F_m D}{\pi d^3} \quad (3.26)$$

4. METODOLOGÍA

4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1. Recolección de datos para caracterizar el coco

Para realizar el análisis estadístico se utilizó una cinta métrica y se tomaron datos de: perímetro del coco, longitud y espesor de la concha como se aprecia en las figuras 4-1, 4-2, 4-3 respectivamente; se tomaron diez muestras en diferentes fincas de las cuales: 5 fueron de cocos entre los más pequeños y 5 de los más grandes ver figura 4-4.



Figura 4-1: Perímetro.
(Fuente propia)



Figura 4-2: Longitud.
(Fuente propia)



Figura 4-3: Espesor.
(Fuente propia)



Figura 4-4: Cocos seleccionados. (*Fuente propia*)

Para la determinación del espesor de la concha se tomaron muestras de conchas de cocos ya pelados, se notó que a medida que el coco va aumentando de longitud la concha aumenta de espesor. Lo que interesa en este caso es el espesor de la concha en cocos pequeños, por eso solo hay muestras de cocos pequeños y este es uno de los criterios bases para la determinación de la longitud mínima.

Los datos obtenidos de estas mediciones se pueden encontrar en la sección de resultado, tabla 5-1 y 5-2.

4.1.2. Determinación de la fuerza de penetración de la cuchilla

Para determinar la fuerza de penetración en la fibra, los materiales utilizados fueron un cuchillo y una balanza electrónica; se realizó el montaje de la figura 4-5 y se procedió a imprimir fuerza en el coco hasta lograr que el cuchillo se introdujera en la concha a una profundidad especificada, los datos obtenidos en el proceso se tomaron en magnitud de Kg y se realizó la respectiva conversión de Kg a N utilizando la ecuación 4.1. Los datos obtenidos se anotaron en la sección 5.2. Tabla 5-3.

$$F_p = K_g * g ; \text{Donde: } K_g \text{ es el peso, } g \text{ es la gravedad. (4.1)}$$



Figura 4-5: Montaje para determinar fuerza de penetración en la fibra. (*Fuente propia*)

4.1.3. Determinación de la fuerza para separar la fibra

Para determinar la fuerza de separación de la fibra se realizó el montaje de la figura 4-6, se introdujo la punta de la tijera en el coco hasta una profundidad aproximada de 40 mm y se conectó la balanza a una distancia aproximada de 1 m, después de esto se empezó a halar la balanza a una velocidad más o menos constante hasta lograr que la fibra se desprendiera, en ese instante se recolectó la fuerza que se ejerció y se anotó en la sección 5.2. Tabla 5-3. Los datos obtenidos se tomaron en Kg y se realizó la respectiva conversión de Kg a N utilizando la ecuación 4-1.



Figura 4-6: Montaje. *(Fuente propia)*

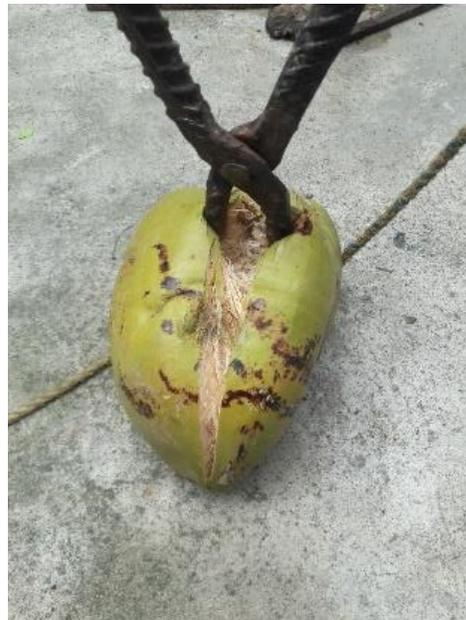


Figura 4-7: Desprendimiento de la fibra.
(Fuente propia)

4.1.4. Determinación de la fuerza que puede ejercer un hombre promedio con el pie.

Para determinar la cantidad de fuerza que se puede ejercer con el pie, se utilizó una balanza, como se ve en el montaje de la figura 4-8 y se procedió a aplicar fuerza con el pie varias veces, los datos obtenidos de esta medición se tomaron en Kg y se realizó la respectiva conversión de Kg a N utilizando la ecuación 4-1, y se anotaron en la tabla 5-4, que se encuentra en la sección 5.3.



Figura 4-8. Medición de fuerza con el pie (*Fuente: propia*)

4.2. DISEÑO DE LA MÁQUINA

Para iniciar con el proceso, se establecieron algunas características claves para el funcionamiento de la máquina, se consideró que debía hacer que tres cuchillas ubicadas tal cual se ve en la figura 4-9, penetren por la parte superior del coco, ver figura 4-10, y a medida de ir penetrando ir abriendo la concha, con la finalidad de dejarlo tal cual se ve de manera gráfica en la figura 4-11, se determinó que la máquina debía tener un soporte para fijar el coco de tal manera que este no se moviera durante el proceso de pelado y además el movimiento de la máquina debía ser transmitido a través de una palanca impulsada por el pie para hacerla funcionar sin ningún tipo de motor.

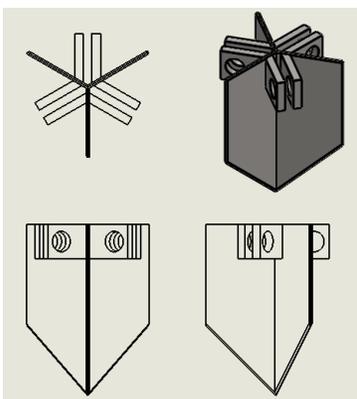


Figura 4-9: Cuchillas.
(*Fuente propia*)



Figura 4-10: lugar de introducción de las cuchillas en el coco. (*Fuente propia*)

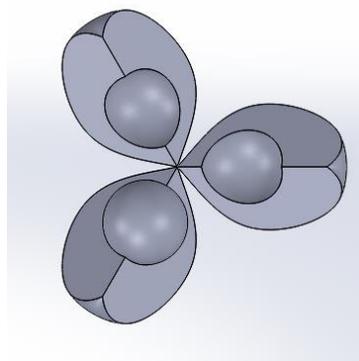


Figura 4-11: Coco pelado.
(*Fuente propia*)

4.2.1. Obtención del primer prototipo de la máquina.

Para la construcción del primer prototipo de la máquina, se diseñaron las cuchillas teniendo en cuenta las características del coco de tal manera que estas cuando penetraran en la concha no dañaran la fruta.

Se diseñó la base de la máquina teniendo en cuenta que debía ser simétrica, y su configuración debía ser de tal manera que permitiera sujetar en ella tres mecanismos ubicados a 120° para hacer que estos dieran movimiento a las tres cuchillas de manera sincronizada.

Se diseñó el soporte de tal manera que permitiera centrar el coco para que las cuchillas entraran por la ubicación correcta.

Se diseñó el mecanismo de tal manera que, al ejercer fuerza en la palanca, este hiciera penetrar las cuchillas en la concha y de esta manera poder separarlas.

Al finalizar este proceso se calcularon los grados de libertad del prototipo y los resultados del diseño se encuentran en la sección 5.4. El primer prototipo obtenido se aprecia en la figura 4-12.

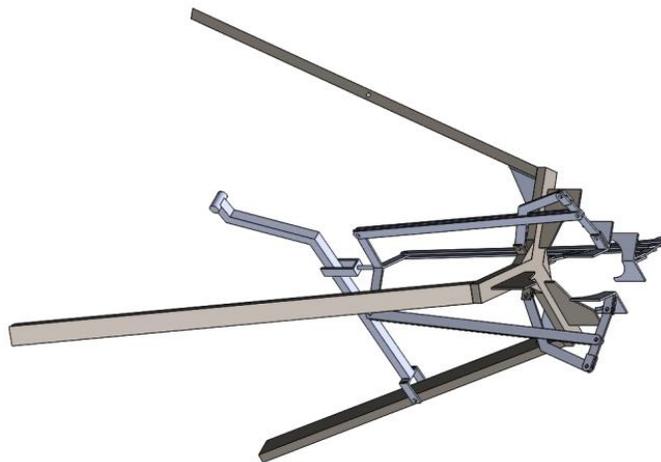


Figura 4-12: Primer prototipo de la máquina. (*Fuente propia*)

4.2.2. Obtención del segundo prototipo de la máquina.

Se utilizaron los métodos de síntesis gráfica y síntesis analítica para encontrar un mecanismo diferente al obtenido en la sección anterior, ya que estos métodos brindan la posibilidad de encontrar mecanismos con un grado de libertad que ayuden a resolver el problema en cuestión para este proyecto.

Generación de mecanismos de 4 barras por síntesis gráfica: Para la obtención de un mecanismo de cuatro barras por síntesis gráfica, se delimitó el área de trabajo de las cuchillas y se establecieron tres posiciones por donde estas debían moverse con una respectiva inclinación y se siguieron los pasos explicados en la sección 3.2.1. para realizar este proceso, los resultados se muestran en la sección 5.5.

Generación de mecanismos de 4 barras por síntesis analítica: Para la obtención de un mecanismo de cuatro barras por síntesis gráfica, se establecieron los puntos y la inclinación de las cuchillas diferentes a los tomados en la sección 4.2.2, se estableció la base de apoyo y se programó un código con las ecuaciones correspondientes explicadas en el libro de DISEÑO DE MAQUINARIA. Robert L. Norton. Cap. 5.4. Los resultados se muestran en la sección 5.6.

Se obtuvieron varios mecanismos por síntesis gráfica y síntesis analítica, se les evaluó la ventaja mecánica y facilidad de construcción de sus componentes y se determinó que la manera más óptima de construir la máquina es la que se muestra en la figura 4-13, siendo ésta la segunda propuesta que se planteó para el posible diseño de la máquina. En la sección 4.3, se muestra la metodología para calcular la ventaja mecánica de los mecanismos obtenidos por síntesis gráfica y síntesis analítica, y en la sección 4.4 se muestra el

procedimiento para la construcción del segundo prototipo de la máquina con el mecanismo más óptimo.

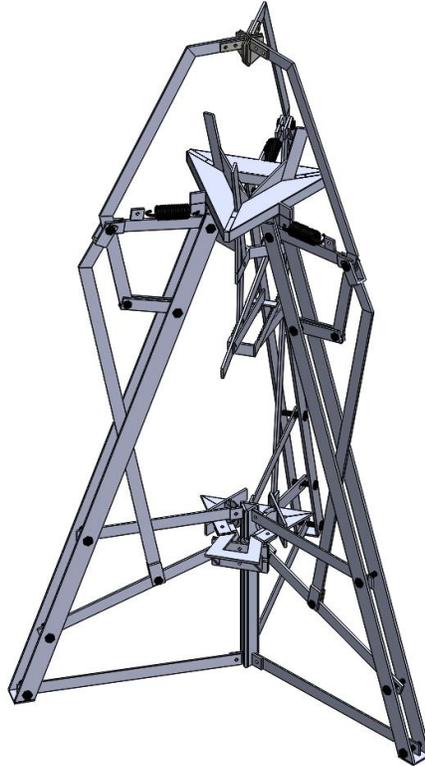


Figura 4-13: Prototipo 2 (*Fuente propia*)

4.3. EVALUACION DE LA VENTAJA MECANICA DE LOS MECANISMOS OBTENIDOS POR SÍNTESIS

4.3.1. Obtención de la fuerza total.

Para la evaluación de la ventaja mecánica se obtuvo la fuerza total F_t que se genera en las cuchillas cuando van penetrando y abriendo la concha del coco, para saber este valor se utilizó la ecuación 4.2.

$$F_f = \sqrt{F_p^2 + F_t^2} \quad (4.2)$$

Donde:

- F_p es la fuerza para penetrar de la concha, se tomó el valor mayor de la tabla 5-3.
- F_t es la fuerza de separación de la concha.

Para obtener la fuerza de separación de la concha F_t , se tomó el valor mayor de la tabla 5-3, la cual contiene los datos de fuerza de penetración y separación de la concha del coco, y se realizó un análisis estático de las tijeras, para saber la fuerza real que estas ejercen en la concha al separarlas. Los resultados se encuentran en la sección 5.7.

4.3.2. Obtención de los centros instantáneos de velocidad

Para la obtención de los centros instantáneos de velocidad de los mecanismos obtenidos por síntesis, se aplicó el teorema de Kennedy explicado en la sección 3.2.3, se tomaron los mecanismos encontrados tanto por síntesis gráfica como por síntesis analítica y se utilizó un programa de diseño asistido por computadora para trazar las líneas entre los eslabones y tener mejor precisión al medir las distancias que se requieren obtener en el proceso, se encontraron 7 mecanismos diferentes de los cuales en la sección 5.7.2, se muestran los resultados del mecanismo obtenido por síntesis analítica y el primer mecanismo obtenido por síntesis gráfica, los demás mecanismos obtenidos se encuentran en la sección de anexos 9.2, y en la sección 9.3 se encuentran sus respectivos centros instantáneos de velocidad.

4.3.3. Cálculo de ventaja mecánica

Los mecanismos se evaluaron en una posición donde las cuchillas estuvieran penetrando y separando la concha al mismo tiempo ya que este es el punto donde el mecanismo ejerce mayor fuerza F_f . Después que se obtuvieron los centros instantáneos de velocidad, se utilizó la ecuación 4.3, Para calcular la relación entre el eslabón de entrada y el de salida de la fuerza,

siendo ω_2 la variable correspondiente al eslabón de entrada, y siendo ω_5 la variable correspondiente al eslabón de salida.

$$\frac{\omega_2}{\omega_5} = \frac{(1,5 - 2,5)}{(1,2 - 2,5)} \quad (4.3)$$

Se utilizó la ecuación 4.4 para realizar el cálculo de ventaja mecánica, reemplazando los valores obtenidos en la ecuación 3.3, y por último se utilizó la ecuación 4.5, para hallar las fuerzas de entrada que se debe aplicar en la palanca de entrada.

$$V.M. = \left(\frac{\omega_2}{\omega_5}\right) \left(\frac{r_{ent}}{r_{sal}}\right) \quad (4.4)$$

$$V.M. = \frac{F_{sal}}{F_{ent}} \quad (4.5)$$

Los resultados de los procedimientos de este capítulo se encuentran en la sección 5.7.3.

4.4. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO 3D DE LA MÁQUINA

4.4.1. Determinación del mecanismo más óptimo para la construcción de la máquina

Se creó el primer prototipo en 3D se ve en la figura 4-12, utilizando un software de diseño asistido por computadora, plasmando las ideas que se tenían respecto al funcionamiento de la máquina, y se realizaron los respectivos cálculos para garantizar el buen funcionamiento de este, los resultados de encuentran en la sección 5.4.

El segundo prototipo del posible diseño de la máquina se ve en la figura 4-13, se creó teniendo en cuenta el primer prototipo, con la diferencia que el mecanismo que da movimiento a las cuchillas fue obtenido utilizando los métodos de síntesis gráfica y síntesis analítica, tal como se ve en la sección 5.5 y 5.6. Se probaron diferentes posiciones de la base en la que se podría

apoyar el mecanismo y diferentes trayectorias posibles para las cuchillas, los mecanismos que se obtuvieron, fueron evaluados teniendo en cuenta los criterios de ventaja mecánica y facilidad de construcción de la máquina, con el fin de encontrar el mecanismo adecuado que cumpliera con los requisitos necesarios para poder pelar un coco, se analizaron los mecanismos con mayor ventaja mecánica, ya que a mayor ventaja mecánica menor es la fuerza requerida en la palanca de entrada para poner la máquina en funcionamiento.

En cuanto al criterio de facilidad de construcción se tomaron en cuenta la cantidad de piezas que se requerían para su construcción y la ubicación de la base del mecanismo.

Se evaluaron cada uno de los mecanismos obtenidos tanto por síntesis gráfica como por síntesis analítica, los cuales en total fueron 7, siguiendo los procedimientos explicados en la sección 4.3.3.

Se realizó el comparativo entre los dos mecanismos más viables para construir la máquina que se encontraron utilizando los métodos de síntesis gráfica y analítica, los resultados se muestran en la sección 5.8. y se seleccionó el mecanismo con mayor ventaja mecánica y más fácil de construir.

A parte de estos dos mecanismos se encontraron 5 más, los cuales se muestran en los anexos, sección 9.2.

4.4.2. Evaluación de las dos propuestas presentadas para el posible diseño del segundo prototipo de la máquina

La evaluación se realizó analizando las características de funcionamiento de las propuestas presentadas en la sección 5.4 y 5.6 teniendo en cuenta la ventaja mecánica. Los resultados se encuentran en la sección 5.8.1.

4.4.3. Diseño 3D y construcción de planos

Se seleccionó el mecanismo adecuado para la construcción de la máquina, realizando una comparación entre las dos propuestas del posible diseño de la máquina teniendo en cuenta los criterios de ventaja mecánica y facilidad de construcción

Después que se seleccionó el mecanismo adecuado, se procedió a realizar un modelo virtual en un software de diseño asistido por computadora con las dimensiones reales de cada pieza que compone la máquina, se ensamblaron dichas piezas y se realizaron los respectivos planos, los resultados se muestran en la sección 5.9.

Antes de realizar los planos, se hicieron los cálculos respectivos de esfuerzo en cada parte de la máquina para determinar las dimensiones de las platinas que se debían utilizar, los diámetros de los pasadores para unir las articulaciones, la metodología para los respectivos cálculos se muestra en la sección siguiente.

4.5. ANÁLISIS ESTÁTICO Y CÁLCULOS REQUERIDOS

Este proceso se realizó antes de hacer los planos de la máquina, ya que estos deben incluir las dimensiones exactas de las piezas, además se realizaron los cálculos de resorte, soldadura y pasadores.

4.5.1. Análisis estático del mecanismo

Se realizó un diagrama de cuerpo libre donde se posicionó el mecanismo en un punto donde los eslabones soportan la mayor cantidad de fuerza, se colocaron las fuerzas conocidas en el diagrama y se realizaron los respectivos cálculos, los resultados se muestran en la sección 5.10.

4.5.2. Cálculo de resorte

Para el cálculo de resortes se consideró el peso de cada eslabón, se realizó un diagrama de cuerpo libre, se realizó la sumatoria de momentos y se obtuvo la fuerza inicial con la que se diseñó el resorte, además de esto se establecieron los parámetros de diseño inicial siguiendo el procedimiento de la sección 3.4. Los resultados se muestran en la sección 5.10.2.

4.4.3. Cálculo de soldadura

Para realizar este proceso, se analizó el eslabón que estaba sometido a mayor esfuerzo, y con las mismas características que se diseñó la soldadura para este eslabón, así mismo se realizó la soldadura para los demás eslabones, ya que los demás eslabones estaban sometidos a menor esfuerzo, esto se decidió así para simplificar la construcción de la máquina. El proceso de cálculo de soldadura se realizó utilizando las fórmulas y el proceso de la sección 3.3. y los resultados se muestran en la sección 5.10.3.

4.4.4. Cálculo de pasadores

Para el cálculo de pasadores, se analizó el nodo que estaba sometido al mayor esfuerzo, se obtuvo la fuerza en ese punto y se realizaron los respectivos cálculos de resistencia y se verificó que tanto el pasador como las platinas resistan dicho esfuerzo. Los resultados se encuentran en la sección 5.10.4.

4.5. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

Los procesos que se utilizaron para trabajar con el acero y construir la máquina fueron:

Corte de metal: en este proceso se utilizaron herramientas como prensas de sujeción, cortadora de metal.

Perforación de metal: Las herramientas que se utilizaron fueron brocas, taladro de banco y el punzón para centrar el lugar donde se va a perforar el metal.

Proceso de soldadura: Las herramientas que se utilizaron fueron, electrodos, máquinas de soldadura, pinzas de sujeción, casco protector y guantes.

Después de haber realizado cada proceso y de haber construido cada pieza, se concluyó con el ensamble de la máquina. Los resultados de estos procesos se encuentran en la sección 5.11.

4.6. EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Para la evaluación de funcionamiento se introdujo el coco en el soporte de la máquina, se ajustó a la altura adecuada para que las cuchillas pudieran penetrar y se procedió a aplicar fuerza en la palanca para abrir la concha con el mecanismo. En la sección 5.12, se muestra el procedimiento.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. CARACTERIZACIÓN DEL COCO

5.1.1. Perímetro, longitud y espesor

Los datos de caracterización se recolectaron en el municipio de san juan de Urabá en finca la cabaña del señor Epifanio Angulo, la finca Torres, la finca del señor Candelario Angulo y la finca del señor Bienvenido Paternina, lugares en los cuales, los dueños permitieron realizar la recolección de muestras, ver tabla 5-1, donde P es el perímetro, L es la longitud y los datos de espesor de concha se especifican en la tabla 5-2.

Tabla 5-1: perímetros y longitudes del coco.

#	Fca. La cabaña		Fca. Candelario		Fca. Torres		Fca. bienvenido	
	P (mm)	L (mm)	P (mm)	L (mm)	P (mm)	L (mm)	P (mm)	L (mm)
1	315	200	380	170	540	250	550	260
2	360	170	385	160	550	260	610	270
3	340	150	400	180	530	280	520	260
4	370	160	410	200	530	290	650	260
5	330	190	430	190	410	180	590	250
6	570	230	500	320	370	190	400	190
7	520	270	570	280	420	190	420	190
8	600	260	600	290	430	210	420	180
9	590	300	610	290	430	210	430	200
10	540	230	550	250	420	200	380	220

Tabla 5-2: espesor de la concha.

#	Longitud (mm)	Espesor de la concha (mm)
1	190	55
2	180	50
3	180	40
4	160	35
5	185	40
6	180	45
7	190	60
8	170	40
9	190	55
10	170	50

Durante el proceso de caracterización del coco se observaron detalles importantes como por ejemplo la variación del diámetro, longitud y espesor de la concha del coco, los cuales dependen del tamaño del mismo, a mayor longitud mayor espesor de la concha, pero no sucede lo mismo con el diámetro.

5.2. DATOS DE FUERZAS PARA PENETRAR EL COCO Y PARA SEPARAR LA FIBRA

El procedimiento se realizó con diferentes cocos, tanto para la determinación de la fuerza de penetración como para la de separación de la fibra, se tomaron 10 datos de medición, donde a las muestras de cocos se les registró el perímetro, la longitud y al calcular la fuerza de penetración se tuvo en cuenta la profundidad a la que se introdujo el cuchillo, en la tabla 5-3 se encuentran los resultados. los procedimientos se encuentran en la sección 4.1.2 y 4.1.3.

Tabla 5-3: Datos de fuerza para penetrar la cuchilla y fuerza de tijeras.

#	Perímetro (mm)	Long (mm)	Fuerza de Penetración			Fuerza de tijera	
			Kg	N	mm	Kg	N
1	390	180	15,4	151,1	35	2,84	27,86
2	410	195	11,1	108,9	30	3,41	33,45
3	395	185	20	196,2	36	4,15	40,71
4	455	200	15,3	151,1	36	6,58	64,55
5	440	230	14,9	146,17	48	5,22	51,2
6	449	219	15,2	149,11	47	5,11	50,12
7	468	225	16,6	162,85	50	7,76	76,13
8	469	209	16,8	164,81	50	6,92	67,89
9	460	245	17,9	170,69	54	5,68	55,72
10	547	270	11,3	110,85	70	6,58	64,55

5.3.DETERMINACIÓN DE LA FUERZA QUE PUEDE EJERCER UN HOMBRE PROMEDIO CON EL PIE.

Estos datos se tomaron siguiendo el procedimiento de la sección 4.1.4

Tabla 5-4. Fuerza con el pie

#	Fuerza en Kg	Fuerza en N
1	56,3	552,3
2	66,4	651,4
3	69,9	685,7
4	69,0	676,89
5	67,9	666,1

5.4. DISEÑO Y ANÁLISIS DEL PRIMER PROTOTIPO DE LA MÁQUINA

5.4.1. DISEÑO

Este proceso se inició con la construcción de las cuchillas, se diseñaron teniendo en cuenta la composición física del coco, por esta razón se decidió hacer las cuchillas tal cual se ve en la figura 5-1. Con la finalidad de no dañar el coco, se propuso este diseño.

Para la base del mecanismo se propuso el diseño mostrado en la figura 5-2, debido a que brinda la posibilidad de posicionar el mecanismo con sus respectivas articulaciones de manera simétrica para poder colocar las cuchillas a 120° una de la otra.

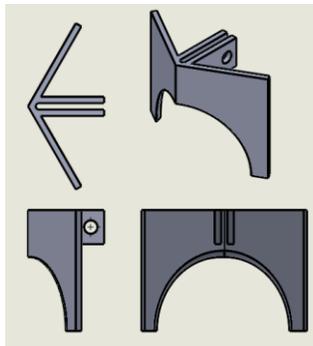


Figura 5-1: diseño de las cuchillas.

(Fuente propia)



Figura 5-2: Base del mecanismo. *(Fuente*

propia)

El soporte de diseño fijo sobre la base tal cual se ve en la figura 5-3, y el mecanismo se diseñó de tal manera que tuviera la capacidad de pelar cualquier coco sin importar su longitud, por esta razón se contempló la posibilidad de hacer un soporte fijo en la base.

El mecanismo se diseñó de tal manera que al ejercer fuerza en la palanca esta genera que las cuchillas penetran en el coco y separaran la concha, ver figura 5-4, y el dibujo 3D de la máquina se ve en la figura 5-5.

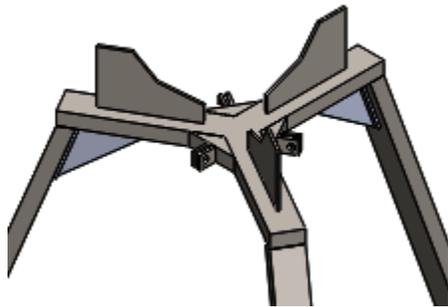


Figura 5-3: Soporte. (*Fuente propia*)



Figura 5-4: Mecanismo. (*Fuente propia*)



Figura 5-5: Modelo 1 de la máquina. (*Fuente propia*)

5.4.2. Análisis de funcionalidad

Al culminar el prototipo, se inició el análisis de funcionalidad realizando el cálculo de grados de libertad del mecanismo en cuestión, utilizando la ecuación 3.1, ver figura 5-6.

$$\text{Grados de libertad } F = 3(n - 1) - 2f_1 - 1f_2$$

Donde n es el número de eslabones, f_1 es el número de juntas de pasador con un grado de libertad y f_2 es el número de juntas de pasador con dos grados de libertad.

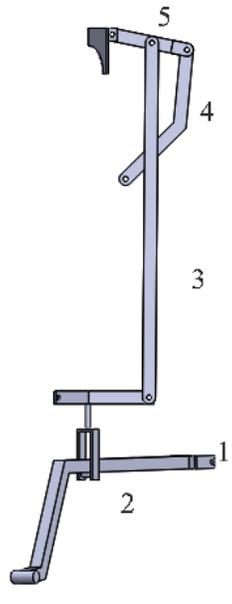


Figura 5-6: Mecanismo. (*Fuente propia*)

Analizando el mecanismo de la figura 5-6, las variables fueron las siguientes: $n = 5$, $f_1 = 5$ y $f_2 = 0$ utilizando la ecuación 3.1.

$$\text{Grados de libertad } F = 3(5 - 1) - 2 * 5 - 1 * 0 = 2$$

El mecanismo anterior se diseñó, basado en las ideas obtenidas para dar solución al problema, se realizaron los cálculos de grados de libertad y se observaron los resultados, los cuales no dieron favorables para garantizar la funcionalidad del mecanismo en el proceso, ya que un

mecanismo con dos grados de libertad indica que este no está completamente fijo, lo que se ve traducido en que mover la palanca con el pie no garantiza que las cuchillas penetren y separen la concha en el mismo movimiento, con este resultado, existe la posibilidad de que las cuchillas o los eslabones se muevan en direcciones que no podamos controlar, esto es un factor suficiente para determinar que el mecanismo no es la mejor opción para llevar a cabo la construcción. Dado que el mecanismo diseñado tiene dos grados de libertad, no se realizaron los cálculos de ventaja mecánica. En el proceso se requiere un mecanismo con un grado de libertad para garantizar que las cuchillas sigan la trayectoria deseada, por esta razón se siguió con la búsqueda de soluciones diferentes para realizar la labor de manera adecuada, convirtiendo este prototipo en la base para encontrar nuevas opciones, las cuales se presentaran a continuación.

Antes de encontrar otras alternativas se realizaron cambios importantes en el modelo base, se determinó que el diseño de las cuchillas debía ser diferente al de la figura 5-1, por la composición del coco, al realizar la caracterización de este, se observó que no es simétrico y su diámetro varía, por esta razón, es mejor hacer que las cuchillas empiecen a penetrar desde el centro del coco hacia los costados, para ellos se hace necesario diseñar las cuchillas tal cual se ve en la figura 5-7.

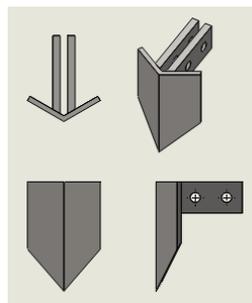


Figura 5-7: Modificación de las cuchillas. (*Fuente propia*)

5.5. OBTENCIÓN DE MECANISMOS POR SÍNTESIS GRÁFICA

La trayectoria que se deseó para las cuchillas se obtuvo estableciendo la posición e inclinación de las cuchillas tal cual se ve en la figura 5-8, donde $P1$, $P2$ y $P3$ son las posiciones por donde las cuchillas deben pasar, O es la base donde se va a apoyar el mecanismo y los dos arcos de construcción que se aprecian en el esquema, son el área donde se requiere que las cuchillas trabajen para disminuir la posibilidad de dañar el coco. Trazando líneas de construcción, uniendo y trasladando puntos tal como se explicó la sección 3.2.1, se obtuvo el mecanismo de la figura 5-9, con sus respectivas medidas en milímetros. Además, se utilizó el software Linkage para dibujar la trayectoria del mecanismo y verificar que siga el recorrido que se desea, tal cual como se ve en la figura 5-10.

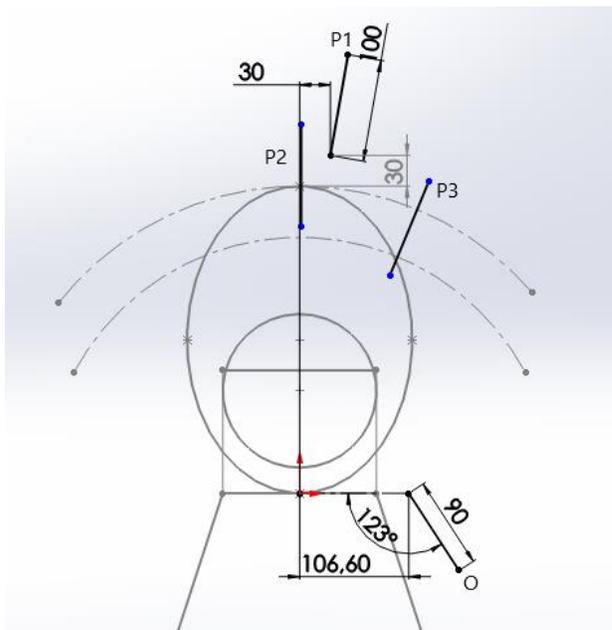


Figura 5-8: Posición de las cuchillas en el mecanismo 1. (*Fuente propia*)

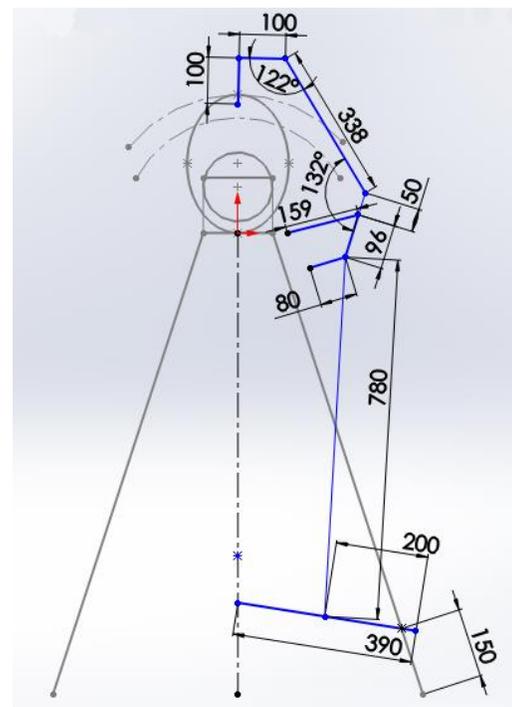


Figura 5-9: Mecanismo 1.
Dimensiones en mm. (*Fuente propia*)

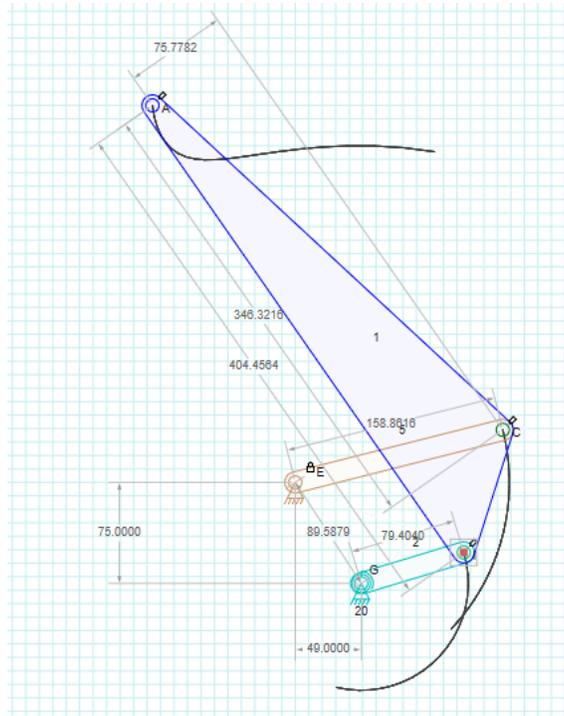


Figura 5-10: Trayectoria seguida por el mecanismo 1. (*Fuente propia*)

5.6. OBTENCIÓN DE MECANISMOS POR SÍNTESIS ANALÍTICA

Como se aprecia en la figura 5-11, se establecieron los puntos $P1$, $P2$ y $P3$ por donde se deseó que las cuchillas pasen con sus respectivas inclinaciones y O es la base donde se apoyó el mecanismo. Utilizando el código que está en los anexos sección 9.1, en un programa de modelamiento matemático se introdujeron los valores correspondientes de cada variable, especificando a $P1$ como el eje de coordenadas y se obtuvieron las ubicaciones de los puntos que conectan los eslabones de dicho mecanismo, los cuales se unieron utilizando el programa Linkage, se obtuvo el mecanismo mostrado en la figura 5-12, y se observó la trayectoria que seguiría, como se muestra en la figura 5-13.

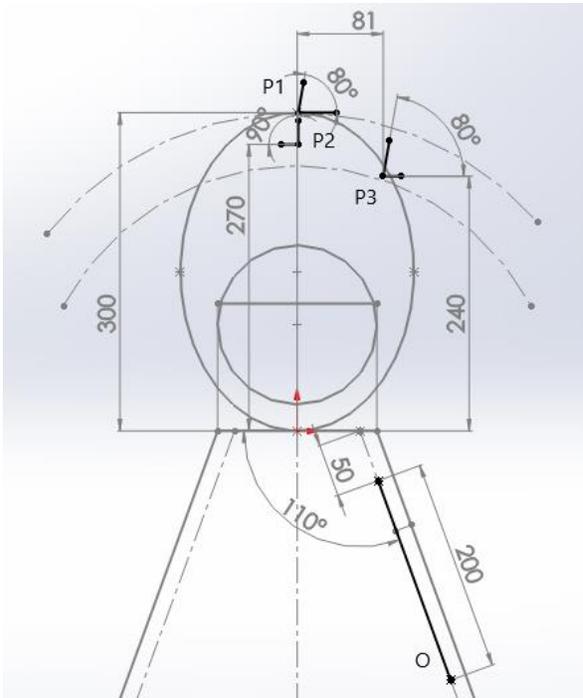


Figura 5-11: Puntos de recorrido e inclinación de cuchillas. (*Fuente propia*)

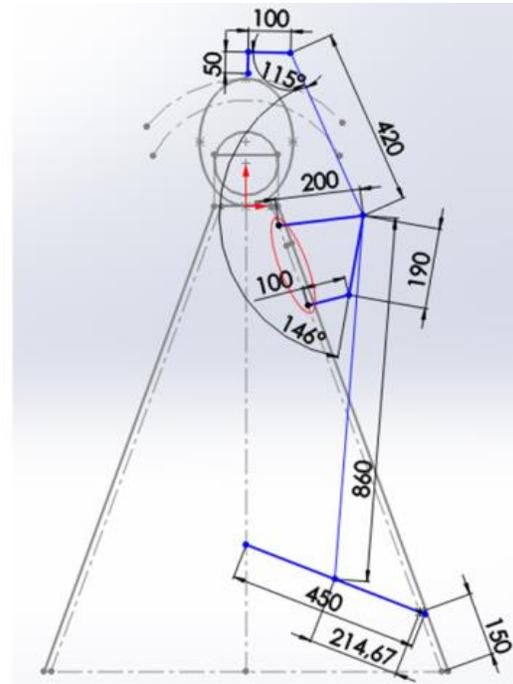


Figura 5-12: Mecanismo 2. (*Fuente propia*)

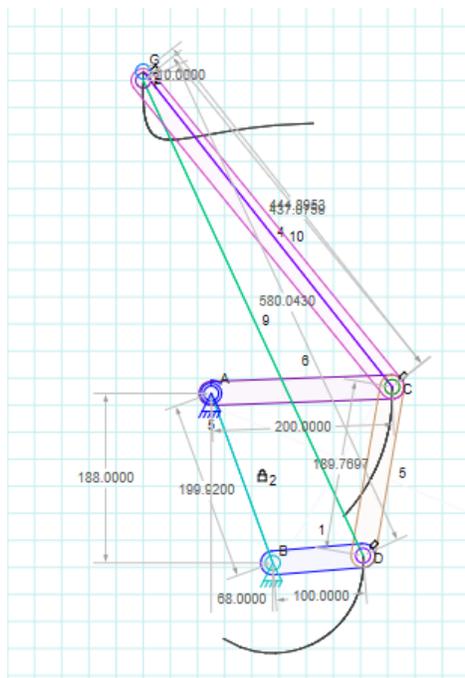


Figura 5-13: Trayectoria que seguirá el mecanismo 2. (*Fuente propia*)

NOTA: A parte de estos dos mecanismos se evaluaron 5 posibles soluciones más, las cuales se encuentran en los anexos, sección 9.2.

5.7. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE VENTAJA MECÁNICA

5.7.1. Cálculo de fuerza total para penetrar y separar la concha del coco.

Se tomó la fuerza de mayor cantidad de la tabla 5-3 de los datos de fuerza de separación de la fibra valor el cual es de 76,13 N, a este valor se le aplicó un factor de seguridad de 1,3, a criterio propio y se realizó un análisis estático con sumatoria de momentos en A, ver figura 5-14.

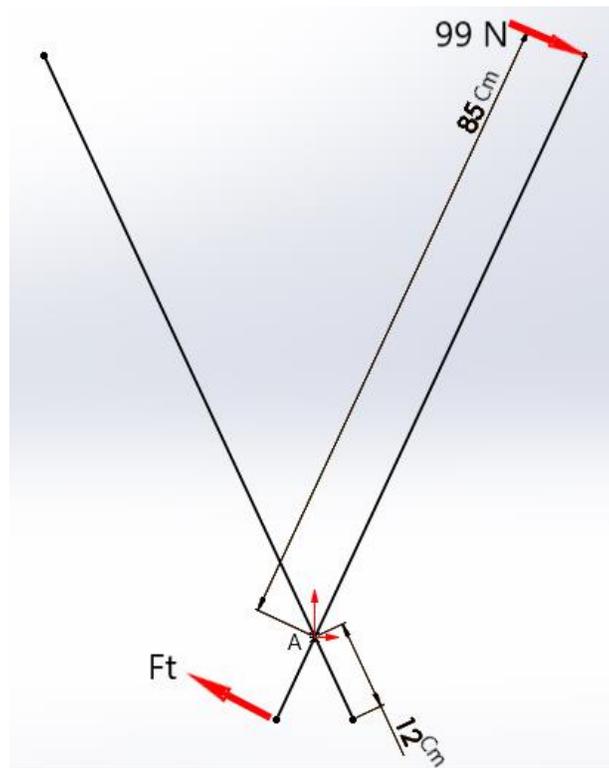


Figura 5-14: Diagrama de cuerpo libre de la tijera. (Fuente propia)

$$M = Fd; (4 - 2)$$

$$\sum M_A = 0; -0.85 * 99 + 0.12F_t = 0$$

Mecanismo encontrado por síntesis gráfica: en la figura 5-9 se encuentra el primer mecanismo encontrado por síntesis gráfica, se buscaron los centros instantáneos 51, 21 y 52 ya que son los puntos que se necesitan para relacionar la fuerza de entrada con la de salida, ver figura 5-16.

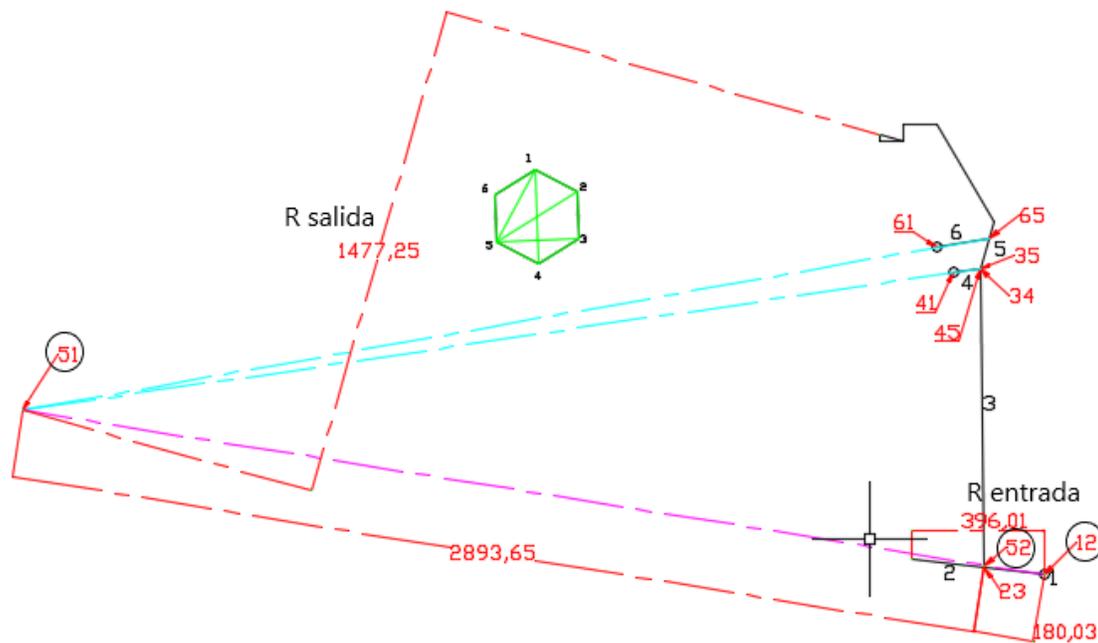


Figura 5-16: CI para el mecanismo 1 encontrado por síntesis gráfica. (Fuente propia)

5.7.3. Cálculo de ventaja mecánica

Por lo mostrado en la sección 5.1.1, la magnitud de la fuerza en el punto donde las cuchillas soportan mayor esfuerzo es de 728,2 N, y está ubicada tal cual se ve en la figura 5-15 para el mecanismo encontrado por síntesis gráfica y en la figura 5-16 para el mecanismo encontrado por síntesis analítica.

Mecanismo obtenido por síntesis analítica: para hallar la ventaja mecánica se reemplazó la ecuación 4.3. en la ecuación 4.3.3 y se reemplazaron los valores de r_{ent} , r_{sal} , ω_2 , ω_5 , los cuales se ven en la figura 5-15.

$$\frac{\omega_2}{\omega_5} = \frac{(1,5 - 2,5)}{(1,2 - 2,5)} \quad (4.3)$$

$$V.M. = \left(\frac{\omega_2}{\omega_5}\right) \left(\frac{r_{ent}}{r_{sal}}\right) \quad (4.4)$$

$$\Rightarrow V.M. = \frac{(1,5 - 2,5)}{(1,2 - 2,5)} * \left(\frac{r_{ent}}{r_{sal}}\right) = \frac{1300,13 * 407,9}{257,68 * 331,26} = 6,21$$

Despejando de la ecuación 4.5 a F_{ent} :

$$\frac{F_{sal}}{F_{ent}} = V.M. \Rightarrow F_{ent} = \frac{F_{sal}}{V.M.}$$

$$F_{ent} = \frac{728,2}{6,21} = 117,23 \text{ N}$$

Como son tres palancas la que tiene la máquina tal cual se ve en la figura 5-17, la fuerza total que se debe aplicar en el pedal se triplica, así que:

$$F_{t_{ent}} = 3 * 117,23 = 351,69 \text{ N}$$

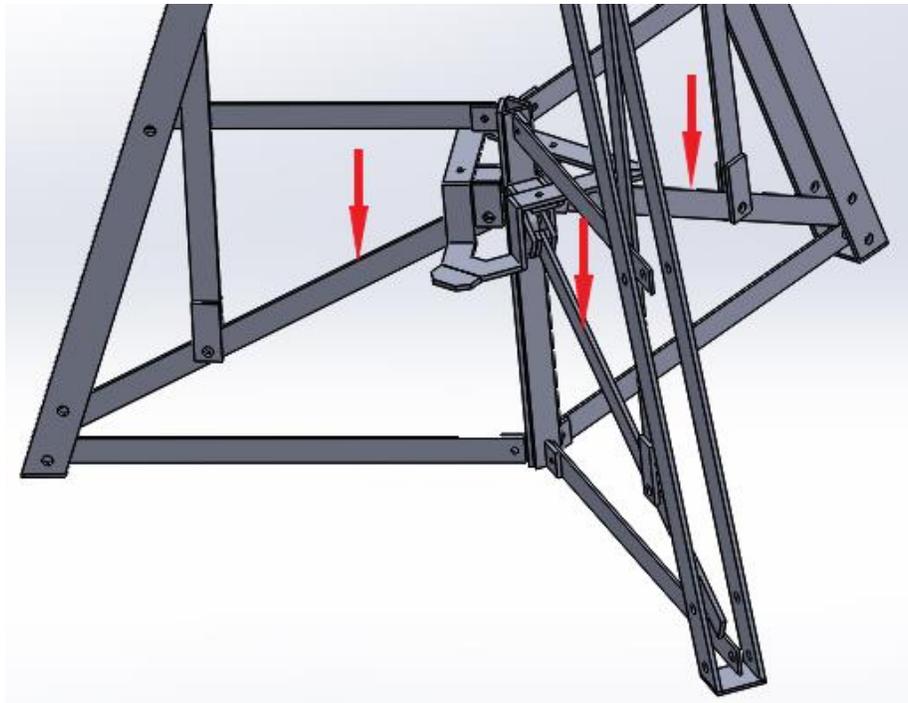


Figura 5-17. Palancas (*Fuente propia*)

Mecanismo obtenido por síntesis gráfica: Se realizó el mismo procedimiento aplicado al mecanismo obtenido por síntesis analítica, pero con las medidas de la figura 5-16, así.

$$\Rightarrow V.M = \frac{(1,5 - 2,5)}{(1,2 - 2,5)} * \left(\frac{r_{ent}}{r_{sal}} \right) = \frac{2893,65 * 396,01}{180,03 * 1477,25} = 4,3$$

$$F_{ent} = \frac{728,2}{4,3} = 169,34 N$$

Como son tres palancas

$$Ft_{ent} = 3 * 169,34 = 508,1 N$$

La ventaja mecánica del resto de mecanismos obtenidos se encuentra en la sección 9.4. Tabla 9-1.

5.8. SELECCIÓN DEL MECANISMO A CONSTRUIR PARA EL SEGUNDO PROTOTIPO DE LA MÁQUINA

En la sección 5.4 y 5.5 se encontraron dos mecanismos viables para la construcción, uno por síntesis analítica y otro por síntesis gráfica, a los cuales se les realizó el cálculo de ventaja mecánica, los mecanismos en cuestión son los de la figura 5-9 y la figura 5-12, que para mayor simplicidad se mostrar nuevamente en esta sección.

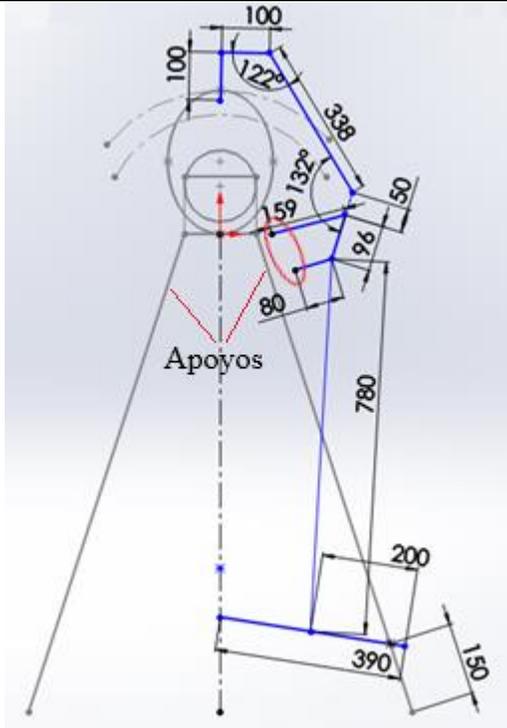
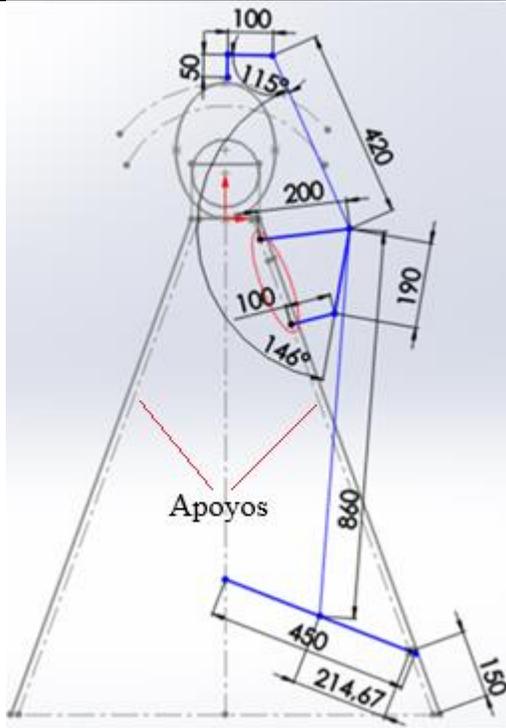
Estos, se diferencian el uno del otros en lo siguiente:

- La inclinación de las cuchillas para el mecanismo 1 con respecto al mecanismo 2, tienen diferencias, ver figura 5-8 y 5-11.
- La trayectoria que sigue el mecanismo 1, es diferente a la del mecanismo 2, ver figuras 5-10 y 5-13, la diferencia se aprecia en que la trayectoria del mecanismo 2 cuando penetran las cuchillas es más vertical que la del mecanismo 1.

- La base del mecanismo 1 está ubicada en un lugar diferente a la base del mecanismo 2, ver figuras 5-9 y 5-12.

Aunque los dos mecanismos en cuestión parezcan similares, son diferentes, lo cual se ve reflejado en la diferencia que existe entre la ventaja mecánica de ambos.

Tabla 5-5. Comparación entre mecanismos.

Mecanismo 1	Mecanismo 2
	
<p>Figura 5-9: Mecanismo 1. Dimensiones en mm. (<i>Fuente propia</i>)</p> <p>Obtenido por síntesis gráfica</p> <p>V.m = 4,3</p> <p>$Ft_{ent} = 508,1 N$</p>	<p>Figura 5-12: Mecanismo 2. Dimensiones en mm. (<i>Fuente propia</i>)</p> <p>Obtenido por síntesis analítica</p> <p>V.m = 6,21</p> <p>$Ft_{ent} = 351,69 N$</p>

Se seleccionó el mecanismo adecuado para la construcción teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- La ventaja mecánica debe ser lo más alta posible, para disminuir la fuerza de entrada en la palanca.
- La fuerza de entrada en la palanca no debe sobrepasar la cantidad de fuerza que un hombre promedio puede ejercer con el pie, que es de 685,7 N. Dato obtenido de la tabla 5-4.
- El mecanismo debe tener el menor número de piezas posibles, para simplificar la construcción, optimizar la máquina y los costos de producción.

Se realizó la comparación entre los mecanismos de la tabla 5-5 teniendo en cuenta los criterios mencionado anteriormente y se observó que:

En cuanto a la ventaja mecánica:

- El mecanismo 2, tiene mayor ventaja mecánica que el mecanismo 1.
- La fuerza máxima Ft_{ent} del mecanismo 2 es menor que la del mecanismo 1 y además, es menor de 685,7 N.

Bajo el criterio de ventaja mecánica, se vio que el mecanismo 2 tiene ventaja sobre el mecanismo 1, ya que, tiene mayor ventaja mecánica y la fuerza máxima Ft_{ent} es menor de 685,7 N.

En cuanto a la facilidad de construcción: se observó la ubicación de la base donde se posicionan los mecanismos y se determinó que, la construcción del mecanismo 2 tiene menor complejidad que la construcción del mecanismo 1, ya que la base del mecanismo 2 se ubica en los apoyos del esquema simplificando la construcción, en cuanto al mecanismo 1, la base

se encuentra fuera de los apoyos, generando así la necesidad de construir una pieza adicional para posicionar la base en ese lugar en específico, para entender mejor mirar los óvalos rojos de las figuras 5-9 y 5-12.

Decisión final

Según la comparación, se decidió construir el mecanismo 2 ya que brindó mayor ventaja mecánica y menor complejidad de construcción porque la base del mecanismo se encuentra ubicada en los apoyos de la máquina simplificando así el proceso de construcción, y tiene mayor ventaja mecánica, el proceso de construcción del modelo 3D se encuentra en la sección 5.8.

NOTA: Los demás mecanismos encontrados no se tomaron en cuenta en esta sección ya que su ventaja mecánica es menor que la del mecanismo seleccionado en esta sección y son más complejos para construir porque requieren de más piezas y más procesos para su construcción.

5.8.1. Evaluación de los dos prototipos obtenidos para el posible diseño de la máquina

El prototipo 1: se construyó siguiendo los pasos mostrados en la sección 5.4. Su diseño 3D se muestra en la figura 5-18, para este solo se realizó el cálculo de grados de libertad, debido a que con dos grados de libertad se descartó el cálculo de la ventaja mecánica, el hecho de tener dos grados de libertad no garantiza el buen funcionamiento de la máquina.

El prototipo 2: se seleccionó en la sección anterior realizando la evaluación de ventaja mecánica y facilidad de construcción, su diseño 3D se muestra en la figura 5-19, para este se realizó el cálculo de ventaja mecánica y se evaluó la facilidad de construcción.



Figura 5-18: Prototipo 1 (*Fuente propia*)

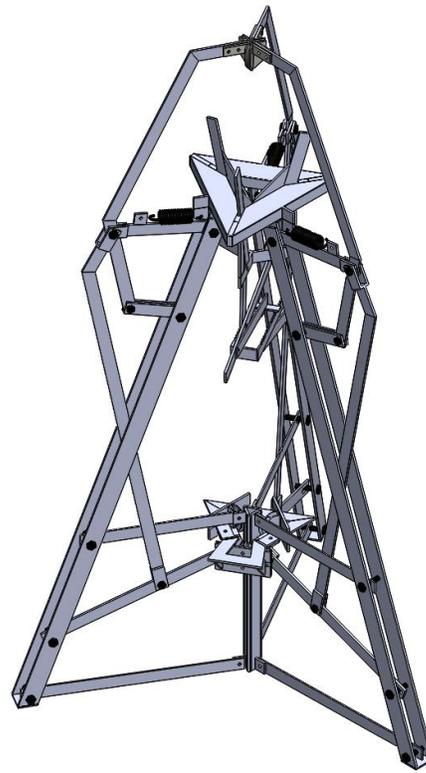


Figura 5-19: Prototipo 2 (*Fuente propia*)

Dado que el prototipo 1 de la máquina es un mecanismo con dos grados de libertad, la evaluación se enfocó en los mecanismos obtenidos por síntesis, los cuales contaron con las características necesarias para el funcionamiento de la máquina y tienen un grado de libertad. En un mecanismo con dos grados de libertad existe la posibilidad de que las cuchillas sigan una trayectoria diferente a la deseada para penetrar y separar la concha, esto genera que las tres cuchillas se puedan mover de manera independiente y para el proceso se requiere de un mecanismo capaz de mover las cuchillas de manera sincronizada, este mecanismo no garantiza que las cuchillas penetren y separen la concha.

Aunque entre estos dos prototipos no se realizó la evaluación de ventaja mecánica ni de facilidad de construcción, el prototipo 1 se convirtió en la base para encontrar una solución adecuada al problema, lo cual se evidenció en un diseño más técnico del prototipo 2, se puede decir que el prototipo dos es una actualización del prototipo 1.

5.9. CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO EN 3D DEL SEGUNDO PROTOTIPO DE LA MÁQUINA

Para realizar el 3D de la figura 5-12, se tomaron las dimensiones reales de cada parte y se fueron creando y uniendo las piezas, en las figuras 5-20, 5-21 y 5-22 se ven piezas individuales las cuales después de haberlas creado se unieron como se ve en la figura 5-23. Este procedimiento fue realizado con cada una de las piezas hasta construir la máquina en 3D por completo como se ve en la figura 5-24. Y por último se realizaron los planos, como se ven en la figura 5-25.

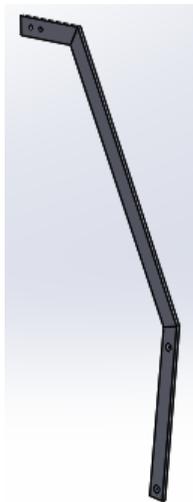


Figura 5-20: pieza 1 (*Fuente propia*)

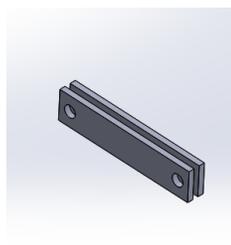


Figura 5-21: pieza 2 (*Fuente propia*)

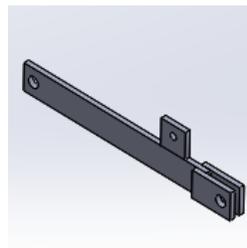


Figura 5-22: pieza 3 (*Fuente propia*)



Figura 5-23: ensamblaje (*Fuente propia*)

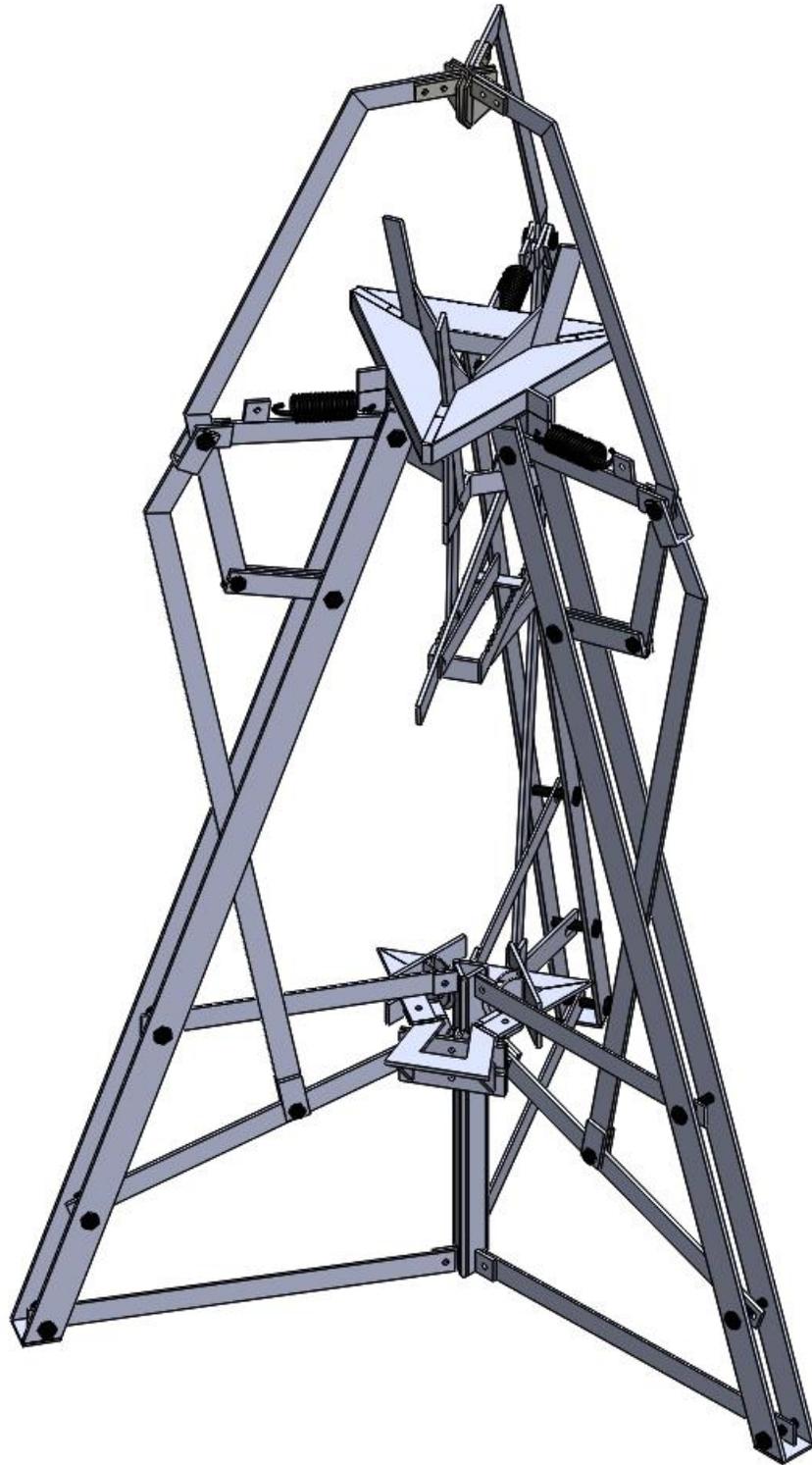


Figura 5-24. Modelo 3D de la máquina construida. (*Fuente: propia*)

5.10. RESULTADO DE LOS CÁLCULOS

5.10.1. Análisis estático

En la figura 5-26 se muestra el diagrama de cuerpo libre del mecanismo, en un punto donde los eslabones están soportando la mayor cantidad de fuerza, en las cuchillas se posicionaron las fuerzas para penetrar como para separar la concha, se consideró la fuerza ejercida por el peso de los eslabones, y después de haber incluido en el diagrama todas las fuerzas, se realizaron las sumatorias de momento en los puntos A , B y la sumatoria de fuerzas en x .

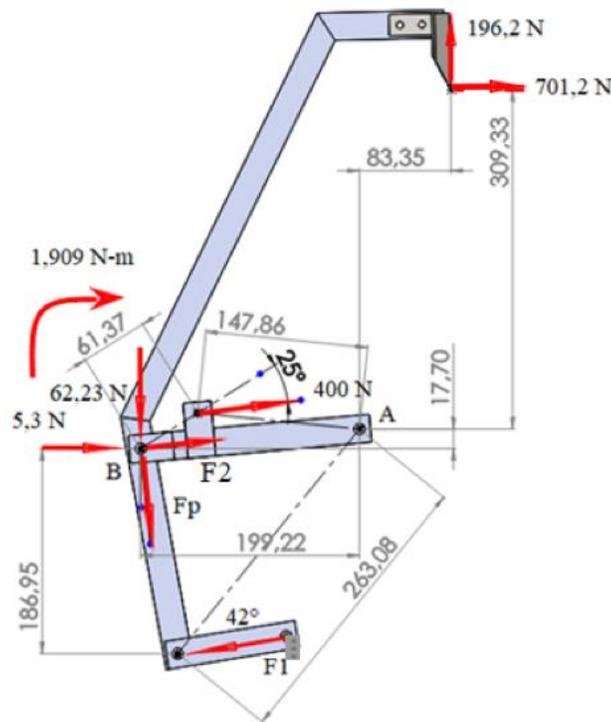


Figura 5-26. Diagrama de cuerpo libre 1 (*Fuente propia*)

$$\sum M_B = 0 ; -0.328 * 701.2 + 0.28 * 196.2$$

$$- F_1 \cos(10.61) * 0.187 - 10.8 - 1.909 = 0$$

$$\Rightarrow F_1 = \frac{-187.35}{0.187 \cos(10.61)} = -1021.56 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0 ; -0.3 * 701.2 + 0.083 * 196.2 - 10.8 + 0.018 * 5.3 + 0.2F_p$$

$$- 0.263F_1 \sin(42) - 1.909 = 0$$

Simplificando:

$$-206.7 + 0.2F_p - 0.179F_1 = 0$$

$$\Rightarrow F_p = \frac{206.7 - 0.176 * 1021.56}{0.2} = 134.52 \text{ N}$$

Realizando sumatoria de fuerzas en x.

$$\sum F_x = 0$$

$$\Rightarrow 701.2 + 400 \cos(7)$$

$$+ F_2 \cos(5) + 5.3 + 134.52 \cos(84) - (-1021.56 \cos(10.61)) = 0$$

$$\Rightarrow F_2 = \frac{-2121.67}{\cos(5)} = -2129.8 \text{ N}$$

Se analizó la figura 5-27 para hallar la fuerza F_f teniendo en cuenta que son 3 cuchillas F_p se multiplicó por tres y se realizó la sumatoria de momento en el punto C.

$$\sum M_C = 0 ; 0.214 * 134.52 * 3 - 0.378F_f = 0 ; F_f = \frac{86,36}{0.378} = 228,47 \text{ N}$$

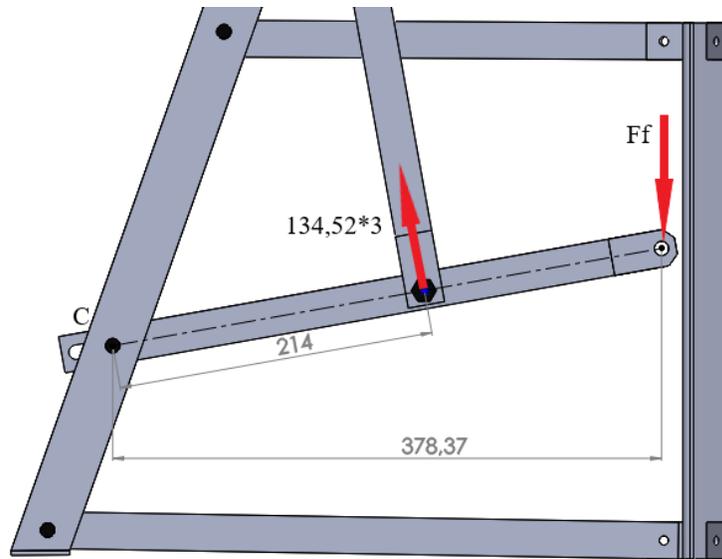


Figura 5-27. Diagrama de cuerpo libre 2. (Fuente propia)

5.10.2. Cálculo de resorte

En la figura 5-28, se muestra el diagrama de cuerpo libre que se utilizó para obtener la fuerza a la que el resorte estaría sometido, las componentes de fuerza en $X=5,3\text{ N}$, la fuerza en $Y=62,23\text{ N}$ y el momento $M = 1,909\text{ N} - m$ son el resultado del peso de los mismos eslabones, después de esto se realizó la sumatoria de momento en A.

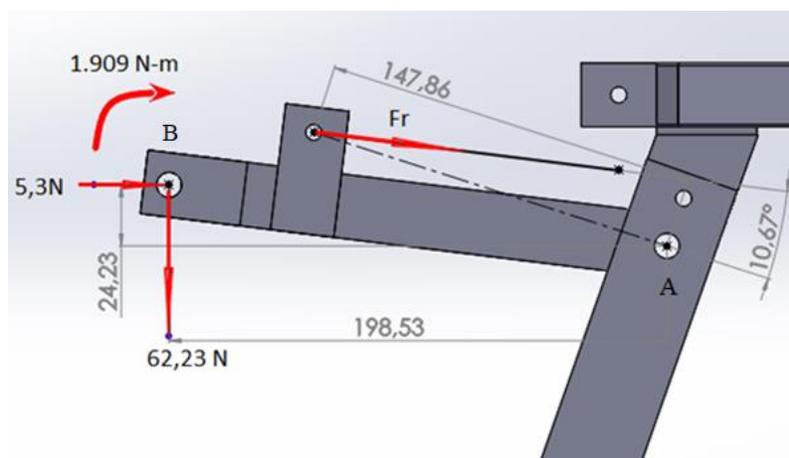


Figura 5-28. Diagrama de cuerpo libre para hallar F_r . (Fuente: propia)

$$\sum M_A = 0 ; 0.1985 * 62.23 - 0.0242 * 5.3 - 0.15F_r \sin(10.67) - 1.909 = 0$$

$$\text{Despejando: } F_r = \frac{10.315}{0.15 \sin(10.67)} = 371.4 \text{ N}$$

Se establecieron los parámetros físicos del resorte y son los siguientes:

Se utilizó un alambre de piano con las siguientes características:

$$d = 4.7625 \text{ mm}, D = 25 \text{ mm}, r_1 = 12.7 \text{ mm}, r_2 = 20 \text{ mm } N_t = 14.5$$

$$F_i = 400 \text{ N y } Y_{max} = 25 \text{ mm.}$$

- **Determinación de los parámetros físicos del resorte**

Se siguió el procedimiento indicado en el libro de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley Capítulo 10 para resortes de extensión.

De la ecuación (10-1)

$$C = \frac{D}{d} ; C = \frac{0.025}{0.00476} = 5.25 ; DE = 0.025 + 0.00476 = 0.02976 \text{ m}$$

$$K_B = \frac{4 * 5.25 + 2}{4 * 5.25 - 3} = 1.28$$

De Ecuación (10-40) y tabla 10-5.

$$N_a = N_b + \frac{G}{E} = 14.5 + \frac{193}{80} = 15.41$$

De ecuación (10-9).

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N_a} = \frac{0.00476^4 * 80 * 10^9}{8 * 0.025^3 * 15.41} = 21320.88 \text{ N/m}$$

De ecuación (10-39).

$$L_o = (2C - 1 + N_b)d = (2 * 5.25 - 1 + 15)0.00476 = 0.1166 \text{ m}$$

De ecuación (10-38).

$$F_{max} = F_i + ky = 400 + 21320.88 * 0.025 = 933 \text{ N.}$$

- Verificación de las condiciones de precarga

De la ecuación (10-2) el esfuerzo sin corregir está dado por:

$$(\tau_i)_{nocorr} = \frac{8F_i D}{\pi d^3} = \frac{8 * 400 * 0.025}{\pi * 0.00476^3} = 236.11 \text{ Mpa}$$

Determinación del rango preferido con ecuación (10-41).

$$\begin{aligned} (\tau_i)_{pref} &= \frac{33500}{e^{0.105C}} \pm 1000 \left(4 - \frac{C - 3}{6.5} \right) = \frac{33500}{e^{0.105 * 5.25}} \pm 1000 \left(4 - \frac{5.25 - 3}{6.5} \right) \\ &= 22.957 \text{ Kpsi}, 15.649 \text{ Kpsi o } 158.28 \text{ Mpa}, 107.89 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Por las condiciones de esfuerzo es un resorte de pedido especial ya que está fuera del intervalo preferido.

- Verificación de los factores de seguridad bajo la máxima fuerza

De la tabla 10-4 para alambre de piano $A = 2211 \text{ Mpa} * mm^m$, donde $m = 0.145$

De ecuación (10-14).

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} = \frac{2211}{0.025^{0.145}} = 4801.04 \text{ Mpa}$$

Con base en la tabla 10-7.

$$S_{sy} = 0.45S_{ut} = 0.45 * 4801.04 = 2160.47 \text{ Mpa}$$

Esfuerzo cortante bajo la carga de servicio

$$\tau_{max} = \frac{8K_B F_{max} D}{\pi d^3} = \frac{8 * 1.28 * 933 * 0.025}{\pi 0.00476^3} = 704.94 \text{ Mpa}$$

Así, el factor de seguridad es:

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{max}} = \frac{2160.47}{704.94} = 3.06$$

- Factores de seguridad en los ganchos

Los ganchos tienen un $r_1 = 12.7 \text{ mm}$ y $r_2 = 20 \text{ mm}$

$$C_1 = \frac{2r_1}{d} = 2 * \frac{0.0127}{0.00476} = 5.33 ; C_2 = 2 * \frac{0.02}{0.00476} = 8.4$$

De ecuación (10-35).

$$(K)_A = \frac{4C_1^2 - C_1 - 1}{4C_1(C_1 - 1)} = \frac{4 * 5.33^2 - 1}{4 * 5.33(5.33 - 1)} = 1.22$$

Por ecuación (10-34)

$$\sigma_A = F_{max} \left((K)_A \frac{16D}{\pi d^3} + \frac{4}{\pi d^2} \right) = 933 \left(1.22 \frac{16 * 0.025}{\pi 0.00476^3} + \frac{4}{\pi 0.00476^2} \right) = 1396 \text{ Mpa}$$

De la tabla 10-7 para hallar la resistencia a la fluencia.

$$S_y = 0.75S_{ut} = 0.75 * 4801.04 = 3600.78 \text{ Mpa}$$

El factor de seguridad del gancho en el extremo A es.

$$n_A = \frac{S_y}{\sigma_A} = \frac{3600.76}{1396} = 2.57$$

De ecuación (10-37).

$$(K)_B = \frac{4C_2 - 1}{4C_2 - 4} = \frac{4 * 8.4 - 1}{4 * 8.4 - 4} = 1.1$$

De ecuación (10-36)

$$\tau_B = (K)_B \frac{8F_{max}D}{\pi d^3} = 1.1 \frac{8 * 933 * 0.025}{\pi * 0.00476^3} = 605.8 \text{ Mpa}$$

$$n_B = \frac{(S_{sy})_B}{\tau_B} = \frac{0.4 * 4801.04}{605.8} = 3.17$$

- Fatiga en el cuerpo de las espiras

$$F_a = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} = \frac{933 - 400}{2} = 266.5 \text{ N}; F_m = \frac{F_{max} + F_{min}}{2} = \frac{933 + 400}{2} = 666.5 \text{ N}$$

De ecuación (10-30).

$$S_{su} = 0.67S_{ut} = 0.67 * 4801.04 = 3216.7 \text{ Mpa}$$

$$\tau_a = \frac{8K_B F_a D}{\pi d^3} = \frac{8 * 1.28 * 266.5 * 0.025}{\pi * 0.00476^3} = 201.35 \text{ Mpa}$$

$$\tau_m = \frac{F_m}{F_a} \tau_a = \frac{666.5}{266.5} * 201.35 = 503.56 \text{ Mpa}$$

Usando los datos de Zimmerli de ecuación (10-28), $S_{sa} = 241 \text{ Mpa}$; $S_{sm} = 379 \text{ Mpa}$

$$S_{se} = \frac{S_{sa}}{1 - \left(\frac{S_{sm}}{S_{su}}\right)^2} = \frac{241}{1 - \left(\frac{379}{3216.7}\right)^2} = 244.39 \text{ Mpa}$$

Utilizando la tabla 6-7 página 293, criterio de falla de Gerber.

$$(n_f)_{cuerpo} = \frac{1}{2} \left(\frac{S_{su}}{\tau_m} \right)^2 \frac{\tau_a}{S_{se}} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(2 \frac{\tau_m S_{se}}{S_{su} \tau_a} \right)^2} \right]$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{3216.7}{503.56} \right)^2 \frac{201.35}{244.39} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(2 \frac{503.53 * 244.39}{3216.7 * 201.35} \right)^2} \right] = 1.17$$

- Fluencia de las espiras

La línea de carga de la espira comienza en $S_{sm} = \tau_i$ y tiene una pendiente $r = \frac{\tau_a}{\tau_m - \tau_i}$. La intercepción con la línea de fluencia está dada por $(S_{sa})_y = \left(\frac{r}{r+1} \right) (S_{sy} - \tau_i)$; en consecuencia.

$$\tau_i = \left(\frac{F_i}{F_a} \right) \tau_a = \frac{400}{266.5} * 201.35 = 302.21 \text{ Mpa} \Rightarrow r = \frac{201.35}{503.56 - 302.21} = 1$$

$$(S_{sa})_y = \frac{1}{1+1} (2160.47 - 302.21) = 929.13 \text{ Mpa}$$

Así

$$(n_y)_{cuerpo} = \frac{(S_{sa})_y}{\tau_a} = \frac{929.13}{201.35} = 4.61$$

- Fatiga por flexión en el gancho del extremo A.

Mediante las ecuaciones (10-34) y (10-35) se obtiene.

$$\sigma_a = F_a \left[(K)_A \frac{16D}{\pi d^3} + \frac{4}{\pi d^2} \right] = 266.5 \left[\frac{1.22 * 16 * 0.025}{\pi 0.00476^3} + \frac{4}{0.00476^2 \pi} \right] = 398.81 \text{ Mpa}$$

Así

$$\sigma_m = \frac{F_m}{F_a} * \sigma_a = \frac{666.5 * 398.81}{266.5} = 997.39 \text{ Mpa}$$

El límite de resistencia a la fatiga por tensión se estimó usando la teoría de la energía de distorsión.

$$S_e = \frac{S_{se}}{0.577} = \frac{244.39}{0.577} = 423.55 \text{ Mpa}$$

Así, empleando criterio de Gerber.

$$(n_f)_A = \frac{1}{2} \left(\frac{S_{ut}}{\sigma_m} \right)^2 \frac{\sigma_a}{S_e} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(2 \frac{\sigma_m S_e}{S_{ut} \sigma_a} \right)^2} \right]$$
$$= \frac{1}{2} \left(\frac{4801.04}{997.39} \right)^2 \frac{398.81}{423.55} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(2 \frac{997.39 * 423.55}{4801.04 * 398.81} \right)^2} \right] = 1.014$$

- Fatiga por flexión en el gancho del extremo B.

De ecuación (10-36).

$$(\tau_a)_B = (K)_B \frac{8F_a D}{\pi d^3} = \frac{1.1 * 8 * 266.5 * 0.025}{0.00476^3 \pi} = 173.04 \text{ Mpa}$$

$$(\tau_m)_B = \frac{F_m}{F_a} * (\tau_a)_B = \frac{666.5 * 173.04}{266.5} = 432.76 \text{ Mpa}$$

Se empleó nuevamente el criterio de Gerber para hallar la fatiga del resorte.

$$(n_f)_B = \frac{1}{2} \left(\frac{S_{su}}{\tau_m} \right)^2 \frac{\tau_a}{S_{se}} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(2 \frac{\tau_m S_{se}}{S_{su} \tau_a} \right)^2} \right]$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{3216.7}{432.76} \right)^2 \frac{173.04}{244.39} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(2 \frac{432.76 * 244.39}{3216.7 * 173.04} \right)^2} \right] = 1.36$$

5.10.3. Resultado del cálculo de soldadura

Se tuvieron en cuenta las fuerzas encontradas en el análisis estático, sección 5.9.1, y se analizó el punto D mostrado en la figura 5-29, donde se generó una fuerza cortante y una fuerza de tensión debido a los esfuerzos generados en los eslabones al aplicar fuerza para abrir el coco, las fuerzas y el momento mostrados en la figura 5-30, son el resultado de trasladar todas las fuerzas obtenidas en el análisis estático hacía el punto D, sabemos que al trasladar todas las fuerzas obtenidas en el análisis estático hacía el punto D, sabemos que al trasladar una fuerza de un lugar a otro se genera un momento, este resultado se descompuso en una fuerza perpendicular a la línea DD', otra paralela a dicha línea, y un momento. Por lo cual, este punto se encuentra bajo la influencia de tensión y flexión.

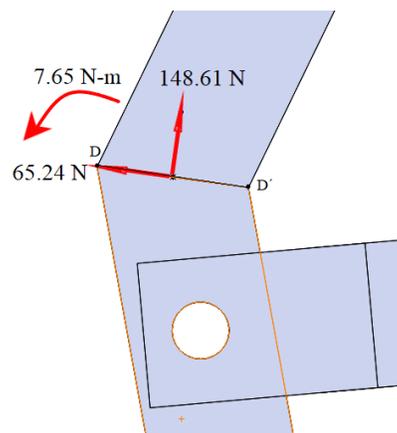
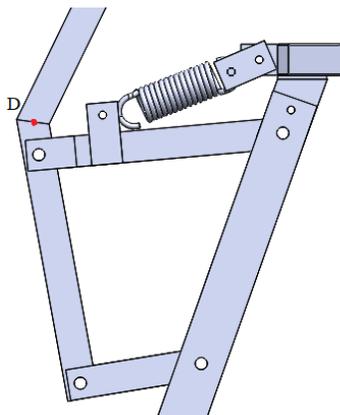


Figura 5-29. Análisis es fuerzas. (Fuente: propia).

Figura 5-30. Dcl para cálculo de soldadura (Fuente: propia).

Se analizó el esfuerzo de tensión y se obtuvo que:

Según la ecuación 3.5 que se encuentra en la sección 3.3. se consideró la altura de la garganta como $h = 0.00476 \text{ m}$ y la longitud de la soldadura se tomó como $l = 0.0267 \text{ m}$ y el resultado fue el siguiente.

$$\sigma = \frac{F_n}{hl} = \frac{148.61}{0.00476 * 0.0267} = 1.169 \text{ Mpa}; \text{ y}$$

Se analizó la flexión debido a la fuerza cortante, previamente se obtuvo A de la tabla 9-1 del libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley, donde dice que para este caso $A = 1,414hd$, donde d es la longitud de la garganta, se reemplazaron los valores y se obtuvo el siguiente resultado, aplicando la ecuación 3.6.

$$\tau' = \frac{V}{A} = \frac{65.24}{1.414 * 0.00476 * 0.0267} = 0.363 \text{ Mpa}$$

Cómo se generó un momento en el punto D, se halló el momento de inercia unitario utilizando la ecuación 3.9, y después se halló el segundo momento de área utilizando la ecuación 3.10 para poder hallar el esfuerzo cortante nominal debido al momento utilizando la ecuación 3.11.

$$I_u = \frac{bd^2}{2} = \frac{0.00476 * 0.0267^2}{2} = 1.69 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$I = 0.707hI_u = 0.707 * 0.00476 * 1.69 * 10^{-6} = 5.68 * 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} = \frac{7.65 * 0.0127}{5.68 * 10^{-9}} = 17.1 \text{ Mpa}$$

Después de esto, se utilizó la ecuación 3.12 para hallar el esfuerzo cortante máximo al que estaría sometido el eslabón en cuestión.

$$\tau = (0,363^2 + 17,1^2)^{1/2} = 17.1 \text{ Mpa}$$

Así se puede utilizar un electrodo E60xx ya que su esfuerzo de fluencia de este es de 345 Mpa.

5.10.4. Resultado del cálculo de pasadores

Para la selección del pasador se analizó el punto B de la figura 5-31 ya que está soportando mayor fuerza, y se realizó la sumatoria de fuerza en X y en X para obtener la fuerza total en ese punto con la cual poder calcular es el esfuerzo cortante.

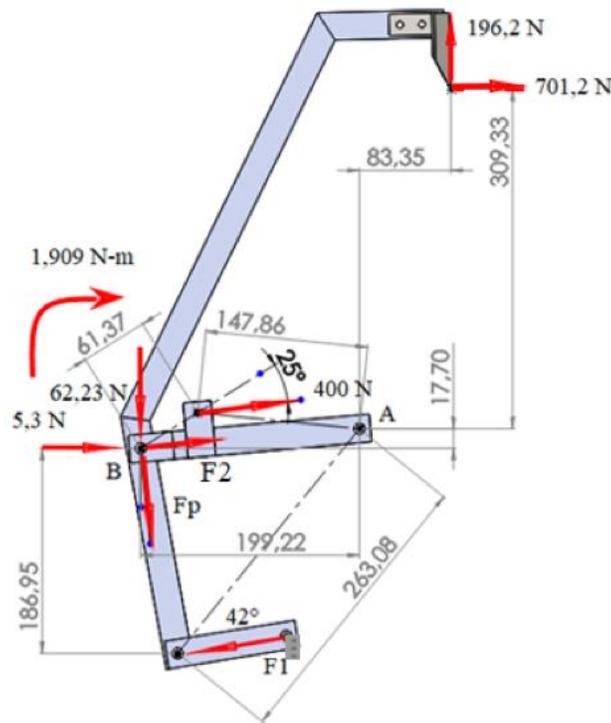


Figura 5-31. Diagrama de cuerpo libre 1 (Fuente propia)

Las fuerzas F_2 y F_p se encontraron al realizar el análisis estático en la sección 5.9.1.

$$\sum (F_x)_B = 5.3 + F_2 \Rightarrow \sum (F_x)_B = 5.3 + 1744.37 = 1749.67 \text{ N}$$

$$\sum (F_y)_B = -62.23 - F_p \Rightarrow \sum (F_y)_B = -62.23 - 182.83 = -245.06 \text{ N}$$

Así la magnitud de la fuerza en el punto B es:

$$F_B = \sqrt{1749.67^2 + (-245.06)^2} = 1766.74 \text{ N}$$

Se sabe que el esfuerzo cortante es:

$$\sigma = \frac{V}{A}; A = \pi r^2$$

Para pasadores de acero AISI 1020 el esfuerzo de fluencia es 210 *Mpa* se evaluó un pasador comercial de D=1/4 in y se calculó el factor de seguridad.

$$\sigma = \frac{1766.74}{\left(\frac{1}{4} * 0.0254\right)^2 \pi} = 13.94 \text{ Mpa}$$

$$F. D. S = \frac{210}{13.94} = 15.06$$

Por los cual estos fueron los pasadores que se seleccionaron para todas las perforaciones.

5.11. RESULTADOS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Las partes de la máquina se construyeron siguiendo los planos que se muestran en la figura 5-25, utilizando procesos de corte como se ve en la figura 5-32, perforado, ver figura 5-34 y soldadura de metales, ver figura 5-35, después de haber construido cada pieza de la máquina, se fueron ensamblando y al terminar la construcción se pintó y quedó como se ve en la figura 5-36.



Figura 5-32. Proceso de corte (*Fuente: propia*).



Figura 5-33. Proceso de corte. (*Fuente: propia*).



Figura 5-34. Proceso de perforado. (*Fuente: propia*).

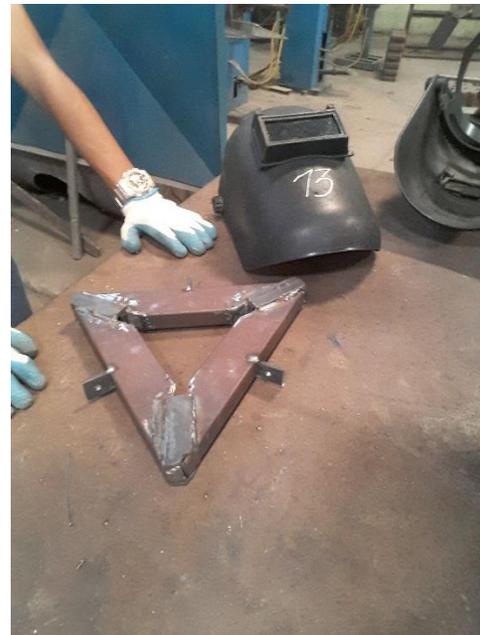


Figura 5-35. Proceso de soldadura. (*Fuente: propia*).



Figura 5-36. Máquina construida. (*Fuente: propia*).

5.12. EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

Para la evaluación del funcionamiento, se realizaron los siguientes pasos.

1. Se introdujo el coco en el soporte tal cual se ve en la figura 5-37.
2. Se ajustó el soporte de tal manera que el coco llegara a la altura de las cuchillas, como se ve en la figura 5-38.
3. se procedió a aplicar fuerza en la palanca de entrada con el pie, como se ve en la figura 5-39.



Figura 5-37. Coco en el soporte. (Fuente: propia)



Figura 5-38. Como ajustar el coco. (Fuente: propia)



Figura 5-39. Pie en la palanca. (*Fuente: propia*)

5.12.1. Proceso de evaluación

Se realizaron tres pruebas de funcionamiento siguiendo los pasos explicados anteriormente, y el resultado fue el siguiente:

Prueba de funcionamiento I

Se introdujo el coco en el soporte, se graduó el soporta hasta hacer que el coco tocara las cuchillas, se procedió a aplicar fuerza en la palanca una sola persona y no se logró pelar el coco, las cuchillas no lograron penetrar la concha.

Prueba de funcionamiento II

Se realizó el mismo procedimiento que en la prueba I, con la diferencia de que se procedió a aplicar la fuerza en la palanca entre dos personas tal cual se ve en la figura 5-40. No se logró

el objetivo completamente ya que solo se desprendió una concha del coco, como se ve en la figura 5-41.



Figura 5-40. Prueba de funcionamiento II.
(Fuente: propia)



Figura 5-41. Concha desprendida.
(Fuente: propia)

Prueba de funcionamiento III

Se realizó el mismo procedimiento que en la prueba II, con la diferencia de que se procedió a aplicar la fuerza en la palanca entre tres personas tal cual se ve en la figura 5-42. No se logró el objetivo completamente ya que solo se desprendió una concha del coco, como se ve en la figura 5-43.



Figura 5-42. Prueba de funcionamiento II.

(Fuente: propia)



Figura 5-43. Prueba de funcionamiento II.

(Fuente: propia)

5.12.2. Observaciones del proceso de evaluación

Cuando se procedió a aplicar la fuerza y las cuchillas empezaron a penetrar la concha, se observó que el coco se incrustó en el soporte tal cual como se ve en la figura 5-44, esto puede ocasionar que las cuchillas no penetren lo suficiente en la concha lo que genera una disminución en el agarre de estas, y esto puede provocar que la máquina no pele el coco.

Al aplicar la fuerza en la palanca se observó que el pedal baja lineal, pero durante el recorrido si no se aplica la fuerza en dirección vertical o perpendicularmente al suelo, esto puede generar un desfase en las cuchillas, lo que ocasiona que una de las cuchillas baje primero que las otras, por esta razón solo se desprendió una sola concha y no las tres al mismo tiempo, se debe mejorar este sistema de tal manera que las tres palancas que se muestran en la figura 5-45 bajen al mismo tiempo y no tengan oportunidad que una baje primero que las demás.

Aunque no se logró el objetivo de pelar las tres conchas del coco se prevé según la experiencia que se ha tenido evaluando la máquina que el tiempo estimado que esta puede

tardar en pelar un coco funcionando correctamente esta aproximadamente entre 50 y 60 segundos, esta demora se debe a que el proceso para ajustar el soporte del coco de tal manera que el coco quede cerca de las cuchillas es un poco demorado, ya que hay que ajustarlo en la posición correcta para que las cuchillas penetren lo más cerca del centro del coco.

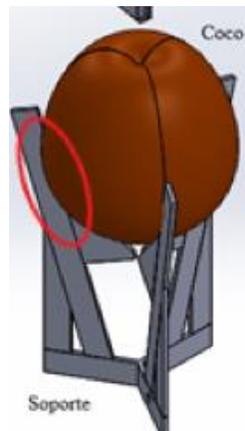


Figura 5-44. Coco incrustado en el soporte. (*Fuente: propia*)

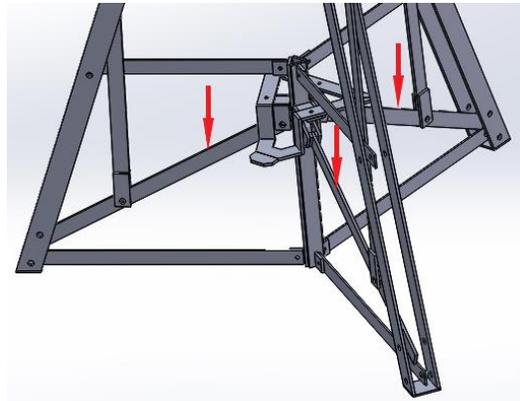


Figura 5-45. Palancas (*Fuente propia*)

6. CONCLUSIONES

En este trabajo de grado se diseñó una máquina con miras a tecnificar el proceso para pelar coco, que pueda ser utilizada por los agricultores del departamento de Córdoba y sus alrededores.

Se determinaron los parámetros de funcionamiento de la máquina, teniendo en cuenta que cualquier persona adulta en capacidad de trabajar pudiera utilizarla. El diseño fue realizado con el propósito de poder pelar una variedad limitada de tamaños de cocos, de acuerdo a un tamaño estándar comercial de cocos. Se caracterizó el coco, considerando que los parámetros más importantes son: el diámetro, la longitud, el espesor de la concha, la fuerza para penetrar la concha y la fuerza para separarla. Se midió la fuerza que un hombre promedio puede

ejercer con el pie, para tener en cuenta los valores máximos de entrada permitidos con los cuales debía trabajar la máquina.

El primer paso para la creación del dispositivo fue establecer la trayectoria adecuada que debían seguir las cuchillas, con lo cual se diseñaron varios mecanismos, utilizando los métodos de síntesis gráfica y síntesis analítica, con los que se obtuvieron 7 modelos distintos a los que se les evaluó la ventaja mecánica. Se eligió el modelo a construir teniendo en cuenta que el mecanismo debía tener la mayor ventaja mecánica posible, la construcción no debía ser tan compleja para disminuir los costos de fabricación.

Se realizaron los cálculos correspondientes para el diseño de mecanismos que fueron: cálculos de esfuerzo, soldadura y resortes en los componentes utilizados para la construcción, se eligieron materiales adecuados que soporten las cargas generadas en el movimiento y se construyó la máquina utilizando procesos de: corte, soldadura y perforación de piezas metálicas.

Se construyó la máquina teniendo en cuenta la cantidad máxima de fuerza que un hombre promedio puede ejercer con el pie. Al evaluar el funcionamiento de la máquina, se encontró que el resultado no fue el esperado, ya que, al aplicar la fuerza sobre la máquina esta no logró pelar el coco.

Con miras a evaluar el desempeño de la máquina se procedió a aplicar la fuerza de dos personas sobre la palanca, encontrando en la mayoría de los casos que era suficiente para realizar el proceso de pelado. Una de las consideraciones que generó este inconveniente fue haber asumido como criterio de diseño la fuerza de corte de la cuchilla y no el esfuerzo de corte sobre la concha de coco, ya que, al contar con cuchillas más voluminosas, el esfuerzo

requerido se multiplicó con respecto a la fuerza obtenida con un cuchillo cuya área de contacto era muy pequeña. Sin embargo, se descartó el uso de cuchillas delgadas, ya que por su flexibilidad podrían ser potencialmente peligrosas para el operario.

Se pudo evidenciar que efectivamente la máquina cumple con el propósito para el cual fue diseñada, pero la fuerza con la que es accionada debe ser mucho mayor que la propuesta inicialmente, por esta razón es recomendable el uso de algún actuador neumático o hidráulico en el proceso.

Dadas las circunstancias se tomó la decisión de dejar el proyecto en este punto, ya que modificar la máquina para incluir un dispositivo de actuación hidráulica es muy costoso y se sale del presupuesto, por esa razón se va a sugerir un diseño donde se muestre la ubicación de la bomba y el cilindro hidráulico, de tal manera que permita resolver el inconveniente y así la máquina logre el objetivo, además también se sugerirá un método más técnico para medir la fuerza de penetración de las cuchillas en el coco utilizando la máquina universal de ensayos.

7. RECOMENDACIONES

Establecidas las conclusiones de esta investigación, para garantizar el buen funcionamiento de la máquina se recomienda que la fuerza de entrada no sea aplicada por acción humana sino por un sistema neumático o hidráulico, ya que estos dispositivos proporcionan la capacidad de generar grandes cantidades de fuerza.

La metodología que se sugiere para realizar esta modificación es la siguiente: Primeramente, tecnificar el proceso para la obtención del esfuerzo que se requiere para penetrar las cuchillas en el coco, utilizando la máquina universal de ensayos (MUE). En la figura 7-1 se muestra el

montaje recomendado para realizar la toma de mediciones, el cual es para obtener el esfuerzo necesario para penetrar el coco, se debe realizar una modificación a las cuchillas para que puedan ser sujetadas por las mordazas de la MUE tal como se ve en la figura 7-2, montar el coco en el soporte para fijarlo y hacer que la máquina de ensayos aplique la fuerza y haga que las cuchillas penetren en el coco, de esta forma se obtendrán los datos reales de la magnitud del esfuerzo.

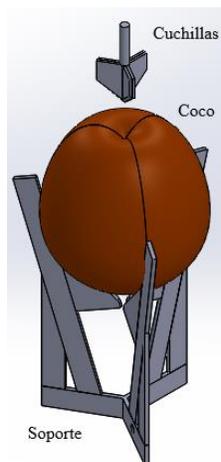


Figura 7-1. Montaje para tomar fuerza de penetración. (Fuente: propia)

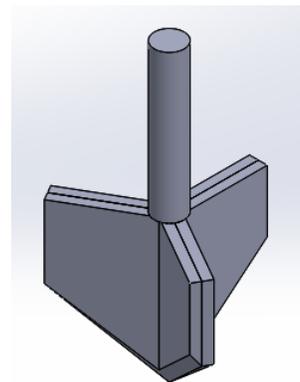


Figura 7-2. Modificación de las cuchillas para uso de la máquina universal. (Fuente: propia)

Después de haber realizado el proceso anterior y haber establecido el esfuerzo real que se debe aplicar para penetrar la concha con las cuchillas, se debe realizar nuevamente el cálculo de ventaja mecánica y así poder determinar la cantidad de fuerza que hay que aplicar en la palanca de entrada.

Al incluir un sistema hidráulico al proceso, se realizaron algunas modificaciones en el mecanismo las cuales se aprecian en la figura 7-3, de la cual se obtuvieron los centros instantáneos de velocidad que se muestran en la figura 7-4, los cuales son necesarios para el cálculo de ventaja mecánica, el cual se debe hacer con los nuevos valores del esfuerzo de

penetración en la concha tomados con la MUE, ya que al variar el esfuerzo de penetración de las cuchillas variara la magnitud y dirección de F_t en la figura 7-4. De esta manera, el diseño 3D del nuevo mecanismo se muestra en la figura 7-5, donde el cilindro está cerrado y la figura 7-6, donde el cilindro está abierto.

Además de esto, se recomienda realizar un proceso posterior para terminar de arrancar el coco de la concha, ya que al abrirlo siempre va a quedar pegado a una de las tres partes de la concha.

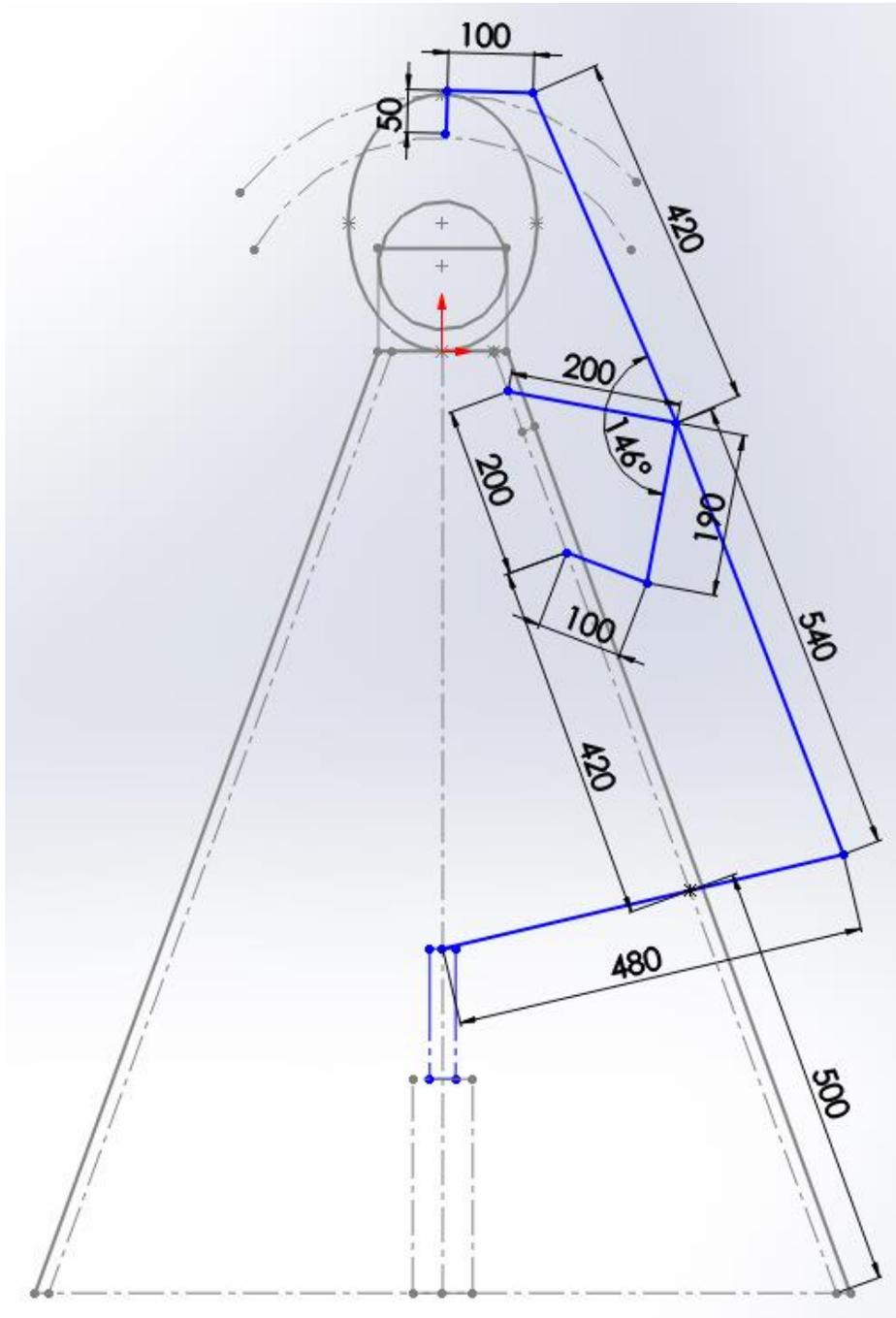


Figura 7-3. mecanismo recomendado. (Fuente: propia)

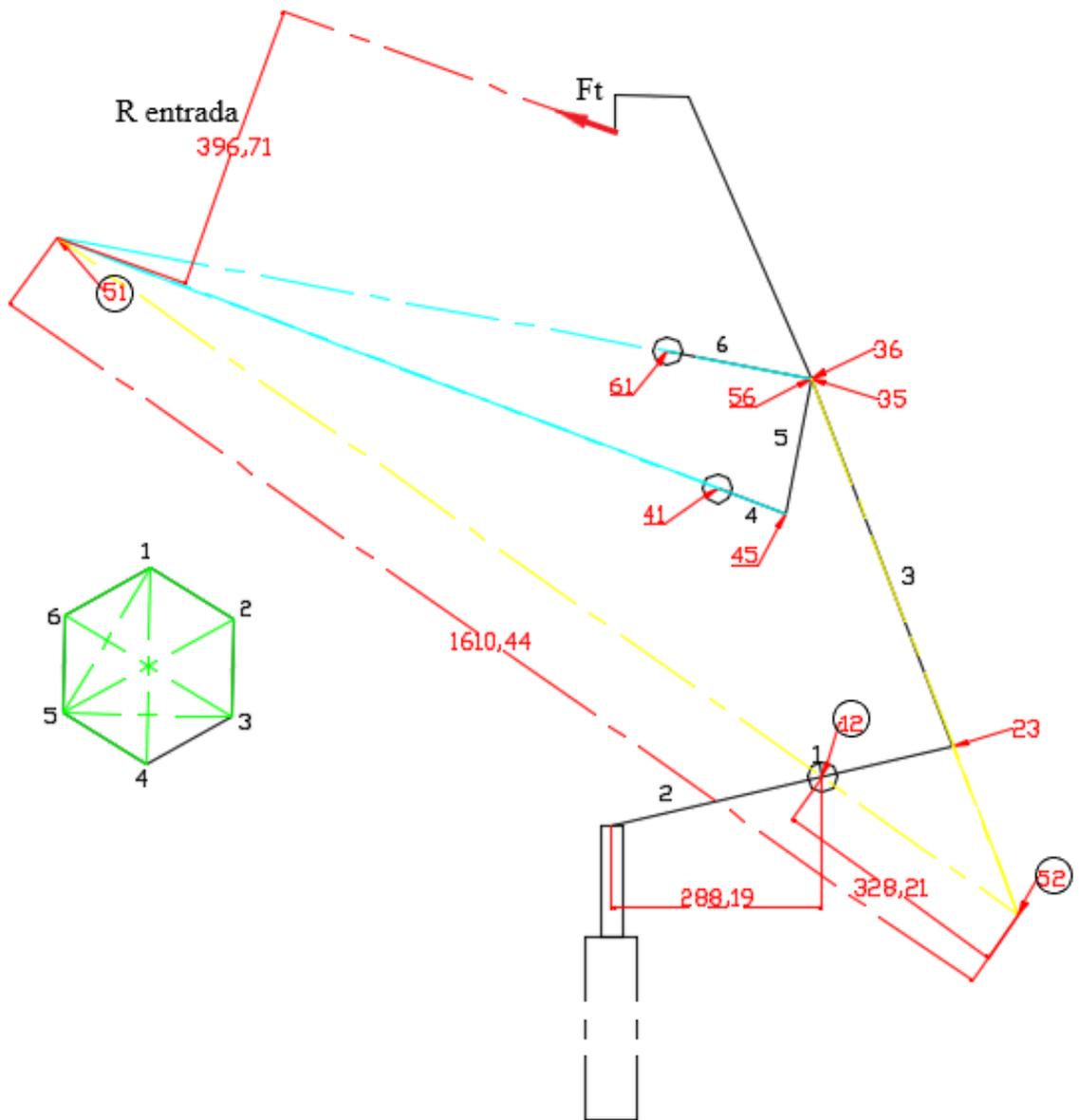


Figura 7-4. Centros instantáneos de mecanismo recomendado. (*Fuente: propia*)

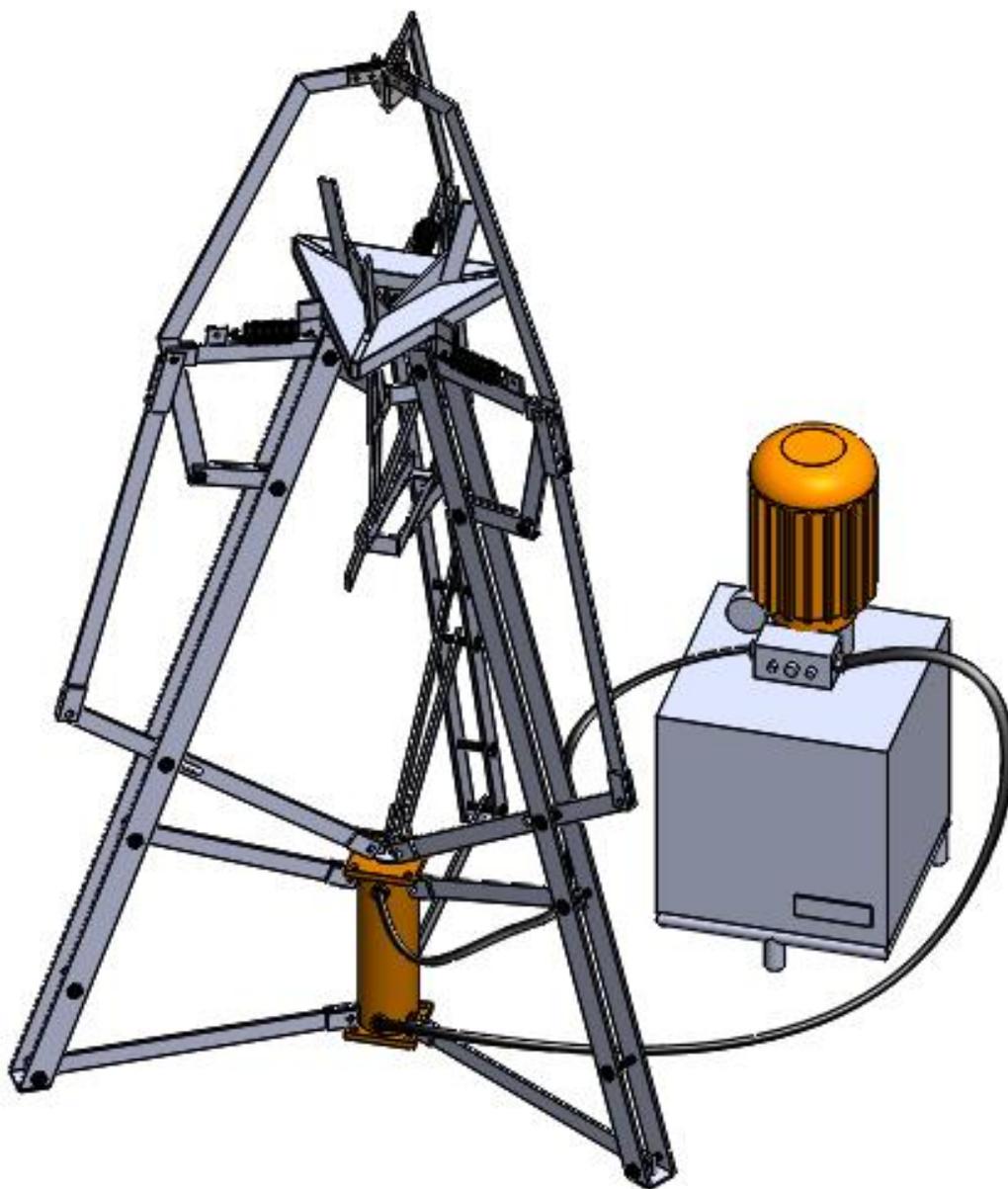


Figura 7-5. Modelo 3D, cilindro cerrado. (*Fuente: propia*)

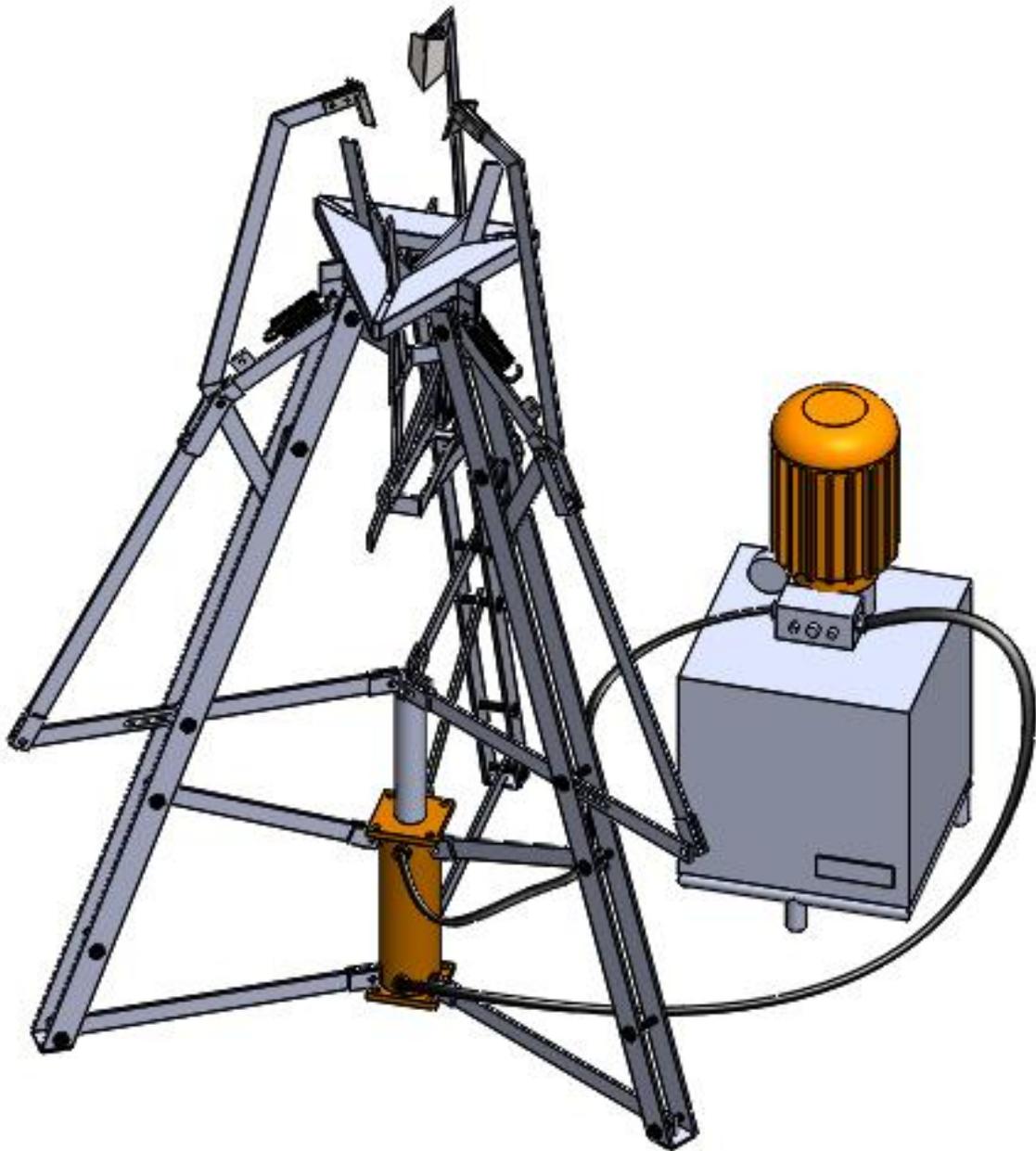


Figura 7-6. Modelo 3D cilindro abierto. (*Fuente: propia*)

8. BIBLIOGRAFIA

Richard, G. B. Keith, J. (2012). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Novena edición. McGraw-Hill.

ARTHUR, G. E. GEORGE, N. S. (1998). Diseño de mecanismos Análisis y Síntesis. Tercera edición. PEARSON Educación.

Norton, R. L. (2000). DISEÑO DE MAQUINARIA. Segunda edición. McGraw-Hill.

Beer, F. P. Russell, J. Jr. Dewolf, J. T. Mazurek, D. F. (2010). MECÁNICA DE MATERIALES. QUINTA EDICIÓN. McGraw-Hill.

BEER. JHONSTON. MAZUREK. EISENBERG. (2010). MECÁNICA VECTORIAL PARA INGENIEROS ESTÁTICA. McGraw-Hill.

9. ANEXOS

9.1. DETERMINACIÓN DE MECANISMOS POR SÍNTESIS ANALÍTICA

Para determinar el mecanismo por síntesis analítica se utilizó un software de cómputo numérico, ya que hay algunas ecuaciones que llevan números complejos y que el software nos facilita resolver, se programaron las ecuaciones y variables en el código:

```
% variables
alf2 = 0;
alf3 = 0;
%-----
bet2 = -13;
bet3 = -47;
%-----
phi2 = -6;
phi3 = -13;
%-----
C2 = 0-20i;
C3 = 30-60i;
%----- con los cosenos y senos
A1 = cosd(bet2)+i*sind(bet2)-1;
A2 = cosd(bet3)+i*sind(bet3)-1;
B1 = cosd(alf2)+i*sind(alf2)-1;
B2 = cosd(alf3)+i*sind(alf3)-1;
D1 = cosd(phi2)+i*sind(phi2)-1;
D2 = cosd(phi3)+i*sind(phi3)-1;
%-----
izq = [A1 B1;A2 B2];
der = [D1 B1;D2 B2];
b = [C2 ; C3];
wz = cat(1, izq\b, der\b); %para hallar las matrices inversas.
WA = wz(1,1);
ZA = wz(2,1);
WB = wz(3,1);
ZB = wz(4,1);
%----- pivotes de tierra
B0= 75.14-347i
A0= 143-535i
%----- pivotes móviles
A = A0+WA
B = B0+WB
%----- Resultados
%Coordenadas en X y de los puntos pivotes
A = 2.3077e+02 - 5.2500e+02i
B = 2.6595e+02 - 3.3700e+02i
```

Donde:

- Alf2 es el ángulo que se forma entre el eslabón Z cuando cambia de P1 a P2.

- Alf_3 es el ángulo que se forma entre el eslabón Z cuando cambia de P1 a P3.
- Bet_2 es el ángulo que se forma entre el eslabón W cuando cambia de P1 a P2.
- Bet_3 es el ángulo que se forma entre el eslabón W cuando cambia de P1 a P3.
- Phi_2 es el ángulo que se forma entre el eslabón V cuando cambia de P1 a P2.
- Phi_3 es el ángulo que se forma entre el eslabón V cuando cambia de P1 a P3.
- C2 y C3 son las coordenadas de P2 y P3 respectivamente, ver figura 9-2.
- B0 y A0 son las coordenadas de la base donde se apoyará el mecanismo, ver figura 9-2.
- A es el punto donde se deben conectar los eslabones W y Z.
- B es el punto donde se deben conectar los eslabones Z y U.

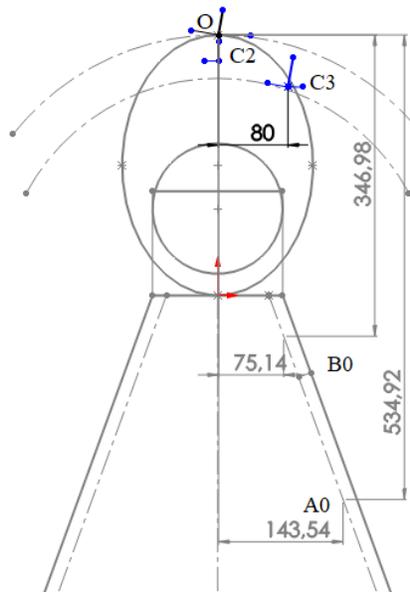


Figura 9-1. Punto de origen en O (*Fuente: propia*).

Con ayuda del software Linkage, podemos graficar estos puntos y obtener la trayectoria del mecanismo que se aprecia en la figura 4-13, para llegar a esas dimensiones previamente se realizaron algunas correcciones en las distancias de los eslabones.

9.2. MECANISMOS ENCONTRADOS.

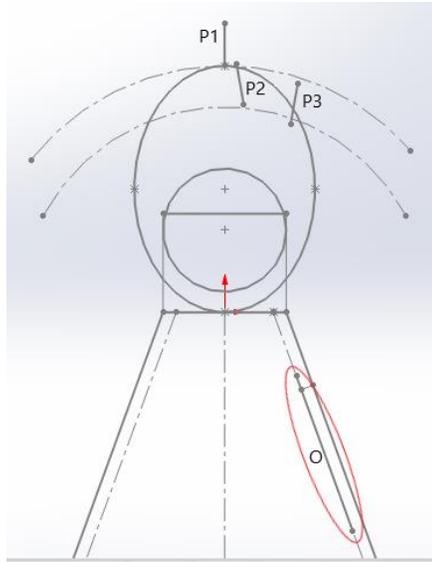


Figura 9-2: Posición de las cuchillas en el mecanismo 3. (*Fuente propia*)

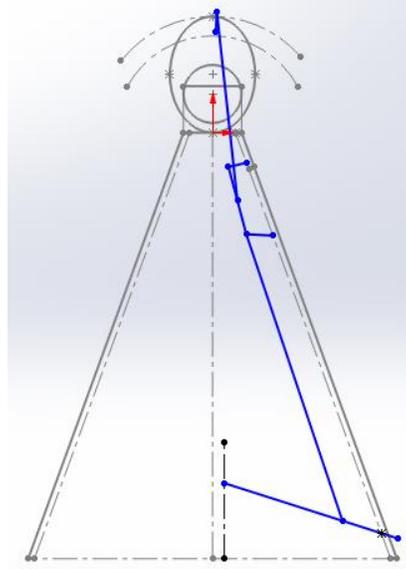


Figura 9-3: Mecanismo 3. (*Fuente propia*)

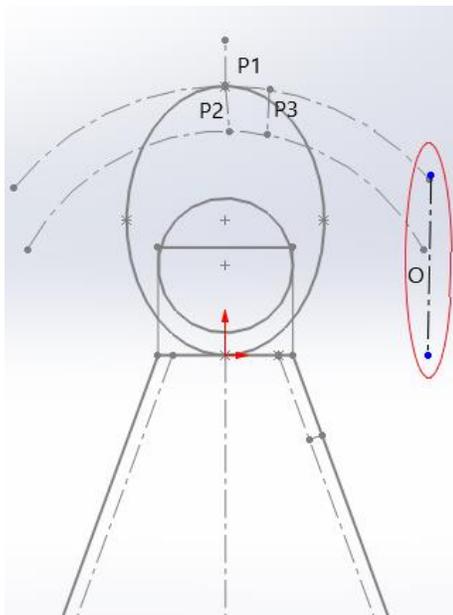


Figura 9-4: Posición de las cuchillas en el mecanismo 4. (*Fuente propia*)

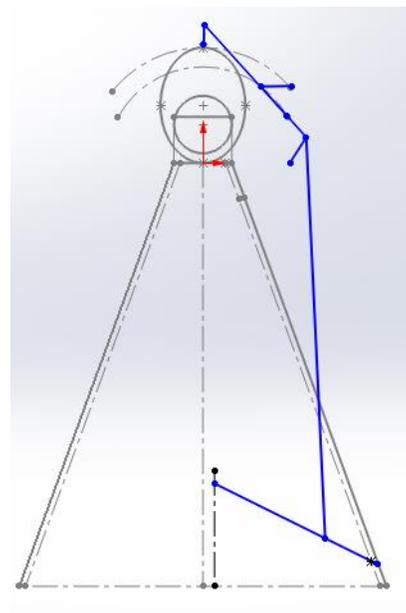


Figura 9-5: Mecanismo 4. (*Fuente propia*)

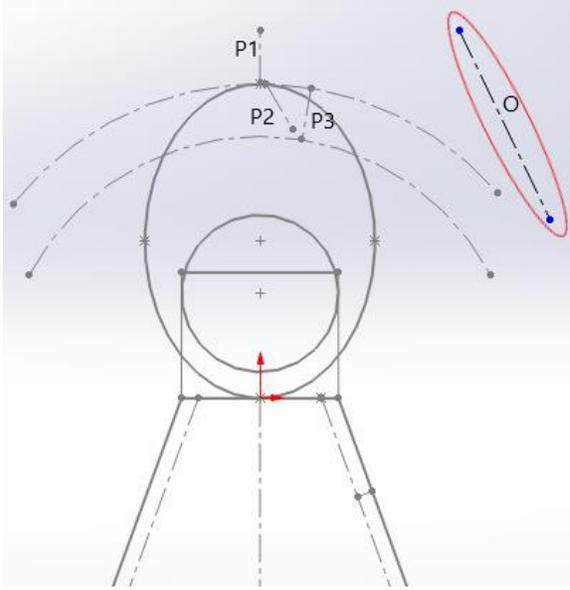


Figura 9-6: Posición de las cuchillas en el mecanismo 5. (*Fuente propia*)

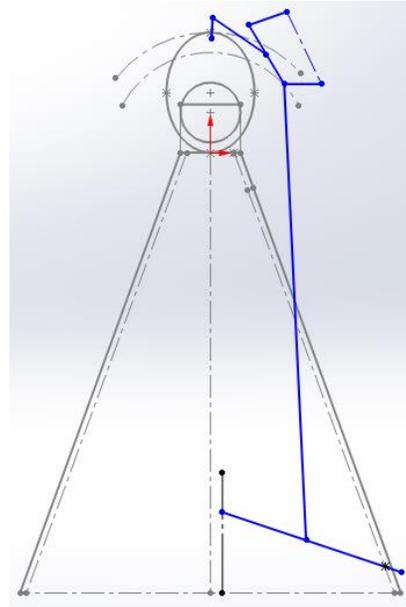


Figura 9-7: Mecanismo 5. (*Fuente propia*)

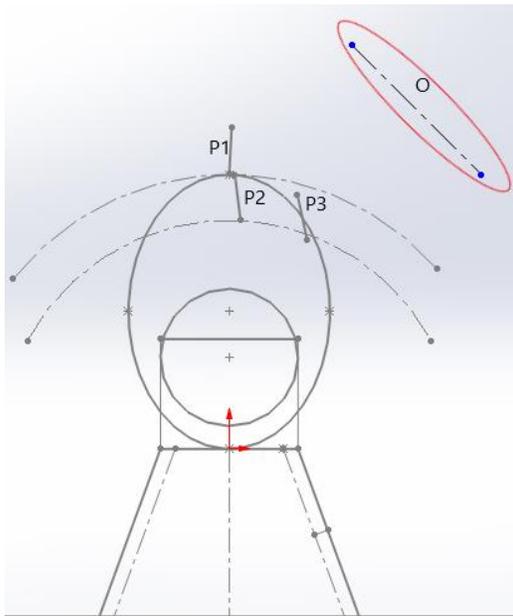


Figura 9-8: Posición de las cuchillas en el mecanismo 6. (*Fuente propia*)

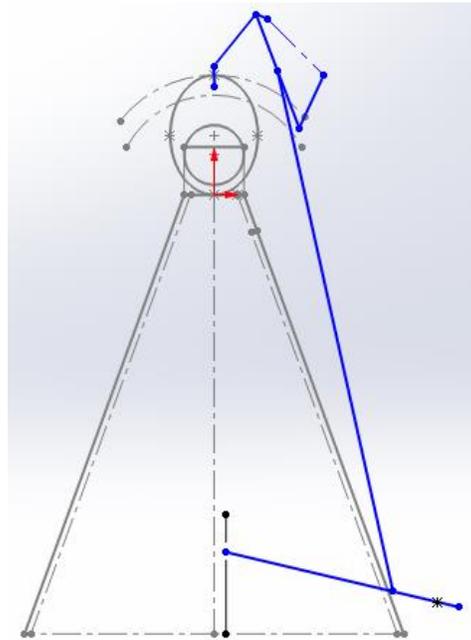


Figura 9-9: Mecanismo 6. (*Fuente propia*)

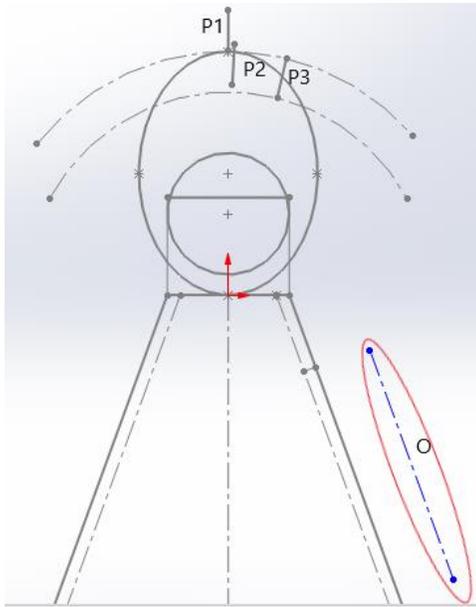


Figura 9-10: Posición de las cuchillas en el mecanismo 7. (*Fuente propia*)

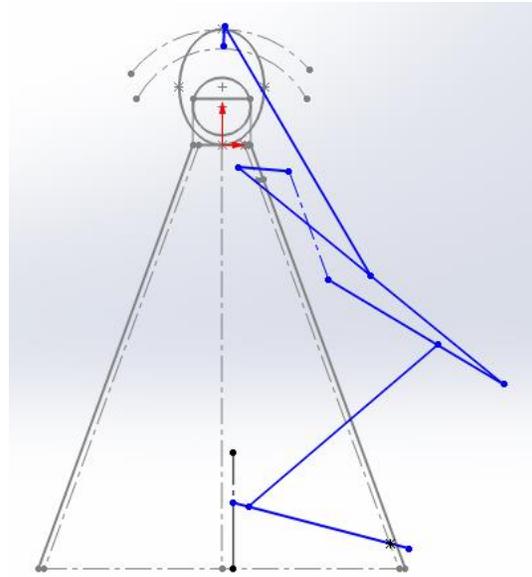


Figura 9-11: Mecanismo 7. (*Fuente propia*)

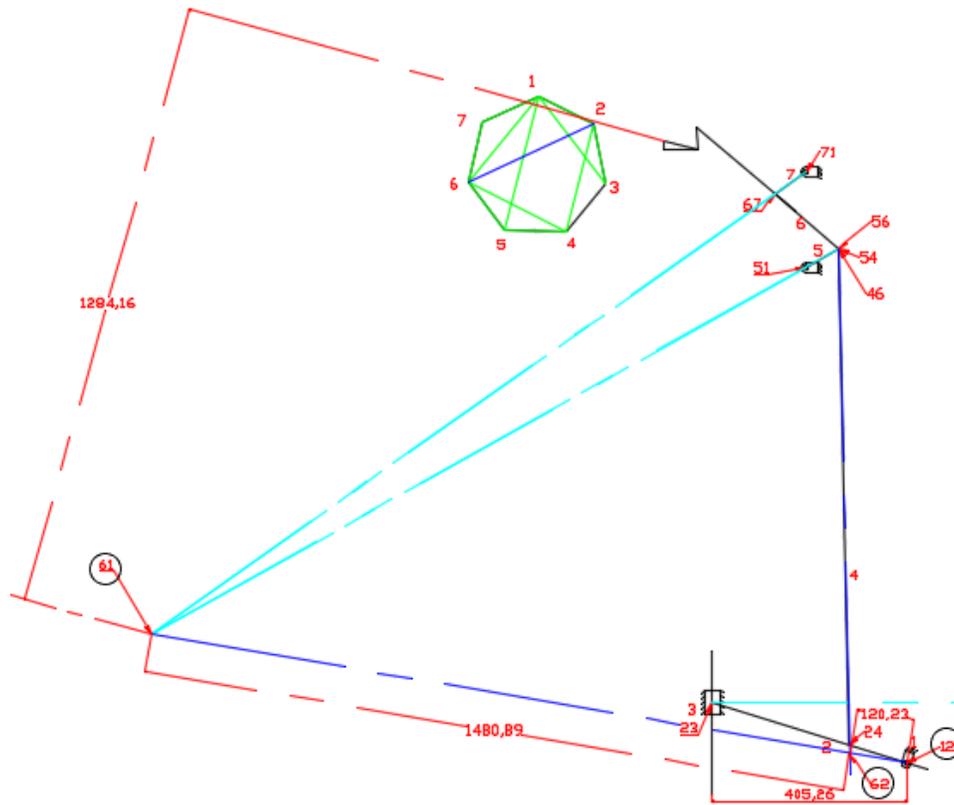


Figura 9-13: CI para el mecanismo 4. (*Fuente propia*)

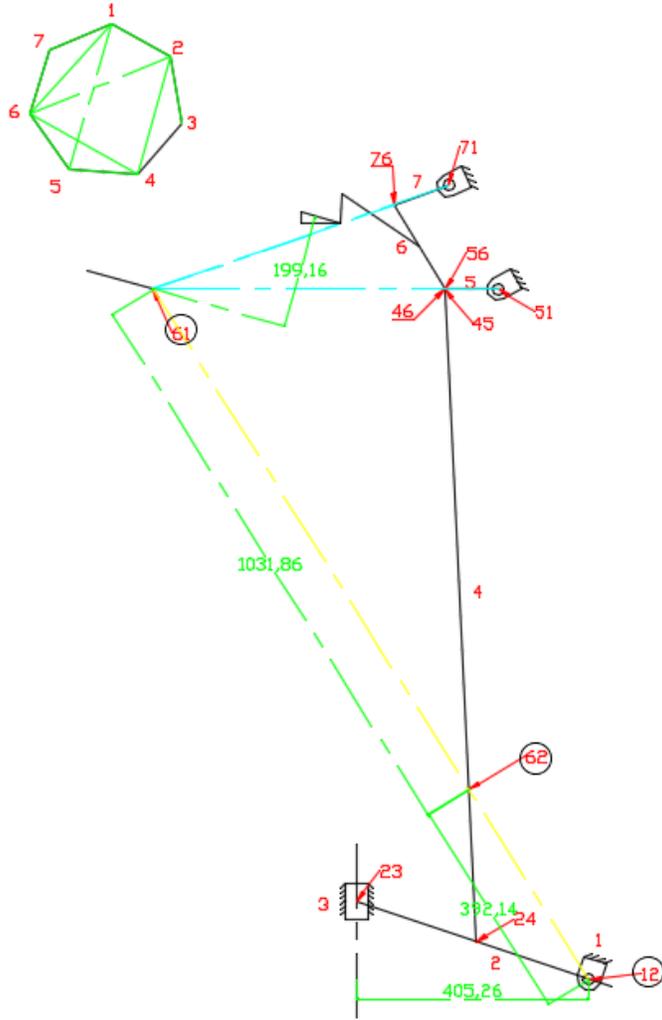


Figura 9-14: CI para el mecanismo 5. (Fuente propia)

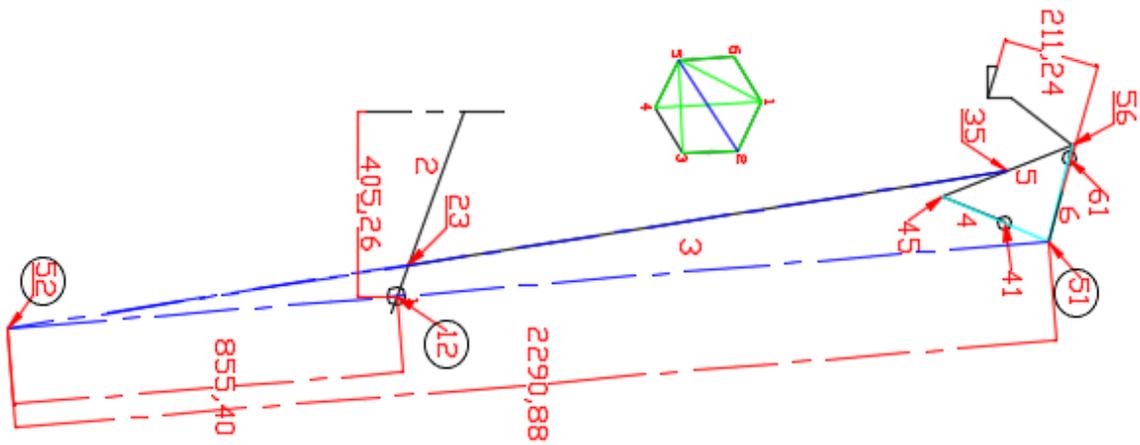


Figura 9-15: CI para el mecanismo 6. (Fuente propia)

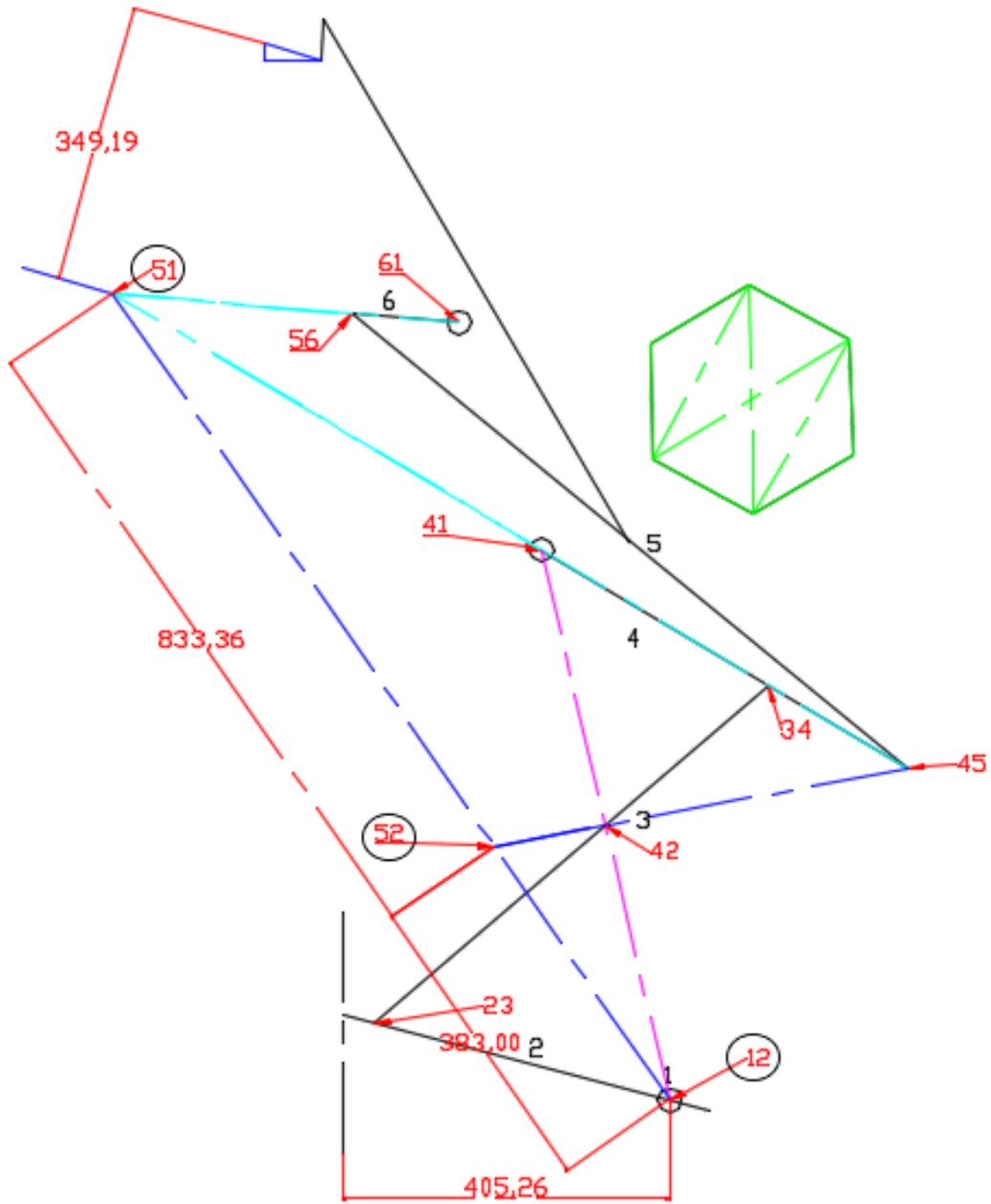


Figura 9-16: CI para el mecanismo 7. (Fuente propia)

9.4. VENTAJA MECÁNICA DE LOS DEMÁS MECANISMOS ENCONTRADOS

En la siguiente tabla se encuentran los respectivos datos de ventaja mecánica para cada uno de los mecanismos de la figura 9-12 a la 9-16.

Tabla 9-1: Centros instantáneos, Ventaja mecánica y fuerza de entrada.

# Mecanismo	Ventaja Mecánica	Fuerza de entrada N	F en Kg	Centros instantáneos
1	4,3	$169,33 \cdot 3 = 507,99 \text{ N}$	51 Kg	Figura 9-12
3	4,56	$159,6 \cdot 3 = 478,8 \text{ N}$	48,8 Kg	Figura 9-13
4	3,14	$231,85 \cdot 3 = 695,55 \text{ N}$	70,9 Kg	Figura 9-14
5	5,35	$136,07 \cdot 3 = 408,21 \text{ N}$	41,61 Kg	Figura 9-15
6	5,14	$141,63 \cdot 3 = 424,9 \text{ N}$	43,3 Kg	Figura 9-16

9.5. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE MÁQUINA PARA PELAR COCO.

I. INTRODUCCIÓN

El manual de funcionamiento y mantenimiento es la guía autorizada de cómo se hacen las cosas para el uso y disfrute de la máquina en mención. Le da una forma eficaz de uso y procedimientos establecidos, y ofrece a las personas la independencia y la seguridad que necesitan para operarla dando máximos resultados. En la figura 9-17 se observa el modelo 3D de la máquina, en la figura 9-18 se muestra la numeración de las partes en una vista explosionada, y en la tabla 9-2, se muestra el nombre de cada pieza, su descripción y la cantidad de piezas.

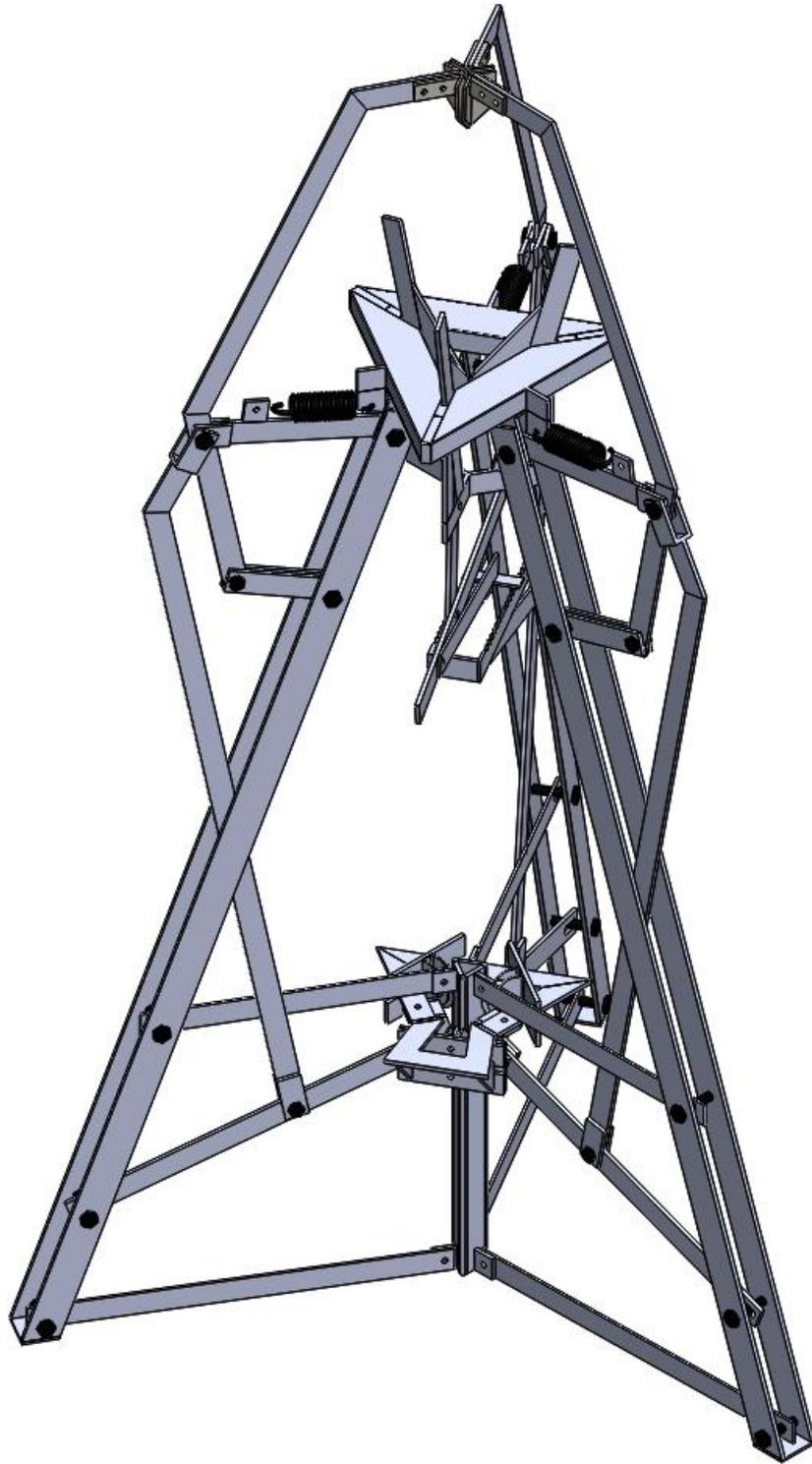


Figura 9-17: Diseño 3D. (*Fuente propia*)

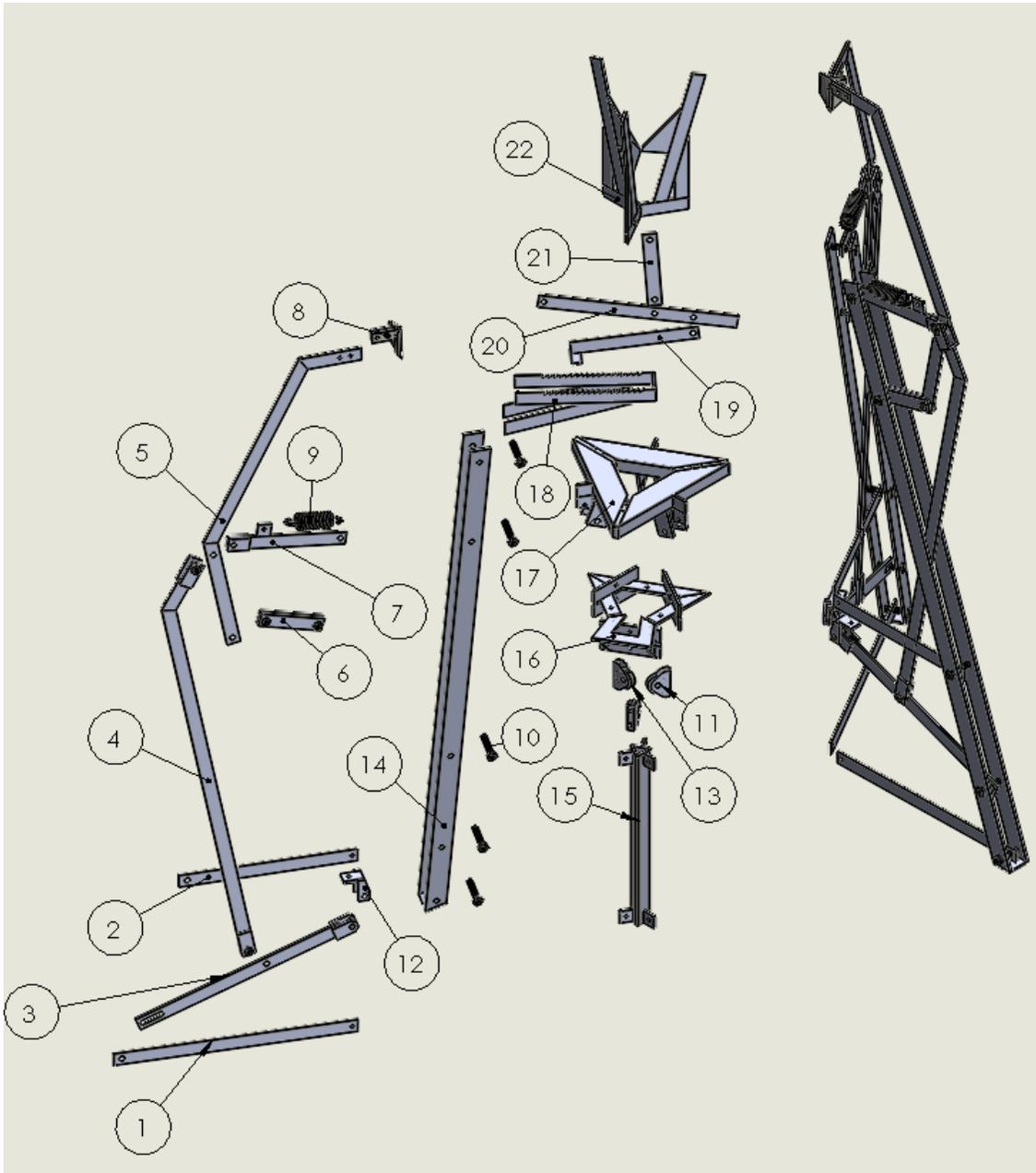


Figura 9-18: Diseño 3D. (*Fuente propia*)

Tabla 9-2: Nombre de las partes de la máquina.

Numero	pieza	Descripción	Cantidad
1	Barra 1 para soporte de guía.	Platina 1x 3/16 in	3
2	Barra 2 para soporte de guía.	“	3
3	barra 2 del mecanismo	“	3
4	barras 3 del mecanismo.	“	3
5	barra 5 del mecanismo.	“	3
6	barra 4 del mecanismo.	“	3
7	barra 6 del mecanismo.	“	3
8	cuchilla.	Placas calibre 15	3
9	resorte.	D= 25 mm, d=4.76 mm	3
10	pasadores	D 3/8 in	15
11	rueda para guía.	D 1 in	3
12	anclaje de guías.		3
13	Rodamientos		3
14	apoyos.	Platinas 1 1/2 x 3/16 in	6
15	guías de accionamiento.	Platina 1x 3/16 in	1
16	Pedal de accionamiento.	“	1
17	base.	Tubo rectangular 40x20mm	1
18	soporte para cambio de altura.	Platina 1x 3/16 in	1
19	palanca para cambio de altura.	“	1
20	barra de cambio de 360 mm.	“	1
21	barra de 150 mm.	“	1
22	soporte regulador para el coco.	“	1

II. FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

Información general.

Este manual explica:

- Armado y desarmado la máquina para el pelado del coco de una forma ágil.
- Uso adecuado de la máquina para el pelado del coco de una forma segura.
- Procedimiento de mantenimiento de la máquina.

Asegúrese de leer los ítems de este manual antes de su uso. esto es para proteger la seguridad del usuario y evitar dañar la propiedad.

Estructura de la máquina.

De manera general, la máquina se compone de 3 parte que son:

1. **Cuerpo:** sección en la cual se encuentra la base, los apoyos y la guía del pedal ver figura 9-19, permite anclar el mecanismo para que pueda ejercer su función.
2. **Soporte para el coco:** es la sección donde se fija el coco, el cual se puede levantar o bajar para acercar o alejar el coco de las cuchillas, ver figura 9-20, los nombres de las partes se encuentran en la tabla 9-2, con su respectiva descripción y cantidad.
3. **Mecanismo:** Este permitirá multiplicar y transferir la fuerza desde la palanca hasta las cuchillas para hacerlas mover, penetrar y separar la fibra del coco. ver figura 9-21.

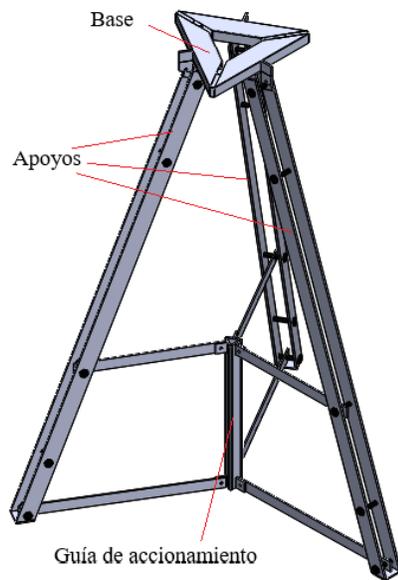


Figura 9-19: Cuerpo. (*Fuente propia*)

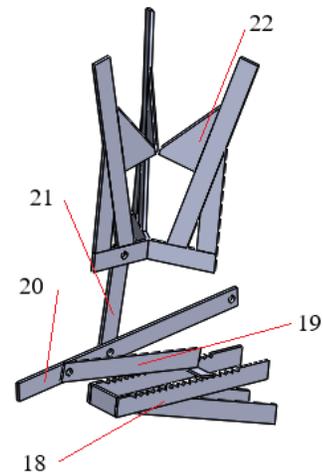


Figura 9-20: Soporte para el coco. (*Fuente propia*)

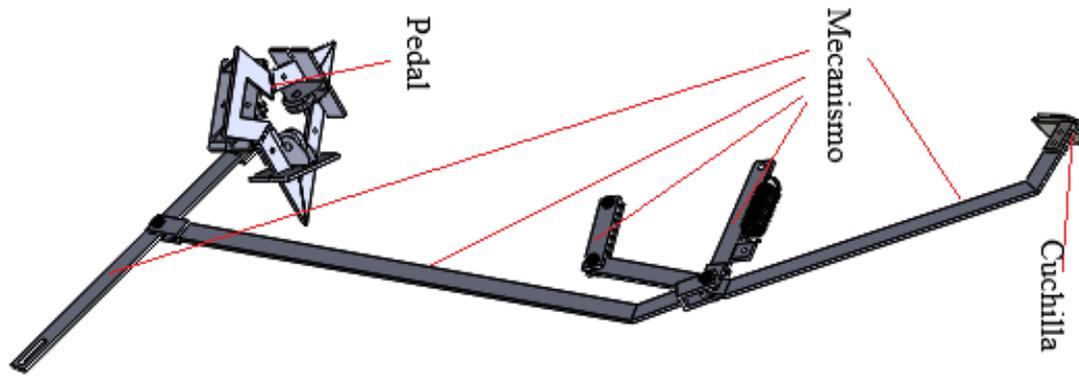


Figura 9-21: Mecanismo. (*Fuente propia*)

III. ENSAMBLADO Y DESARMADO DE LA MÁQUINA

La máquina completamente desarmada pesa aproximadamente 45 kg lo que hace que esta sea cargada entre dos personas como mínimo, para el armado de esta solo es necesario una sola persona ya que tiene un grado de dificultad relativamente bajo, y se necesitan solo 2 llaves fijas número 14 para ajustar los tornillos.

Paso 1 - Armado del cuerpo.

Cuanto se tenga la máquina desarmada completamente, se arma primeramente el cuerpo que consta de la base triangular (17), los tres apoyos (14), los resortes (9), la barra 6 (7), la barra 1 para soporte de guía (1), la barra 2 para soporte de guía (2) y la guía de accionamiento (15).

Primero, se unen las piezas (17), (14), y (9), como se ve en la figura 9-22, y después se procede a colocar el pasador, uniendo el ensamble anterior con los apoyos, como se ve en la figura 9-23.

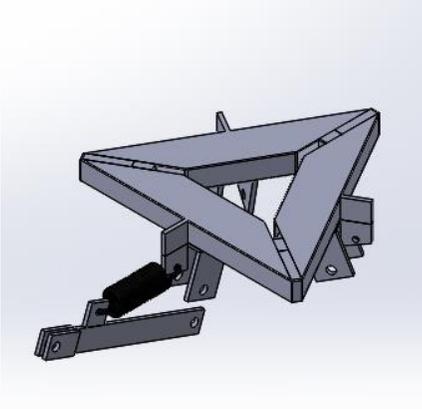


Figura 9-22: pasos de construcción. *(Fuente propia).*

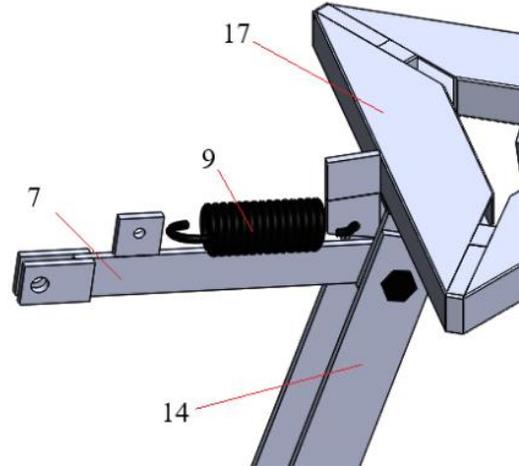


Figura 9-23: Unión de piezas. *(Fuente propia).*

Después de esto, se unen las piezas (1), (15) con los apoyos como se ve en la figura 9-24, se introduce el pedal y después se procede a colocar las piezas (2) como se ve en la figura 9-25.

Y así se culmina el armado el cuerpo.

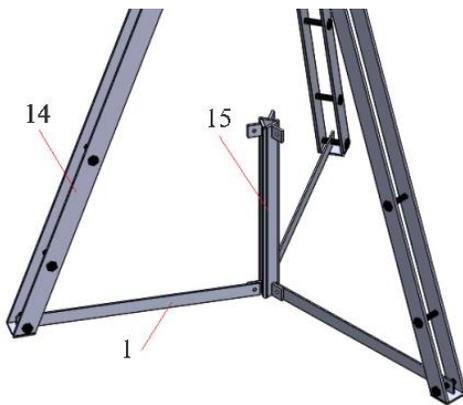


Figura 9-24: Unión de piezas. *(Fuente propia).*

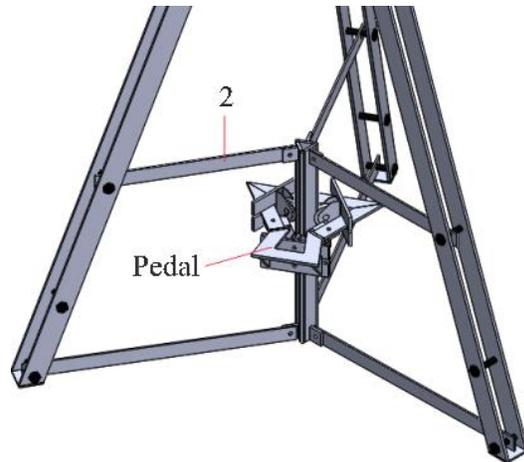


Figura 9-25: Unión de piezas. *(Fuente propia).*

Paso 2 - Armado del mecanismo.

Para armar el mecanismo tal cual se ve en la figura 9-21, se recomiendan los siguientes pasos.

Unir las piezas (5), (6) y (8), como se ve en la figura 9-26, y unir las al cuerpo como se ve en la figura 9-27.

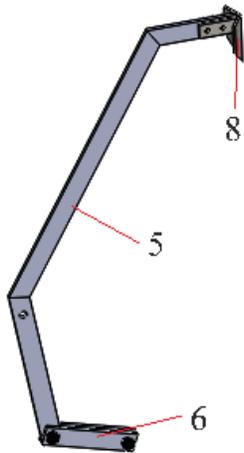


Figura 9-26: Unión de piezas. (*Fuente propia*).

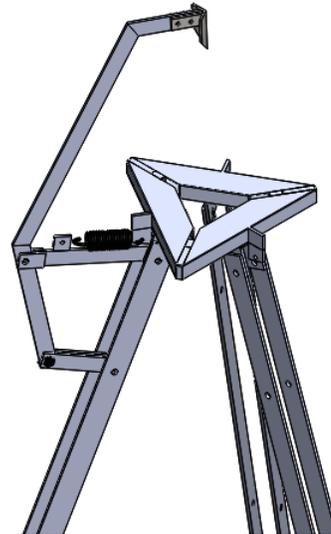


Figura 9-27: Unión de piezas. (*Fuente propia*).

Después unir las piezas (3) y (4) al cuerpo, tal cual se ve en la figura 9-28, de esta forma se unen los tres mecanismos al cuerpo para quedar tal cual se ve en la figura 9-29.

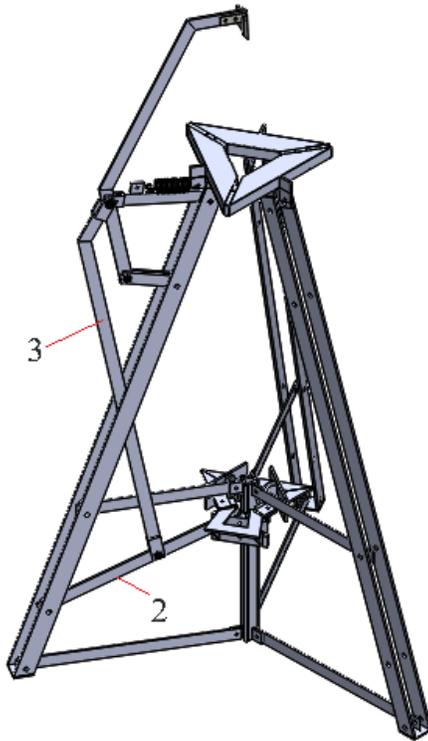


Figura 9-28: Unión de piezas. (*Fuente propia*).

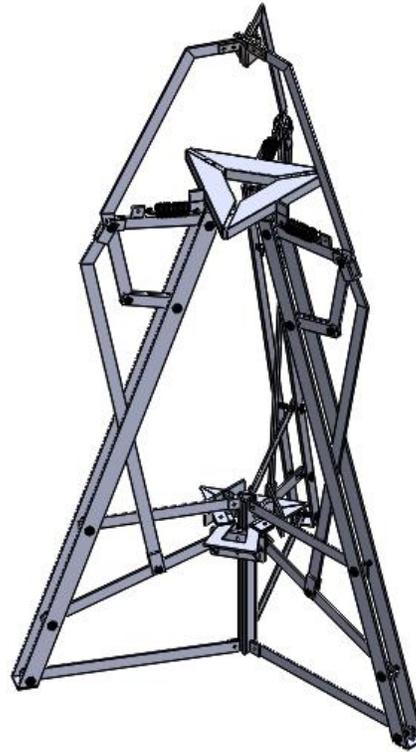


Figura 9-29: Unión de piezas. (*Fuente propia*).

Paso 3 – Armado del soporte del coco.

Se inicia ubicando la pieza (18) tal cual se ve en la figura 9-30, la pieza (20) se coloca en el momento en que se vaya a unir el mecanismo al cuero ya que se ubica en el mismo pasador que la pieza (6) como se ve en la figura 9-31, después de esto se procede a introducir el soporte, pieza (22) en su lugar como se ve en la figura 9-32, y se terminan de unir las piezas restantes (19) y (21) como se ve en la figura 9-33. Y de esta forma se arma toda la máquina.

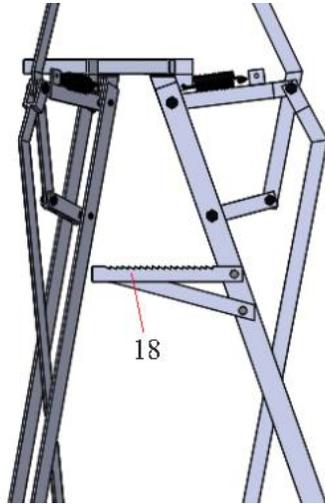


Figura 9-30: Unión de piezas. (*Fuente propia*).

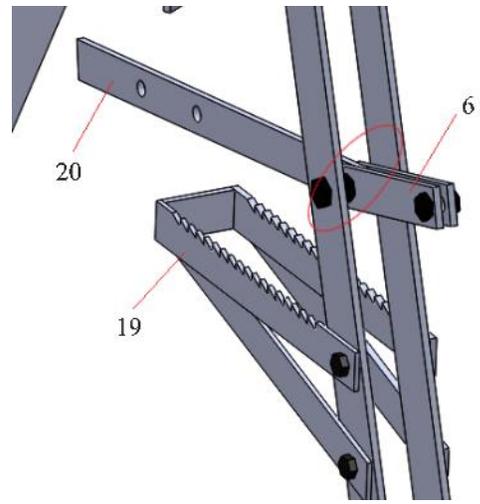


Figura 9-31: Unión de piezas. (*Fuente propia*).

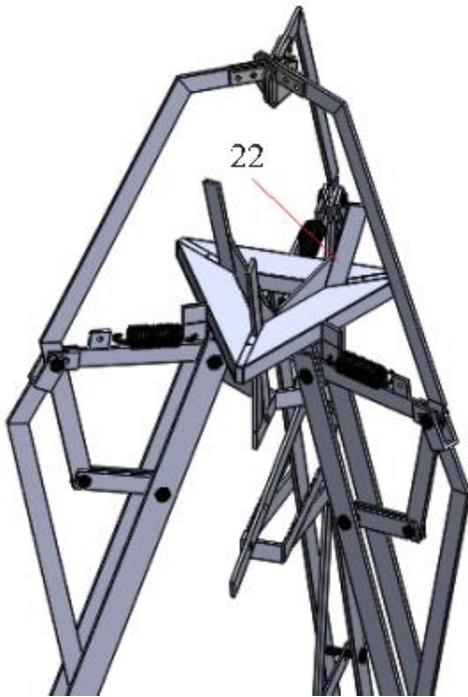


Figura 9-32: Unión de piezas. (*Fuente propia*).

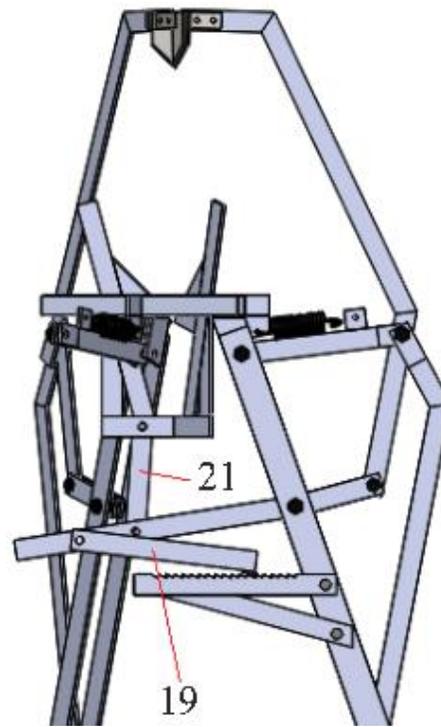


Figura 9-33: Unión de piezas. (*Fuente propia*).

IV. PUESTA EN MARCHA

ya que se tenga la máquina lista. Solamente se ubica un coco con las medias estándares y se procede a:

- a. se ubica el coco en la parte superior entre las cuchillas y el soporte regulador del coco con la parte superior del coco hacia arriba como muestra la figura 9-23.



Figura 9-23: Ubicación del coco. (Fuente propia).

- b. cuando esté el fruto puesto se procede a regular la altura hasta que llegue a tocar las cuchillas y se ajusta con la palanca y la base para cambio de altura, ver figura 9-24.



Figura 9-24: Ilustración para graduar el soporte del coco. (Fuente propia).

- c. Después de que esté listo se procede a pulsar con el pie que la persona crea que tenga más habilidad y se sienta más cómodo, ver figura 9-25.



Figura 9-25: Ilustración para mover la palanca con el pie. (Fuente propia).

V. MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA

La máquina a la cual se le hará el mantenimiento, es una máquina de tipo manual que requiere:

- Limpieza antes y después de su uso diario, ya sea con un paño húmedo.
- Para las piezas móviles se le suministrará grasa ya que esta trabaja a velocidades bajas estos para que el mecanismo no se traben.
- Se sugiere tapar la máquina cuando no está en uso, para evitar que el polvo y la humedad lleguen a ella.
- Afilado de cuchillas. Recomendable cambiar la cuchilla cuando la altura de estas, se haya desgastado más de 3 cm, ya que se dificulta la regulación de la altura de coco a pelar.
- Debido a que la máquina desconcha la parte fibrosa del coco, las cuchillas no tocan el alimento, lo que hace que la base y las cuchillas no sean necesario hacerlas de un material que no interfiera con la calidad y sanidad de este.