

DISPOSITIVO PARA LA TAREA DE TRANSPORTE DE MAZORCA DE CACAO,  
DESDE LA RECOLECCIÓN HASTA EL PUNTO DE FERMENTACIÓN, EN  
CULTIVO DE ESCALA FAMILIAR, EN LA COMUNIDAD DE SAN BERNARDO,  
MUNICIPIO DE BETULIA, SANTANDER.

HEIDY VANNESA MARCON CABALLERO

PAOLA ANDREA QUINTERO ARDILA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA

2021

DISPOSITIVO PARA LA TAREA DE TRANSPORTE DE MAZORCA DE CACAO,  
DESDE LA RECOLECCIÓN HASTA EL PUNTO DE FERMENTACIÓN, EN  
CULTIVO DE ESCALA FAMILIAR, EN LA COMUNIDAD DE SAN BERNARDO,  
MUNICIPIO DE BETULIA, SANTANDER.

HEIDY VANNESA MARCON CABALLERO

PAOLA ANDREA QUINTERO ARDILA

Trabajo de Grado para Optar el título de Diseñador Industrial

Directora:

María Fernanda Maradei García

Ph. D Ingeniería línea de ergonomía

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA

2021

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	15
1. CONTEXTUALIZACIÓN .....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.3. TÍTULO .....	20
1.3. OBJETIVO GENERAL .....	20
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	21
2. MARCO REFERENCIAL.....	22
2.1 MARCO TEORICO .....	22
2.1.1. Características generales de la vereda de San Bernardo:.....	22
2.1.2. Tareas realizadas en el transporte de la mazorca de cacao:.....	23
2.1.3. Sintomatología en el trabajo agrícola.....	24
2.1.4. Jornadas laborales en el sector agrícola:.....	24
2.1.5. Herramientas y tecnología: .....	25
3. METODOLOGÍA .....	28
3.1. OBSERVACIÓN.....	28
3.2. ANÁLISIS.....	29
3.3. GENERACIÓN DE CONCEPTO.....	30
3.4. VERIFICACIÓN .....	30
3.5. AJUSTES DEL SISTEMA .....	31
4. OBSERVACIÓN DE LA VISITA TÉCNICA .....	32
4.1. OBSERVACIÓN DEL TERRENO .....	32
4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL FRUTO .....	32
4.3. TAREAS REALIZADAS .....	33
4.4. OBSERVACIÓN SOBRE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN EL TRANSPORTE DE CACAO EN BABA POR LOS CACAOCULTORES. ....	34
5. ANÁLISIS DE LA OBSERVACIÓN DE LA VISITA TÉCNICA.....	35
5.1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA ENCONTRADO.....	35

5.2. PARTICIPANTES DEL SISTEMA TRADICIONAL DE TRANSPORTE DE CACAO.....	35
5.3 REVISIÓN DE LO EXISTENTE .....	37
5.3.1. Agrocable:.....	38
5.3.2. Garrucha: .....	39
5.3.3. Sistema de Malacate y Vagón para Transporte de Café en Cereza en Condiciones de Alta Pendiente:.....	40
5.3.4. Arizona vortex: .....	41
5.3.5. Herramienta de rescate stelvio: .....	42
5.3.6. Conclusiones: .....	43
5.4. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	43
6. PROCESO CREATIVO.....	46
6.1. MOOD BOARD Y CONCEPT BOARD.....	46
6.2. LLUVIA DE IDEAS .....	46
6.3. GENERACIÓN DE CONCEPTO.....	48
6.3.1. Alternativa 1:.....	48
6.3.2. Alternativa 2: .....	50
6.3.3. Alternativa 3: .....	51
6.3.4. Alternativa 4: .....	53
6.4. Evaluación de alternativas .....	54
7. NECESIDADES DE LA ALTERNATIVA .....	56
7.1. ALTERNATIVA SELECCIONADA .....	56
7.2. CÁLCULO DE FUERZAS .....	56
7.2.1. Fuerza sugerida para un volante: .....	61
7.2.2. Relación de la ventaja mecánica y el número de vueltas del volante: .....	63
7.3. DATOS ANTROPOMÉTRICOS .....	65
7.4. NECESIDADES LATENTES EN LA ALTERNATIVA 3 .....	66
8. VERIFICACIÓN.....	69
8.1. PROTOTIPOS RÁPIDOS .....	69

8.2. DATOS DE PESO OBTENIDOS EN SOLIDWORKS .....	70
8.3. CARGA SOPORTADA POR EL DISPOSITIVO .....	71
8.4. PRUEBA DE TERRENO.....	75
8.5. VERIFICACIÓN DEL EQUILIBRIO DE LA ESTRUCTURA. ....	78
8.6. VERIFICACIÓN DE SEGURIDAD EN EL DISPOSITIVO .....	80
8.7. INSTALACIÓN Y DESINSTALACIÓN DEL DISPOSITIVO.....	83
8.8. VERIFICACIÓN DE ESFUERZO .....	89
8.9. ANÁLISIS DE DATOS .....	99
8.9.1 Conclusión de la prueba de esfuerzo y carga soportada por el dispositivo:..	99
8.9.2 Conclusión de la prueba tiempo de instalación:.....	101
8.9.3 Conclusión de la prueba terreno y prueba de equilibrio:.....	102
8.9.2 Conclusión de la prueba de seguridad del dispositivo .....	102
8.10. RECOMENDACIONES .....	103
11. PRODUCTO FINAL .....	105
11.1. MODELO FINAL .....	105
11.2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	106
12. CONCLUSIONES .....	111
BIBLIOGRAFÍA .....	113

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Ventajas y desventajas del sistema Agrocable. ....	38
Tabla 2. Ventajas y desventajas garrucha. ....	39
Tabla 3. Ventajas y desventajas del Malacate y Vagón. ....	40
Tabla 4. Ventajas y desventajas Arizona Vortex. ....	42
Tabla 5. Ventajas y desventajas Herramienta de rescate stelvio. ....	43
Tabla 6. Requerimientos de categoría tiempo. ....	44
Tabla 7. Requerimientos categoría de peso. ....	44
Tabla 8. Requerimiento categoría de terreno. ....	45
Tabla 9. Requerimiento categoría de seguridad. ....	45
Tabla 10. Criterios de evaluación para selección de alternativa. ....	54
Tabla 11. Matriz de selección de alternativa. ....	55
Tabla 12. Número de vueltas que debe realizar el cacao cultor. ....	63
Tabla 13. Fuerza para girar el volante. ....	64
Tabla 14. Problemas en la alternativa seleccionada. ....	66
Tabla 15. Variaciones de perímetros. ....	98
Tabla 16. Tiempo que sube la carga. ....	100
Tabla 17. Tiempo de instalación y desinstalación de las estructuras. ....	101
Tabla 18. Documento de preguntas de funcionamiento técnico. ....	102

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Cáscara de la mazorca en estado de putrefacción y hongo molina en el tallo del árbol de cacao. ....	17
Figura 2. Inclinación del terreno. Fotos tomadas en la primera visita de campo en la vereda San Bernardo, Betulia, Santander. ....	20
Figura 3. Pendiente terreno San Bernardo, Betulia, Santander. ....	22
Figura 4. Tareas realizadas en el transporte de la mazorca de cacao. ....	23
Figura 5. Costales para trasportar la baba del cacao, balde para trasportar la mazorca y la baba del cacao. ....	26
Figura 6. Sistema de transporte por cable aéreo garrucha. ....	27
Figura 7. Metodología design thinking ....	28
Figura 8. Visita realizada a los campesinos de la vereda de San Bernardo, Betulia, Santander ....	29
Figura 9. Características del terreno. ....	32
Figura 10. Tamaño de la mazorca de cacao. ....	33
Figura 11. Posturas realizadas en el transporte de cacao ....	33
Figura 12. Transporte tradicional de cacao. ....	34
Figura 13. Árbol del problema. ....	35
Figura 14. Usuario principal. ....	36
Figura 15. Mapa de empatía de Luz Morales. ....	36
Figura 16. Mapa de empatía de Argemiro Pinzón. ....	37
Figura 17. Sistema Agrocable. ....	38
Figura 18. Garrucha. ....	39
Figura 19. Malacate y Vagón ....	40
Figura 20. Arizona Vortex ....	41
Figura 21. Herramienta de rescate stelvio ....	42

Figura 22. Moodboard y Concept board .....	46
Figura 23. Lluvia de ideas de mecanismo de plegado. ....	47
Figura 24. Lluvia de ideas de mecanismos para trasladar carga aérea. ....	48
Figura 25. Boceto alternativa 1 .....	49
Figura 26. Diagrama de alternativa 1 .....	49
Figura 27. Boceto alternativa 2 .....	50
Figura 28. Diagrama de alternativa 2 .....	51
Figura 29. Boceto alternativa 3 .....	52
Figura 30. Diagrama de alternativa 3 .....	52
Figura 31. Boceto alternativa 4 .....	53
Figura 32. Diagrama de alternativa 4 .....	54
Figura 33. Diagrama de torta de selección de alternativa .....	55
Figura 34. Alternativa seleccionada. ....	56
Figura 35. Diagrama de cuerpo libre.....	57
Figura 36. Recorrido de la carga.....	58
Figura 37. Volante y cilindro .....	59
Figura 38. Peso del volante de aluminio .....	60
Figura 39. Peso del volante de aluminio .....	60
Figura 40. Fuerza máxima recomendada según la frecuencia para un volante. Norma AFNOR NF X35-106 .....	62
Figura 41. Medidas antropométricas por género .....	65
Figura 42. Adecuación de los controles a la acción requerida. ....	68
Figura 43. Prueba de curvatura en tubo telescópico.....	69
Figura 44. Prototipo en cartón paja.....	69
Figura 45. Peso de la estructura 1 .....	70
Figura 46. Peso de la estructura 2 .....	71
Figura 47. Peso del balde con las mazorcas .....	72
Figura 48. Transporte de 10.4 kg de mazorca de cacao hasta la cima de la pendiente .....	72

Figura 49. Tiempo de subida para una carga de 10.4 kg.....	73
Figura 50. Balde con mancuerna.....	74
Figura 51. Gancho de doble balde.....	74
Figura 52. Transporte de 20.8 kg de mazorca de cacao hasta la cima de la pendiente.....	74
Figura 53. Tiempo de subida para una carga de 20.8 kg.....	75
Figura 54. Prueba en terreno seco. ....	75
Figura 55. Patas niveladoras deslizándose en terreno seco.....	76
Figura 56. Prueba en terreno semihúmedo. ....	77
Figura 57. Foto app Precise Level. ....	77
Figura 58. Gradación del dispositivo.....	78
Figura 59. Patas niveladoras .....	79
Figura 60. Uso sistema telescópico. ....	79
Figura 61. Equilibrio en dispositivo cuando está siendo usado.....	80
Figura 62. Resistencia lineal estática.....	81
Figura 63. Resistencia de guaya.....	81
Figura 64. Uso de trinquete.....	82
Figura 65. Prueba de resistencia estática en el trinquete. ....	82
Figura 66. Prueba de anclaje.....	83
Figura 67. Indicadores. ....	84
Figura 68. Instalación de la primera estructura.....	84
Figura 69. Tiempo de instalación estructura 1 .....	85
Figura 70. Instalación de la segunda estructura. ....	86
Figura 71. Prueba de tiempo de armado. ....	87
Figura 72. Prueba de desinstalación.....	88
Figura 73. Tiempo desinstalación segunda estructura.....	89
Figura 74. Diagrama fp .....	89
Figura 75. Diagrama de cuerpo libre del peso .....	92
Figura 76. Cálculo de ángulo gama. ....	93

Figura 77. Diagrama de cuerpo libre del tambor.....	94
Figura 78. Piezas del tambor. ....	97
Figura 79. Ensamble del tambor. ....	97
Figura 80. Perímetro donde se enrolla la cuerda. ....	98
Figura 81. Dispositivo final. ....	105
Figura 82. Dispositivo instalado. ....	105
Figura 83. Dispositivo desarmado. ....	106
Figura 84. Tubos de acero inoxidable. ....	107
Figura 85. Modificaciones de bisagras. ....	107
Figura 86. Chumacera. ....	108
Figura 87. Soportes de la estructura. ....	108
Figura 88. Patas niveladoras. ....	109
Figura 89. Partes del volante. ....	109
Figura 90. Trinquete y estructura final. Figura 91. Partes del volante. ....	109
Figura 92. Trinquete y estructura final. ....	110

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Peso de las estructuras del dispositivo (referido en la página 68 de este documento).....	99
Cuadro 2. Cuadro de recomendaciones. ....	103

## **LISTA DE ANEXOS**

Ver anexos adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS

Anexo A: Costos de producción

Anexo B: Video de prueba de funcionamiento técnico

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISPOSITIVO PARA LA TAREA DE TRANSPORTE DE MAZORCA DE CACAO, DESDE LA RECOLECCIÓN HASTA EL PUNTO DE FERMENTACIÓN, EN CULTIVOS DE ESCALA FAMILIAR, EN LA COMUNIDAD DE SAN BERNARDO MUNICIPIO DE BETULIA, SANTADER\*

**AUTOR:** HEIDY VANNESA MARCON CABALLERO, PAOLA ANDREA QUINTERO ARDILA \*\*

**PALABRAS CLAVE:** DESENGRULLAR, TIEMPO PRODUCTIVO, MUCÍLAGO, ESCALA FAMILIAR, MONIALISIS, CACAO-CULTOR, CACAO

**DESCRIPCIÓN:** En la vereda de San Bernardo, municipio de Betulia, Santander el sistema de transporte tradicional del cacao incluye actividades poco eficientes y productivas que traen como consecuencia: tareas adicionales, escaso control en el proceso de fermentación que afecta la calidad del cacao, desperdicio del 90% del cacao (cacota y lixiviado), terrenos áridos por el derrame del lixiviado; los desechos que se generan al botar la cacota y el lixiviado alrededor de los árboles crean focos de enfermedades debido a los mosquitos y se producen hongos como la moniliasis en los tallos y raíces de los árboles, en los cacao cultores se producen enfermedades musculo esqueléticas a largo plazo debido al levantamiento y transporte de carga sobre los hombros y posibles accidentes debido a las pendientes de 70% equivalentes a 35° de inclinación, por las que tienen que transportar la baba de cacao, desde los puntos de stock hasta las zonas de fermentación, ubicada al final o en la cima de la pendiente. El objetivo principal de esta tesis fue diseñar un dispositivo que permitiera facilitar el transporte de la cacota más la baba de cacao desde la zona de cosecha hasta el punto de fermentación, en economías de escala familiar, reduciendo el esfuerzo producido debido a la carga soportada por el campesino.

---

\*Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: María Fernanda Maradei García. Ph.D Ingeniería línea de ergonomía.

## ABSTRACT

**TITLE:** DEVICE FOR THE TASK OF TRANSPORTING COCOA PODS FROM THE HARVEST TO THE FERMENTATION POINT, IN FAMILY SCALE CROPS, IN THE COMMUNITY OF SAN BERNARDO, MUNICIPALITY OF BETULIA, SANTADER \*

**AUTHOR:** HEIDY VANNESA MARCON CABALLERO, PAOLA ANDREA QUINTERO ARDILA \*\*

**KEY WORDS:** EXTRACTING COCOA SLIME, TRANSPORTATION, MUCILAGE, FAMILY SCALE, MONIALYSIS, COCOA-GROWER, COCOA

**DESCRIPTION:** In the area of San Bernardo, Betulia, municipality of Santander, in the current cocoa transport system includes inefficient and unproductive activities due to: additional tasks, limited control in the fermentation process that affects the quality of the product, waste up to 90% of cocoa (cocoa and leachate) arid lands due to leachate spillage; The waste that is generated by throwing the cacota and the leachate around the trees create foci of diseases due to mosquitoes and fungi such as moniliasis are produced in the stems and roots of the trees, in the cocoa cultivators, long-term musculoskeletal diseases occur due to lifting and carrying load on the shoulders and possible accidents due to the slopes of 70% equivalent to 35 ° of inclination, through which they have to transport the cocoa slime, from the stock points to the fermentation areas, located at the end or at the top of the slope. The main objective of this project was to design a device that might facilitate the transport of the cocoa plus the cocoa slime from the harvest area to the fermentation spot, in economies of family scale, reducing the effort produced due to the load on the musculoskeletal system on the farmer.

---

\* Degree work

\*\* Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Industrial Desing. Director: María Fernanda Maradei García. Ph.D Ergonomics line Engineering.

## INTRODUCCIÓN

Santander es el principal productor de cacao a nivel nacional, con una participación del 38% del total de la producción<sup>1</sup>. Sin embargo, el proceso de cosecha realizado en las fincas productoras de escala familiar es de tipo tradicional, como en la vereda de San Bernardo en Betulia Santander, lo que implica desventajas notables en comparación con sistemas productivos tecnificados. Una de las consecuencias relacionadas con la forma como los campesinos de escala familiar cosechan el cacao, se asocia con la baja calidad de este, esto debido a un proceso inadecuado en el corte de mazorcas y desengrullado de las mismas, haciendo que se inicie el proceso de fermentación mucho antes de que la baba de cacao (mucílago) llegue al fermentador. Asimismo, este proceso tradicional requiere de tareas adicionales que pueden ser revaluadas para buscar mejorar los tiempos productivos en la cosecha, que junto con las ventajas de calidad hacen que la propuesta de mejora sea atractiva para los campesinos de escala familiar.

En este sentido, esta tesis se articula con un proyecto de investigación macro que buscaba la evaluación de tecnología orientada a la valorización de los residuos de la cosecha de cacao. Por tanto, esta tesis buscó mejorar el transporte de mazorca de cacao, implementando un dispositivo de carga que vaya desde los puntos de recolección hasta la zona de fermentación, ya allí el campesino puede realizar el desengrullado; separando la cacota de la baba. Este cambio permitiría que el proceso de fermentación de los granos comience dentro del fermentador y no en el área de cosecha, mejorando las condiciones del proceso.

---

<sup>1</sup> MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Cadena de cacao: Indicadores e instrumentos” [En línea]. [Consultado: 2019]. Septiembre de 2018. p.4.

## 1. CONTEXTUALIZACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia para el año 2017, la producción de cacao en grano alcanzó las 56.808 t/año, correspondiente al 1.09% de la producción mundial. Igualmente, en los últimos 4 años el país ha aumentado su producción en aproximadamente un 0.13%<sup>2</sup>. Según la federación nacional de cacaoteros<sup>3</sup>, 350 municipios del país sustentan su economía local con la producción del cacao, por lo tanto, es una actividad productiva importante en el sector rural colombiano, con una participación aproximada de 30.000 mil familias cacaoteras<sup>4</sup>.

Las familias cacaoteras tiene un proceso de producción tradicional que consta de los siguientes pasos: recolección de la mazorca, transporte de la mazorca hasta los puntos de stock, corte de la mazorca, desgranado (desengrullar), recolección del cacao en baba (mucílago) en bultos, transporte del mucílago hasta los puntos de fermentación y la fermentación propiamente dicha.

Dentro del corte de la mazorca y recuperación del grano en baba, los cacaoteros realizan la actividad de desgranado sobre las áreas del cultivo en pequeños sistemas de stock intermedio; allí se quiebra la mazorca para retirar el cacao (extracción de las semillas de la cacota) y se desecha la cacota sobre las áreas del cultivo (**Ver Figura 1**), donde al final se pudre sobre el terreno. Solo el grano en

---

<sup>2</sup> ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. [sitio web] FAOSTAT. Cultivos. [Consultado: 2019].

<sup>3</sup> Sede de Fedecacao abre este martes en Rionegro. En: El frente [en línea]. 16 de mayo de 2016. [Consultado: 2019].

<sup>4</sup> CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPRECUARÍA. Sistemas agroforestales: opción para la adaptación y mitigación del cambio climático en el cacao cultura del Caribe colombiano. En: AGROSAVIA. [En línea]. 05 de Junio de 2017. [Consultado: 2019].

baba es transportado en bultos sobre los hombros de los campesinos, hasta el fermentador.

Una de las consecuencias que trae la forma como se realiza el proceso, son los desechos de cacota sobre las áreas de cultivo, ya que pueden ser foco de enfermedades en el árbol, como la llamada “mazorca negra” causada por hongos del complejo *Phytophthora* y la “moniliasis” originada por el hongo molina (*Moniliophthora roreri*). Estos hongos atacan las raíces, tallos, ramas, hojas, mazorcas y no permiten una buena producción del cacao.

**Figura 1. Cáscara de la mazorca en estado de putrefacción y hongo molina en el tallo del árbol de cacao.**



**Fuente: Elaboración Propia**

Asimismo, se encuentran otras consecuencias asociadas al corte de la mazorca sobre las áreas del cultivo. Por ejemplo, el desgranado afecta la calidad de cacao, ya que en el instante en el que se corta la cáscara de la mazorca, se inicia el proceso de fermentación fuera del fermentador, afectando la calidad final del grano de cacao. La revisión de la literatura muestra que los intervalos entre la recolección y la apertura de las mazorcas pueden influir en la fermentación, asimismo la acidez se puede reducir almacenando las mazorcas sin abrir durante unos días antes de

comenzarse la fermentación<sup>5</sup>. Las entrevistas abiertas realizadas a los campesinos de la vereda de San Bernardo en Betulia (abril 2019), los cacaoteros aseguraron que, si no se abre la mazorca, se conserva el cacao en baba hasta por un mes sin que se pudra.

Por otro lado, este trabajo de grado se articula con un proyecto de investigación en curso denominado “Producción combinada de electricidad/calor y su uso en el beneficiado del cacao de escala familiar usando residuos de poscosecha- código 2432” de financiación interna, que tiene como objetivo valorizar los residuos como lo son la mazorca y el lixiviado, éstos corresponden al 90% del total del cacao, es decir que solo el 10% del fruto es aprovechado actualmente y transformado, por ejemplo en chocolate<sup>6</sup>. Al buscar alternativas que valoricen los residuos, se espera contribuir al desarrollo sostenible.

De esta forma, en el contexto del proyecto macro, este trabajo de grado busca mejorar el proceso entre la cosecha y la fermentación de la baba de cacao, evitando se deseche la cacota sobre las áreas de cultivo como se hace actualmente. Para esto, se requiere diseñar un dispositivo que permita el transporte de la mazorca desde los puntos de cosecha hasta la zona de fermentación, propendiendo la mejora en el tiempo en el sistema de transporte tradicional, adicionalmente recuperar la cacota, la cual será convertida en biomasa.

En este sentido, las condiciones observadas sobre terreno, en la Vereda de San Bernardo, Betulia, Santander (visita abril 2019), muestran que los cultivos de cacao se extienden en terrenos con inclinaciones pronunciadas, con pendientes entre 50%

---

<sup>5</sup> End, M.J. and Dand, R., Editors. Chocolate and Cocoa Industry Quality Requirements. En: CAOBISCO/ECA/FCC. [En línea]. Septiembre 2015. [Consultado: 2019]. p. 12.

<sup>6</sup> BAENA, Luz Marina y GARCÍA CARDONA, Natalia Andrea. Obtención y caracterización de fibra a partir de cascarilla de las semillas tostadas de thobroma cacao L. De una industria chocolatera colombiana. [en línea]. Químico Industrial. Pereira: Institución. Universidad Tecnológica de Pereira. 2012. P. 12. [Consultado:2019].

a 70%, como lo corrobora los informes de la alcaldía del municipio<sup>7</sup>. Esto equivale a un rango de 26° a 35° de inclinación del terreno (**ver Figura 2**), dificultando el transporte de la cosecha por parte de los campesinos. En consecuencia, ellos prefieren dejar sobre el cultivo la mazorca y embalar en sacos solo la baba de cacao, de esta forma, según los cacaocultores de la Vereda de San Bernardo, Betulia, Santander, se reducen el número de kilogramos a transportar. En el año se producen 20 a 34 bultos que equivalen aproximadamente 400 kg, producidos en 3 hectáreas de 5000 árboles; la cosecha se realiza dos veces al año y el cacaocultor debe subir 2 veces en la semana hacia la zona de fermentación. Dichas zonas pueden estar ubicada en distancias de hasta 100 metros, en la parte alta de los cultivos al lado de las viviendas. Por tanto, la cantidad de cosecha dependen de la extensión de hectáreas de cada finca. Cada bulto que es transportado sobre los hombros hasta los cajones de fermentación puede pesar aproximadamente de 12 a 20 kg con las condiciones de inclinación de terreno antes mencionadas (**ver figura 2**). Esta situación puede traer como consecuencia, lesiones en la espalda por el peso de la carga y por las posturas adoptadas. Asimismo, debido a las pendientes pronunciadas la posibilidad de accidentes por caída aumenta.

Con base en lo anterior, se puede sugerir que este proceso de trabajo tiene como consecuencia, desaprovechamiento en la utilización del residuo de postcosecha, aumento de la contaminación por desecho en estado de putrefacción, disminución de la calidad del grano por condiciones de fermentado pobres, posibilidad de aparición de trastornos musculoesqueléticos en los campesinos por el riesgo de levantamiento de carga y aumento de los tiempos no productivos debido a tareas sin ningún valor agregado.

---

<sup>7</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE BETULIA SANTANDER. Esquema de Ordenamiento Territorial Betulia Santander 2004 – 2009: 2. COMPONENTE FISICBIOTICO [en línea]. [Consultado: 2019].

**Figura 2. Inclinación del terreno. Fotos tomadas en la primera visita de campo en la vereda San Bernardo, Betulia, Santander.**



**Fuente: Elaboración Propia**

De acuerdo con lo anterior se buscó diseñar un dispositivo de transporte de las mazorcas de cacao desde los puntos de recolección hasta las zonas de fermentación, permitiendo mejorar el transporte tanto de la cacota como de la baba.

Cabe resaltar, que la tesis está articulada a un proyecto macro que utilizó como estudio de caso la vereda de San Bernardo y que uno de sus objetivos principales es contribuir al beneficio tecnológico y económico de los campesinos con producciones de escala familiar.

### **1.3. TÍTULO**

Dispositivo para la tarea del transporte de mazorca de cacao desde la recolección hasta el punto de fermentación, en cultivos de escala familiar, en la comunidad de San Bernardo, Municipio de Betulia, Santander.

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un dispositivo que permita mejorar el transporte de mazorca, para la cosecha de cacao en economías de escala familiar, desde los puntos de recolección hasta las zonas de fermentación.

#### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el sistema tradicional del transporte de mazorca que realiza el campesino desde el cultivo hasta las zonas de fermentación.
- Identificar los factores relacionados con las características del terreno desde los puntos de recolección hasta la zona de fermentación en la vereda de San Bernardo, Betulia, Santander.
- Proponer diferentes alternativas para el transporte de la mazorca de cacao, desde el punto de recolección hasta la zona de fermentado.
- Evaluar el modelo funcional del dispositivo diseñado, en términos de funcionamiento técnico.

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN**

Este trabajo de grado pretende mejorar el transporte de la mazorca de cacao desde la zona de recolección hasta el punto de fermentación, en economías de escala familiar, tomando como caso de estudio la vereda de San Bernardo en el municipio de Betulia, Santander.

El diseño de un dispositivo que permita el transporte de la mazorca redundará principalmente en la calidad final del cacao, ya que transportar las mazorcas hasta la zona de fermentación, garantizaría que el proceso inicie al mismo tiempo.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 MARCO TEORICO

**2.1.1. Características generales de la vereda de San Bernardo:** El cacao en Colombia se ha destacado en el departamento de Santander con una intervención total del 38% en la producción<sup>8</sup>. La Vereda de San Bernardo en Betulia Santander, es una comunidad con abundante vegetación, flora y fauna, donde la economía de esta región se basa en la agricultura, ya que disponen de una variedad de climas y suelos. Las fincas situadas en esta región cuentan con un promedio de 5.000 árboles de cacao sembrados en 3 hectáreas, estos terrenos presentan pendientes de 26° a 35° de inclinación lo que dificulta el transporte de la cosecha de cacao (**ver Figura 3**).

Figura 3. Pendiente terreno San Bernardo, Betulia, Santander.



Fuente: Elaboración Propia

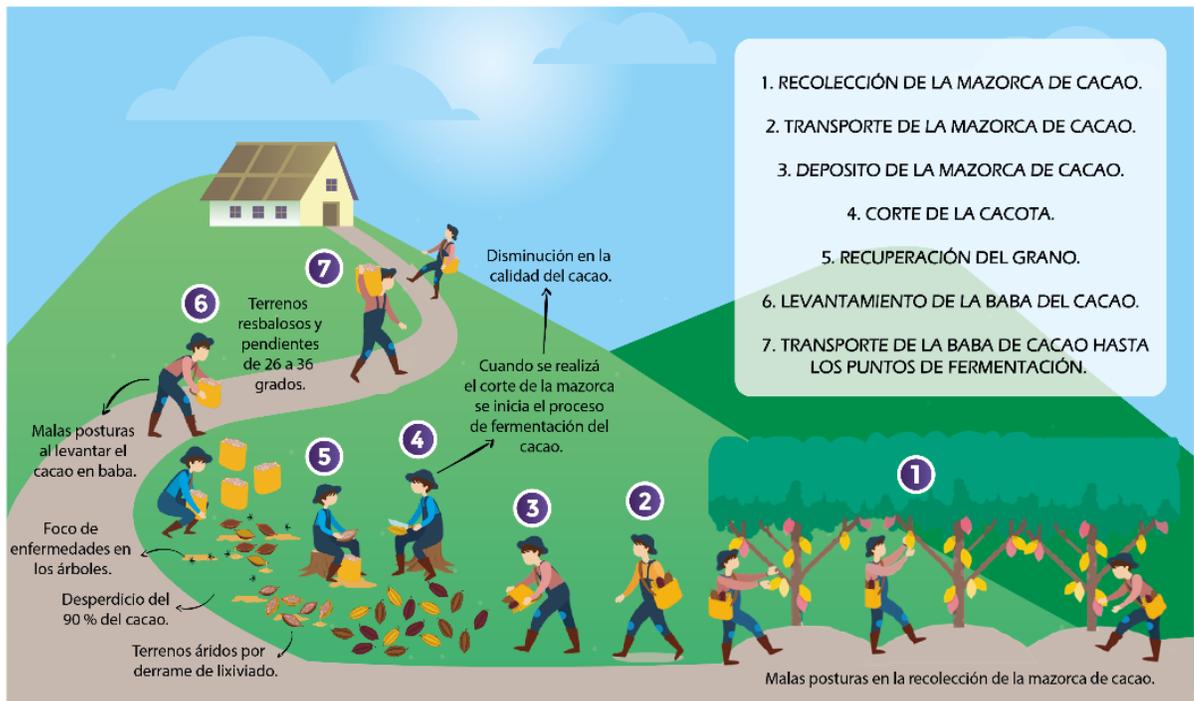
---

<sup>8</sup> MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Op. cit., p. 4.

El clima en la vereda de San Bernardo está catalogado como bosque seco tropical (BS-T), el cual se encuentra entre los 200 y 1.000 msnm, alcanzando temperaturas mayores a 24 °C<sup>9</sup>, lo que genera una floración normal y abundante, siendo su límite medio anual de temperatura los 21 °C<sup>10</sup>; condiciones de pluviosidad entre 1.000 y 2.000 mm/año, las necesidades de agua oscilan entre 1.500 y 2.500 mm en un árbol de cacao.

**2.1.2. Tareas realizadas en el transporte de la mazorca de cacao:** En el momento del transporte de la mazorca en el sistema tradicional se observaron las siguientes tareas (ver figura 4).

**Figura 4. Tareas realizadas en el transporte de la mazorca de cacao.**



**Fuente: Elaboración Propia**

<sup>9</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE BETULIA SANTANDER, Op. cit.

<sup>10</sup> PRODUCTOS AGRI-NOVA Science. El cultivo del cacao: Exigencias en clima y suelo [en línea]. [Consultado: 2019]

Los datos aquí suministrados, fueron obtenidos de una observación realizada en campo en el mes de abril de 2019.

**2.1.3. Sintomatología en el trabajo agrícola:** El trabajo agrícola está asociado con una serie de problemas de salud, debido a la manipulación manual de cargas, movimientos repetidos, riesgos ergonómicos, posturas forzadas, el clima y el terreno. Las posturas que tienen más efectos dañinos sobre el sistema musculoesquelético son aquellas donde el trabajador debe agacharse o acurrucarse para levantar la carga, igualmente cuando debe estirarse o acurrucarse para cortar la mazorca del árbol de cacao, estas pueden provocar dolores, molestia o tensión en la estructura anatómica del cuerpo<sup>11</sup>.

Según el departamento de salud laboral y medio ambiente de CCOO de Austria las lesiones musculoesqueléticas se caracterizan por afectar los tejidos blandos del aparato locomotor de los huesos, ligamentos, músculos, tendones, nervios, articulaciones y vasos sanguíneos. El cacaocultor sufre de síntomas como dolor en sus músculos o articulaciones, sensación de hormigueo, pérdida de fuerza y sensibilidad, que normalmente se presentan en espalda, cuello, hombros, muñecas, rodillas, pies y piernas. Aunque estas posturas no sean tan riesgosas, es la intensidad y la duración la que pueden producir fatiga muscular<sup>12</sup>. Asimismo, los dolores<sup>13</sup>, estos se deben a la carga que debe recoger y subir a su espalda.

**2.1.4. Jornadas laborales en el sector agrícola:** En Colombia el promedio salarial en la agricultura es de \$126.923/Día, después de descontar el impuesto total

---

<sup>11</sup> COMISIONES OBRERAS DE AUSTRIAS. Lesiones músculo- esqueléticas de origen laboral: VII Reconocimiento de las lesiones músculo esqueléticas como enfermedad profesional. [En línea]. 2008. [Consultado: 2019]. p. 20.42.44.

<sup>12</sup> *Ibíd.*, p. 10

<sup>13</sup> *Ibíd.*, p. 10-12.

(\$10.154) por salud y fondo de pensiones, se obtiene que el pago neto es de \$116.769 por día<sup>14</sup>.

Asimismo, para los trabajadores del sector agrícola, la ley establece una jornada laboral máxima de 8 horas diarias y 48 horas semanales<sup>15</sup> y deben gozar de los mismos derechos que cualquier otro trabajador. Sin embargo, muchos productores de cacao tienen una producción pequeña y mediana que depende de la mano de obra familiar, la cual puede o no, ser remunerada. También se encuentra en este sector, la figura de contrato de mano de obra periódica pagada bajo concepto de jornales, de acuerdo con el ciclo de los cultivos.

En la agricultura, un cuantioso número de jornaleros son trabajadores informales, por consiguiente, no cotizan salud ni pensión, la mayoría de los cacaoteros no ganan ni para el sustento de sus elementos básicos. De esta forma, los campesinos entrevistados en la visita de campo realizada en la vereda de San Bernardo, Betulia, Santander, se pudo establecer que el salario que recibe un trabajador es de \$30.000/Día, en un jornal de 7 am a 5 pm con un espacio destinado para el descanso al medio día.

Asimismo, manifestaron que se contratan a dos personas que se encargan de la cosecha del cacao, el cual dura 2 días, considerando la recolecta del cacao y el transporte de la baba a los puntos de fermentación. Esta labor se hace dos veces en el año, dependiendo de la finca productora. El proceso de desengrullado del cacao se realiza en una jornada de 2 pm a 5 pm por los mismos productores y familiares, los cuales no reciben remuneración por esta labor.

**2.1.5. Herramientas y tecnología:** Dependiendo del tipo de genética de las plantas de cacao, las condiciones del clima y el manejo del suelo, las mazorcas comienzan a crecer entre los 2 y los 3 años después del sembrado. El momento adecuado para

---

<sup>14</sup> SALARIO MÍNIMO COLOMBIA. Salario mínimo 2019 mensual en Colombia [en línea].2016-2019. [Consultado:2019].

<sup>15</sup> Gerencie. ¿Cuál es la jornada laboral máxima en el sector agrícola? [en línea].

la cosecha es cuando el fruto cambia de verde a amarillo, naranja o naranja fuerte. Los frutos deben recogerse cuando están maduros, ya que, si se recolectan antes los granos podrían tener mayor acidez y la semillas tendrían menos peso. Por otro lado, si se deja sobre madurar la mazorca, el mucílago (baba) se seca, perdiendo los grados su aroma y sabor<sup>16</sup>. Las mazorcas se recogen en una canasta, tratando de no tirarlas al piso para evitar la ruptura, luego se trasladan a diferentes áreas en el mismo cultivo, donde se parten con un machete con poco filo, posteriormente se retira la semilla con la baba y se junta en baldes o costales (**ver Figura 5**)

**Figura 5. Costales para trasportar la baba del cacao, balde para trasportar la mazorca y la baba del cacao.**



**Fuente: Elaboración Propia**

---

<sup>16</sup> AGRORURAL. Caja de herramientas para el manejo del cultivo: Herramientas para la cosecha y la post cosecha [en línea].2016. [Consultado:2019].

Para el transporte del mucílago del cacao hasta los puntos de fermentación, los campesinos acomodan el balde sobre su hombro o detrás de su espalda y suben la pendiente, con el riesgo de sufrir caídas o problemas de salud futuros. Otro método acogido por algunas fincas productoras es un sistema de transporte por cable aéreo garrucha, la cual tiene un motor diésel, que baja y sube la carga por medio de un cable de acero soportado en polea, el cual al subir o bajar la carga, el cable es enrollado o desenrollado en el carrete. **(ver Figura 6)**. Lamentablemente el uso de diésel hace que esta solución no sea sostenible, si se considera la cantidad de biomasa que está presente en el cultivo y que puede ser utilizada para el suministro de energía. De ahí el valor agregado que puede ofrecer este proyecto a la comunidad de San Bernardo, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental del sistema productivo y a generar mayores ingresos a los cacaoteros.

**Figura 6. Sistema de transporte por cable aéreo garrucha.**

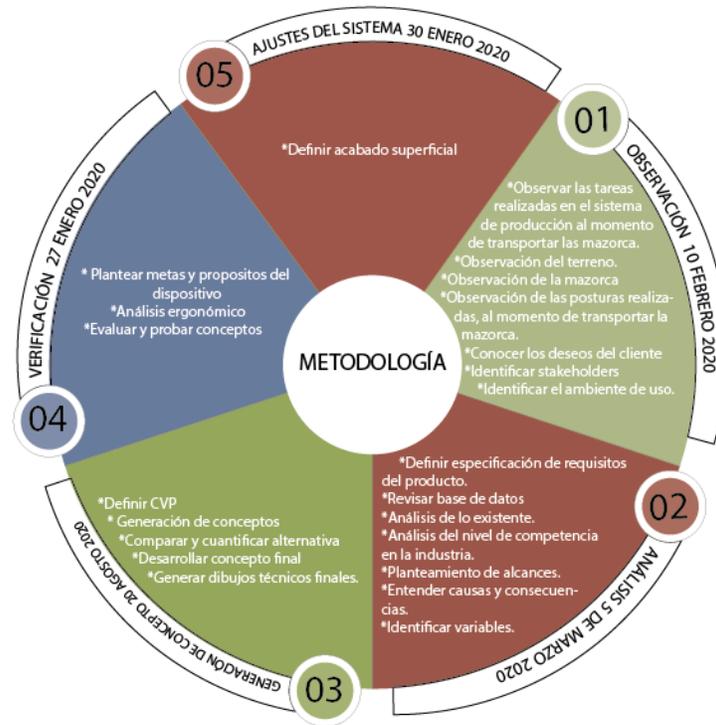


**Fuente: Elaboración Propia**

### 3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del dispositivo se siguió la metodología de Design Thinking, la cual con ayuda de herramientas se analiza el problema para encontrar una solución. Los pasos que seguimos se muestran en el siguiente diagrama (**ver figura 7**).

Figura 7. Metodología design thinking



Fuente: Elaboración Propia

#### 3.1. OBSERVACIÓN

a. Se realizó una visita de campo (**ver figura 8**) para hacer un estudio observacional con el fin de determinar las características del terreno, como lo era el grado de inclinación de las pendientes, si era un terreno montañoso o plano, el tamaño de los surcos, el camino donde se transporta el cacao hasta la zona de fermentación, también se realizó un recorrido por las áreas del cultivo para conocer el número de hectáreas sembradas, la calidad de los suelos, la condición de los árboles, el tamaño.

- b.** Se definió el tamaño y peso de los frutos y se realizó una encuesta del peso que cargan los cacaocultores cuando transportan el cacao en baba.
- c.** Se identificó las fases del proceso productivo del cacao al momento de transportar el cacao en baba desde el punto de acopio hasta la zona de fermentación.
- d.** Se identificó qué herramientas o sistemas utilizaban para el transporte de cacao en baba.

En esta etapa se recopiló información mediante registro fotográfico y se interactuó con los cacao-cultores de la vereda de San Bernardo, Betulia.

**Figura 8.** Visita realizada a los campesinos de la vereda de San Bernardo, Betulia, Santander



**Fuente:** Elaboración Propia

### **3.2. ANÁLISIS**

- a.** Se identificó el problema que tienen los cacaocultores al momento de transportar el cacao en baba desde el punto de recolección hasta las zonas de fermentación.
- b.** Se definió las causas y consecuencias de la situación de transporte tradicional con base a la observación realizada en la visita de campo en la vereda de San Bernardo.

- c. Se hizo un análisis y comparación de los sistemas que se utilizan para el transporte agrícola.
- d. Se definieron las especificaciones de requerimientos del producto y se clasificó por deseos y necesidades del cliente para el diseño del dispositivo.

### **3.3. GENERACIÓN DE CONCEPTO**

- a. Se conceptualizó el dispositivo mediante un modo board y un concept board.
- b. Se generó una lluvia de ideas con respecto a los requerimientos propuestos en la etapa de análisis.
- c. Se generó alternativas de diseño teniendo en cuenta los requerimientos deducidos en la etapa anterior.
- d. Se categorizó las alternativas de acuerdo al nivel de priorización con una matriz de selección con base a los requerimientos.

### **3.4. VERIFICACIÓN**

- a. Se realizó de modelos de prueba o prototipos rápidos para verificar mecanismos en el dispositivo.
- b. Mediante un programa de modelado 3D se verificaron datos del dispositivo.
- c. Se realizó una prueba de adaptabilidad del terreno en Girón, Santander, para garantizar que el dispositivo se adaptará a terrenos secos.
- d. Se realizó una prueba técnica del funcionamiento del dispositivo en el Condominio Hacienda San Miguel, ubicado en Piedecuesta, puesto que hay una reserva forestal que cuenta con condiciones geográficas similares a las de la vereda San Bernardo Betulia.
- e. Se documentó los datos recolectados en la prueba, se analizaron los resultados y por último se dio respuesta a la pregunta de diseño.

### **3.5. AJUSTES DEL SISTEMA**

- a.** En esta etapa se realizaron los ajustes finales, es decir las modificaciones para que el dispositivo funcionara correctamente.

## 4. OBSERVACIÓN DE LA VISITA TÉCNICA

### 4.1. OBSERVACIÓN DEL TERRENO

El lugar donde se desarrolla la actividad de transporte de mazorca de cacao es un terreno con pendientes de 70% equivalentes a 35° de inclinación, la condición del suelo es montañosa y plana en algunos sectores, es un bosque seco tropical (**ver figura 9**), el tamaño de los surcos alcanza una distancia aproximada de 50 cm.

Figura 9. Características del terreno.



Fuente: Elaboración Propia

### 4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL FRUTO

En la visita técnica se identificó las características generales del fruto, su tamaño oscila entre 23 cm a 25 cm (**Ver figura 10**), según las encuestas realizadas a los cacaocultores de la finca de San Bernardo, se obtiene el dato aproximado del peso del fruto que es de 500 gramos, los cacaocultores transportan un peso aproximado de 12 kg de cacao en baba, equivalentes a 24 mazorcas.

Figura 10. Tamaño de la mazorca de cacao.



Fuente: Elaboración Propia

### 4.3. TAREAS REALIZADAS

Mediante la visita se observaron las distintas tareas que realizaba el campesino (**ver figura 11**), se definió las especificaciones de requerimientos del producto, se hizo un análisis de lo existente, se identificó las causas y consecuencias de la situación de uso actual.

Figura 11. Posturas realizadas en el transporte de cacao



Fuente: Elaboración Propia

#### **4.4. OBSERVACIÓN SOBRE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN EL TRANSPORTE DE CACAO EN BABA POR LOS CACAOCULTORES.**

Los cacaocultores utilizan para el transporte de cacao en baba una pimpina que adecuan para echar el mucílago, también utilizan sacos y baldes, que cargan en sus hombros mientras suben por las pendientes **(Ver figura 12)**, otro método de transporte que utilizan en las fincas de la vereda es un sistema de transporte por cable aéreo garrucha que utiliza un motor diésel, pero este no se adecua a todas las fincas productoras de cacao, ya que es un sistema fijo **(ver Figura 6)**

**Figura 12. Transporte tradicional de cacao.**



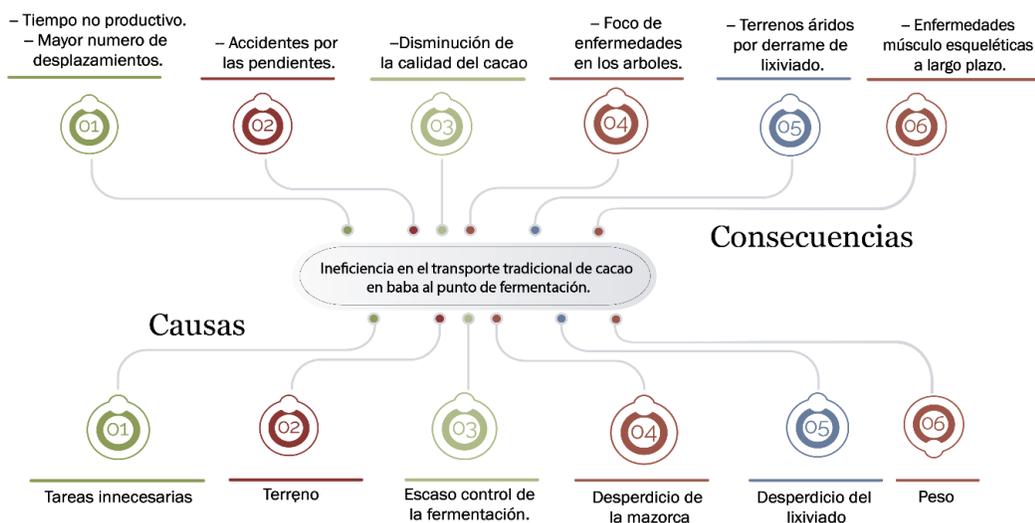
**Fuente: Elaboración Propia**

## 5. ANÁLISIS DE LA OBSERVACIÓN DE LA VISITA TÉCNICA

### 5.1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA ENCONTRADO.

De acuerdo con la visita realizada se hizo un análisis de las causas y consecuencias con base al problema encontrado (Ineficiencia en el transporte tradicional de cacao en baba, al punto de fermentación y desperdicio de la cacota) las causas y consecuencias están expuestas en la siguiente ilustración (**ver figura 13**).

Figura 13. Árbol del problema.



Fuente: Elaboración Propia

### 5.2. PARTICIPANTES DEL SISTEMA TRADICIONAL DE TRANSPORTE DE CACAO.

Después de la fase de observación se reconoció un usuario principal (**ver figura 14**), en Betulia se concentra una población total de 64.801 habitantes distribuidos, el 74.78% en el sector rural, en la vereda de San Bernardo hay un total de 44 viviendas y 48 familias<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE BETULIA SANTANDER, Op. cit.

**Figura 14. Usuario principal.**



**Nombre:** Argemiro Pinzón

**Edad:** 55 años.

**Ocupación:** Empleado de la finca.



**Nombre:** Luz Morales

**Edad:** 50 años.

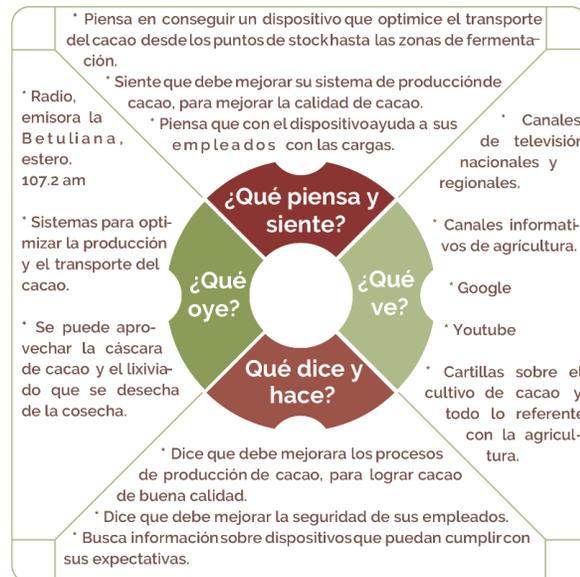
**Ocupación:** Empleado de la finca.

**Fuente:** Elaboración Propia

La mayoría de sus habitantes hacen parte de la población adulto mayor entre los 55 años en adelante. Acorde con la empresa GEMATEC S.A.S. que se dedica al desarrollo tecnológico en el área, la población es de 40 personas.

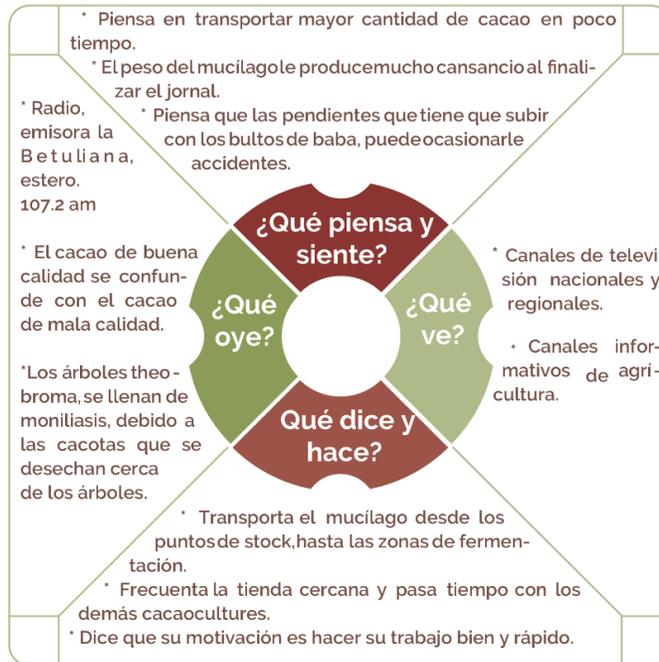
Para realizar un diseño adecuado del dispositivo se debe entender los deseos y necesidades del cliente, por esta razón se realizaron mapas de empatía de los trabajadores de las fincas productoras de cacao de la vereda de San Bernardo Betulia (ver figura 15, 16).

**Figura 15. Mapa de empatía de Luz Morales**



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 16. Mapa de empatía de Argemiro Pinzón**



**Fuente: Elaboración Propia**

Se analizaron mujeres y hombres que trabajen en las fincas productoras de cacao de la vereda de San Bernardo Betulia, que cumplan con la labor del transporte de la cosecha de cacao hasta los puntos de acopio.

El usuario principal estará en contacto con el dispositivo, debido a que es el encargado de transportar el cacao en baba, en una pendiente inestable de 26° a 35° que equivale a 30% a 70%, además transporta el cacao en un el balde sobre su hombro o detrás de su espalda. Normalmente trabaja dos jornadas al día y termina exhausto, una de sus mayores preocupaciones es botar por accidente en alguna caída o tropezón el cacao, además le gustaría que su labor fuera menos desgastante y demorarse menos tiempo.

### **5.3 REVISIÓN DE LO EXISTENTE**

Se realizó un benchmarking de productos relacionados con el transporte agrícola para analizar y comparar las características de cada producto y así usar propuestas

de valor que beneficien más el dispositivo, también se tuvo en cuenta otros productos tales como; dispositivos de rescate en pendientes.

**5.3.1. Agrocable:** Es un sistema de transporte de carga por cables aéreos diseñado especialmente para solucionar las dificultades de transporte interno en el sector agrícola (**ver figura 17**). En la tabla 1 se describe las ventajas y desventajas del Agrocable.

**Figura 17. Sistema Agrocable.**



Fuente: Sin autor. Sistema Agrocable [Imagen]. En: Gaia Tecnología e innovación. [Consultado: 2019]. Disponible en: <https://www.cccs.org.co/wp/perfil/gtcnlgnnvc/>

**Tabla 1. Ventajas y desventajas del sistema Agrocable.**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Suavidad y seguridad en el manejo de la carga	Es necesario una persona capacitada para la instalación del sistema
Transporte en pendientes hasta 30°	No evita que el operador cargue los baldes con la carga
Cambios de dirección en cualquier sentido	El sistema no sirve para cultivos que tengan surcos angostos
	Anclaje de las estructuras que impiden un desmonte rápido del sistema.

---

El motor que utiliza el sistema es costoso

---

**5.3.2. Garrucha:** Mecanismo para transportar objetos pesados, consiste en una rueda suspendida que gira alrededor de un eje, con un canal en el borde por donde pasa una cuerda o una cadena. Puede recorrer de 600 a 700 metros de distancia y soporta hasta 250 kilogramos (**ver figura 18**). En la tabla 2 se describe las ventajas y desventajas del Agrocable.

**Figura 18. Garrucha**



Fuente: Sin autor. Garrucha [Imagen]. En: Gaia Tecnología e innovación. [Consultado: 2019]. Disponible en: <https://www.cccs.org.co/wp/perfil/gtcnlgnnvc>

**Tabla 2. Ventajas y desventajas garrucha.**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Carga 225 Kg a una velocidad de 34 Km/h	Solo funciona donde hay surcos amplios
El consumo de gasolina corriente de 3.9	La carga se puede voltear para las condiciones del terreno.
Consigue subir pendientes hasta 100%	Necesita servicio de mantenimiento

---

Sistema fijo, su motor es costoso y difícil de transportar.

---

**5.3.3. Sistema de Malacate y Vagón para Transporte de Café en Cereza en Condiciones de Alta Pendiente:** Malacate accionado por un motor de 9.56 kW y un vagón con capacidad para transportar hasta 225 kg de café en cereza. El equipo se evaluó en un terreno con pendiente de 100% y longitud de 100 m, en suelo de la unidad Chinchiná<sup>18</sup> (ver figura 19). En la tabla 3 se describe las ventajas y desventajas del Malacate y vagón.

Figura 19. Malacate y Vagón



Fuente: REVISTA CENICAFÉ 62(2): 100-110. 2011. Sistema de malacate y vagón para transporte de café en cereza en condiciones de alta pendiente [en línea]. Manizales, Caldas, Colombia; 2011. p. 106. [Consultado: 17 de septiembre de 2020] Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/documents/8.pdf>

Tabla 3. Ventajas y desventajas del Malacate y Vagón.

Ventajas	Desventajas
Carga 225 kg a una velocidad de 3.4 km/h	Solo funciona donde hay surcos amplios

---

<sup>18</sup> REVISTA CENICAFÉ 62(2): 100-110. 2011. Sistema de malacate y vagón para transporte de café en cereza en condiciones de alta pendiente [sitio web]. Manizales, Caldas, Colombia; [Consultado: 17 de septiembre de 2020]

Consumo de gasolina corriente de 3,9 a 6,9 L/[t.h-Km-1]	La carga se puede voltear por las condiciones del terreno
Consigue subir pendientes hasta de 100%	Necesita servicio de mantenimiento
	Es un sistema fijo y su motor es difícil de transportar
	El equipo tiene un costo de 10.000.000

**5.3.4. Arizona vortex:** Es un trípode, bípode y monópode en un sólo kit. Su cabecera de dos piezas puede aparejarse como un trípode estándar o, en aplicaciones avanzadas, como un armazón tipo A, un armazón tipo A de costado o un mástil guía. El trípode puede transformarse en un armazón tipo A con patas de extensión adaptable. La versátil tercera pata permite a los rescatistas montar un direccional artificial de altura prácticamente en cualquier escenario, ya sea urbano, industrial o natural<sup>19</sup> (**ver figura 20**). En la tabla 4 se describe las ventajas y desventajas del Arizona vortex.

**Figura 20. Arizona Vortex**



**Fuente:** Sin autor Arizona vortex [Imagen]. En: Alturas Seguridad Industrial S.A.C [Consultado: 2019]. Disponible en: <http://www.alturas.pe/>

<sup>19</sup> CMC RESCUE, INC: The AZ VORTEX User's Manual [sitio web]. Goleta, USA; [Consultado: 17 de septiembre de 2020]

Tabla 4. Ventajas y desventajas Arizona Vortex

Ventajas	Desventajas
Patas de extensión	Peso máximo de transporte 43 kg
Sistema liviano y portable	La carga es inestable durante el transporte
Tiene un código de colores para un armado fácil	Se debe transportar el peso de la carga por medio de una cuerda

**5.3.5. Herramienta de rescate stelvio:** Es una herramienta que permite rescatar a heridos o recoger cargas en terrenos rocosos de manera sencilla, fácil de desmontar y su peso y dimensiones facilitan el transporte de la herramienta<sup>20</sup> (ver figura 21). En la tabla 4 se describe las ventajas y desventajas de la herramienta de rescate stelvio.

Figura 21. Herramienta de rescate stelvio



Fuente: KONG S.P.A. [Imagen]. En: Stelvio - Tornos, poleas y trípodes - KONG [Consultado: 2019]. Disponible en: <https://www.kong.it/es/2productos/items/f27tornospoleasytriacutepodes/p125-stelvio>

<sup>20</sup> KONG S.P.A.: Stelvio - Tornos, poleas y trípodes - KONG [sitio web]. Monte Marenzo, Italia; [Consultado: 18 de septiembre de 2020]

**Tabla 5. Ventajas y desventajas Herramienta de rescate stelvio**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Se puede ubicar en diferentes terrenos	No se puede exponer a la luz solar y humedad
Peso y dimensiones reducidas	Se deben dar demasiadas vueltas al cabrestante para subir el peso
Fácil de desmontar	

**5.3.6. Conclusiones:** La mayoría de sistemas que existen en el mercado son fijos y tienen un motor costoso, pesado y difícil de transportar, además estos sistemas de transporte agrícola están diseñados para surcos amplios y terrenos con pendientes no mayores a 30° a 35°.

Para la vereda de San Bernardo es necesario un sistema que sea móvil, de fácil instalación, que sobrepase pendientes de 35° a 40° y que sea adaptable al terreno. Asimismo, cabe aclarar que el sector no cuenta con suministro de energía eléctrica y dentro del marco del proyecto 2432 en el cuál esta inscrito este trabajo de grado, las soluciones planteadas deben tener un componente de sostenibilidad en el uso de la energía.

#### **5.4. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO**

Con base a la observación, análisis y recolección de información que se expresó anteriormente, se identificaron los requerimientos de diseño que permiten la generación de alternativa, se clasificó los requerimientos por categorías, las tablas se muestran a continuación.

Tabla 6. Requerimientos de categoría tiempo.

● DESEO				
Descripción	Parámetro Unidad de medida	Valor(es) de aceptación	Parte o componente relacionado	Test
● Cada estructura del dispositivo debe ser instalada en un tiempo no superior a 25 minutos.	Minutos	<25	Estructura del dispositivo	Se mide con un Cronómetro el tiempo de instalación.
● Cada estructura del dispositivo debe ser desinstalada en un tiempo no superior a 20 minutos.	Minutos	<20	Estructura del dispositivo	Se mide con un Cronómetro el tiempo de instalación.
● El tiempo que se demore en subir el contenedor no debe superar a los 10 minutos.	Minutos	<10	Dispositivo	Se mide con un cronómetro el tiempo en el que se demora el dispositivo en subir una carga de 12 kg desde la zona de cosecha hasta la zona de fermentación.

Tabla 7. Requerimientos categoría de peso.

● NECESIDAD ● DESEO				
Descripción	Parámetro Unidad de medida	Valor(es) de aceptación	Parte o componente relacionado	Test
● Cada estructura del dispositivo debe ser ergonómica con respecto al peso, para que el cacao cultor pueda transportarlo sin sufrir futuras lesiones.	Kilogramos	<25	Estructura	Mediante el software solidworks se calcula el peso del dispositivo, antes de ser construido
● El dispositivo debe soportar 12 kg en cada subida del punto de recolección hasta la zona de fermentación.	Kilogramos	<12	Estructura	Mediante la báscula se mide el peso del contenedor con la cantidad de mazorcas requeridas para completar 12 kg.

Tabla 8. Requerimiento categoría de terreno.

● NECESIDAD ● DESEO				
Descripción	Parámetro Unidad de medida	Valor(es) de aceptación	Parte o componente relacionado	Test
● El dispositivo se debe adaptar a terrenos secos y semihúmedos.	Preguntas dicotómicas	Si No	Dispositivo	Se verifica por medio de pruebas en los diferentes terrenos.
● El dispositivo se debe adaptar a una pendiente de 70%.	Grados	35	Dispositivo	Se verifica por medio de la aplicación Precise Level.
● Se debe graduar la altura del dispositivo para equilibrar la estructura	Preguntas dicotómicas	*Si *No	Tubos telescópicos Patatas niveladoras	Se verifica en un terreno desnivelado y plano y se ajusta los tubos telescópicos y las patatas niveladoras.

Tabla 9. Requerimiento categoría de seguridad.

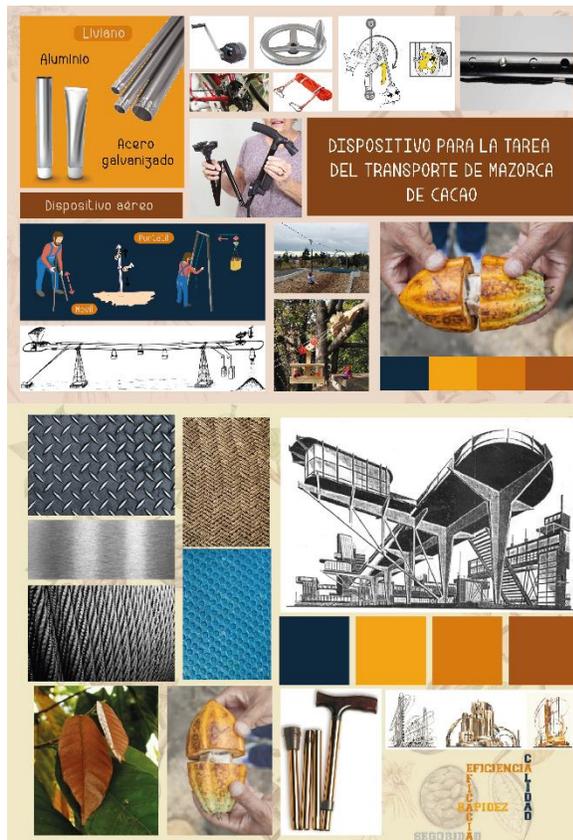
● NECESIDAD				
Descripción	Parámetro Unidad de medida	Valor(es) de aceptación	Parte o componente relacionado	Test
● El dispositivo debe incluir un sistema de anclaje al suelo.	Preguntas dicotómicas	Si No	Estacas	Ensayo de resistencia estática
● El volante debe incluir un seguro para que la carga no se devuelva	Preguntas dicotómicas	Si No	Trinquete	Se acciona el trinquete con carga y sin carga, para observar si cumple con la función.
● El dispositivo debe ser resistente a las tensiones que ejerce la carga de 12 Kg	kgf/m <sup>2</sup>	>0.45	Guaya	Mediante un software SAP2000.

## 6. PROCESO CREATIVO

### 6.1. MOOD BOARD Y CONCEPT BOARD

Se incluyó una paleta de colores, la cual se toma colores tierra, se agregó mecanismos de accionamiento como palancas, volantes y pedales, también se agregó mecanismos para plegar y posibles materiales (**ver figura 22**).

Figura 22. Moodboard y Concept board



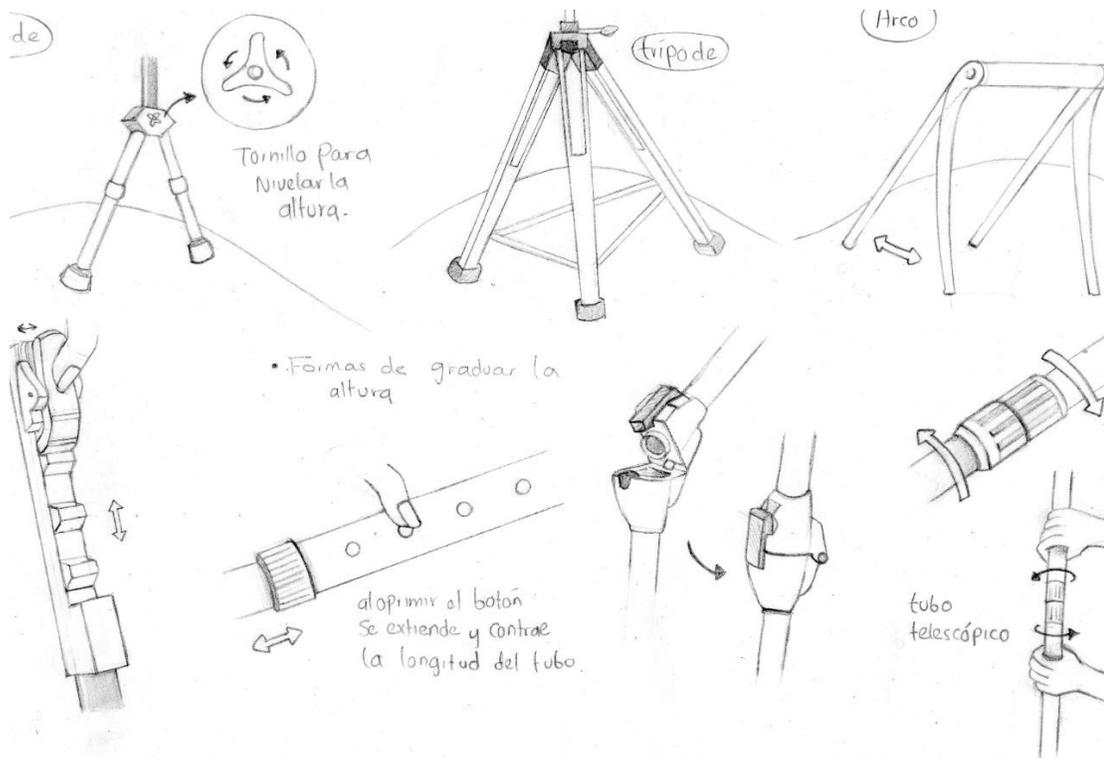
Fuente: Elaboración Propia

### 6.2. LLUVIA DE IDEAS

Se realizó una lluvia de ideas de acuerdo al benchmarking, mood board y concept board. Fue necesario incluir un mecanismo para plegar el dispositivo y así facilitar su portabilidad y la cantidad de espacio que ocupa en el terreno (**ver figura 23**). También se consideró la forma de la estructura, la graduación de la altura en cada

lado de la estructura dado que, el dispositivo se utiliza en pendientes de 26° a 35° de inclinación y en terrenos montañosos.

Figura 23. Lluvia de ideas de mecanismo de plegado.

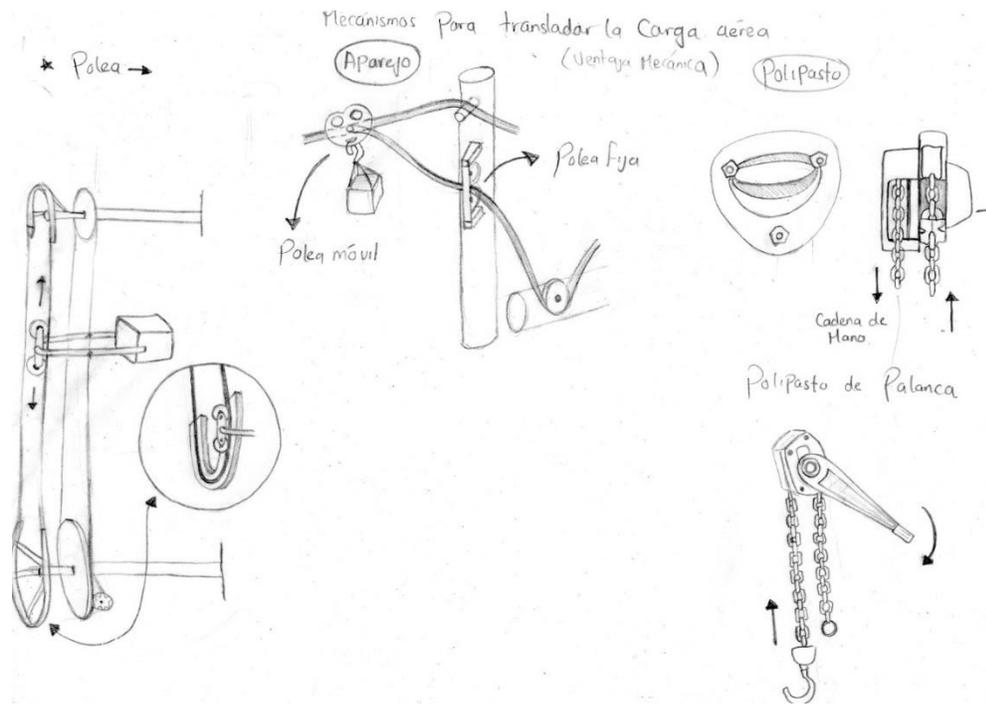


Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, se analizaron algunos sistemas usados para trasladar cargas

De forma aérea y mecanismos de reducción de carga que proporcionarían ventaja mecánica cuando el cacaocultor suba la carga de mazorca de cacao. (ver figura 24).

Figura 24. Lluvia de ideas de mecanismos para trasladar carga aérea.



Fuente: Elaboración Propia

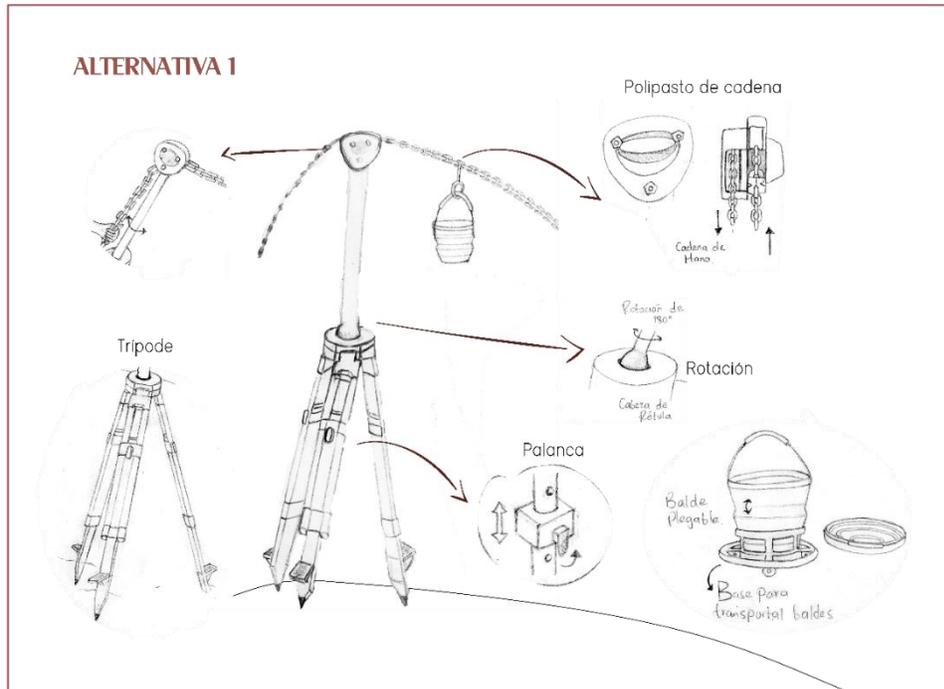
### 6.3. GENERACIÓN DE CONCEPTO

**6.3.1. Alternativa 1:** La primera propuesta (**ver figura 25**), consiste en un trípode con una palanca en cada pata, para graduar el sistema telescópico, el cual está unido a un tubo que tiene en la parte inferior una rótula que gira 180 grados, también incluye en la parte superior un polipasto de cadena para recoger la carga y disminuir el peso.

La parte inferior de las patas tienen una terminación puntiaguda, para hacer presión con el pie y que el dispositivo se clave a la superficie.

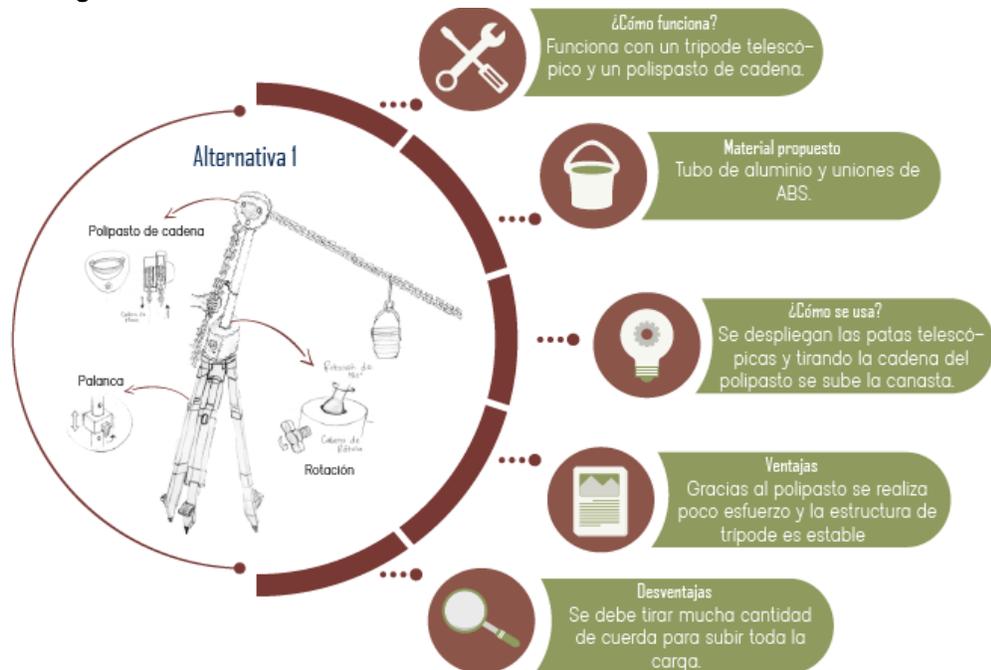
A continuación, se muestra un diagrama (**ver figura 26**) donde se observa de forma más detallada la alternativa 1, el modo de uso, materiales y el mecanismo encargado de subir la carga, una ventaja y desventaja del dispositivo se presenta en el polipasto, puesto que da ventaja mecánica al subir grandes cantidades de peso, pero es necesario tirar bastante cadena para desplazar la canasta de la carga.

Figura 25. Boceto alternativa 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura 26. Diagrama de alternativa 1

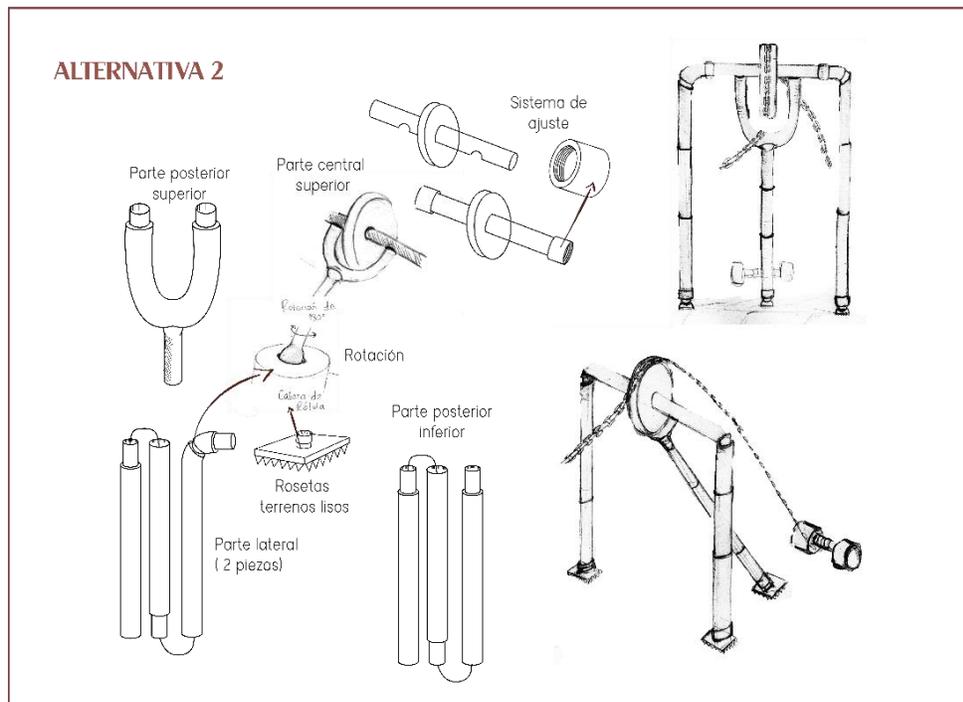


Fuente: Elaboración Propia

**6.3.2. Alternativa 2:** La segunda propuesta (**ver figura 27**), consiste en una estructura rectangular desarmable, que tiene en el medio un tubo que da mayor soporte a la estructura y rosetas adaptables al terreno, así mismo cuenta con una polea en la parte superior para recoger la cadena que transporta la carga.

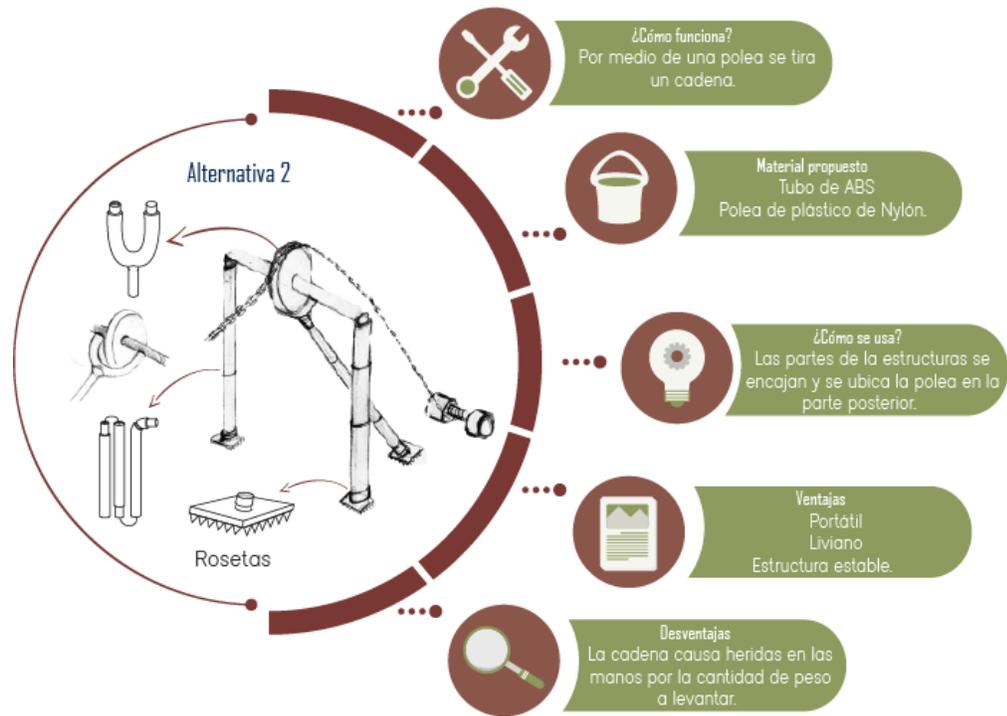
El funcionamiento del dispositivo se describe en el diagrama a continuación (**ver figura 28**), como armarlo, además, la ventaja de esta propuesta es que el dispositivo tiene una estructura liviana y fácil de armar, su desventaja es el mecanismo para subir la carga.

**Figura 27. Boceto alternativa 2**



**Fuente: Elaboración Propia**

Figura 28. Diagrama de alternativa 2

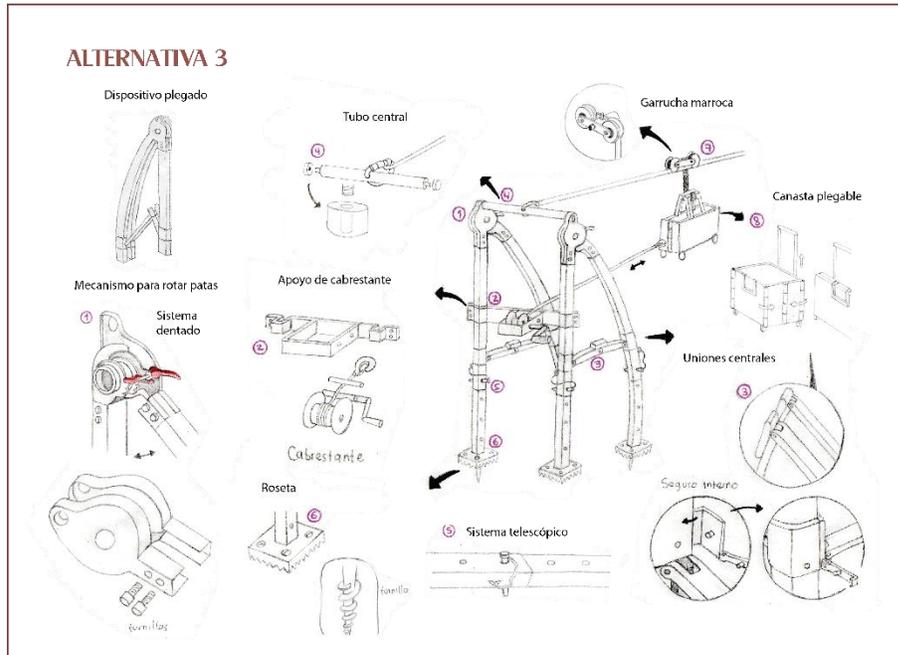


Fuente: Elaboración Propia

**6.3.3. Alternativa 3:** La tercera propuesta (ver figura 29), consiste en una estructura de cuatro soportes rectangulares telescópicos, una manivela que hace girar un tambor, que a su vez enrolla la cuerda que atrae el balde, también cada soporte tiene una roseta y clavijas para que el dispositivo tenga un mayor agarre con la superficie.

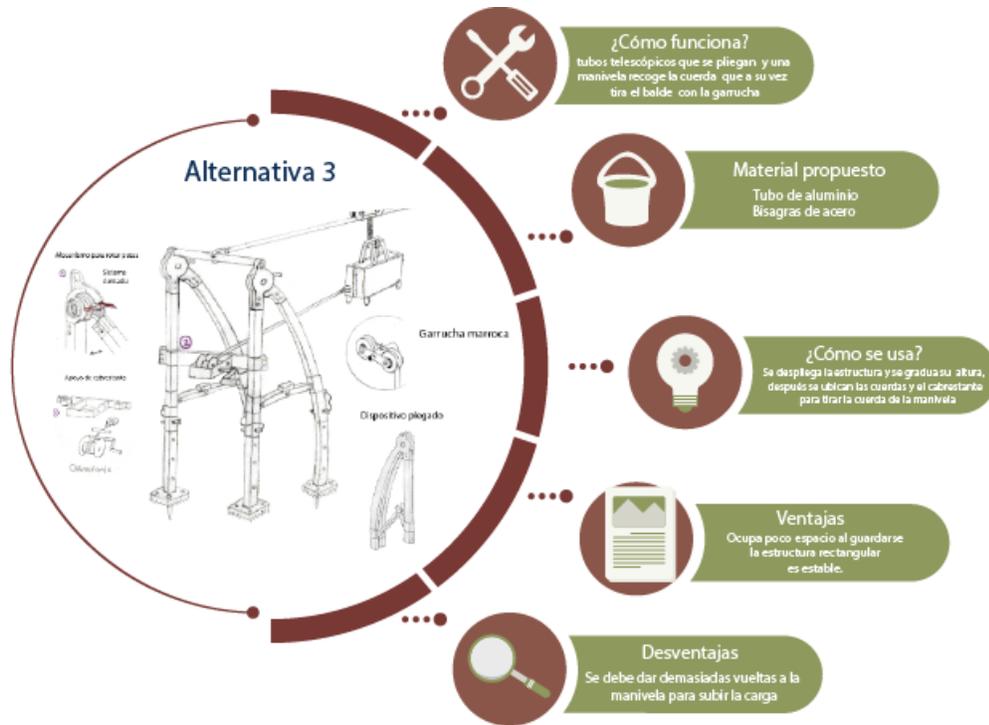
En el diagrama de la alternativa 3 (ver figura 30), se muestra que el dispositivo funciona con una estructura rectangular que brinda mayor estabilidad, además tiene el sistema de tubo telescópico para disminuir la altura y un mecanismo dentado que regula la inclinación.

Figura 29. Boceto alternativa 3



Fuente: Elaboración Propia

Figura 30. Diagrama de alternativa 3

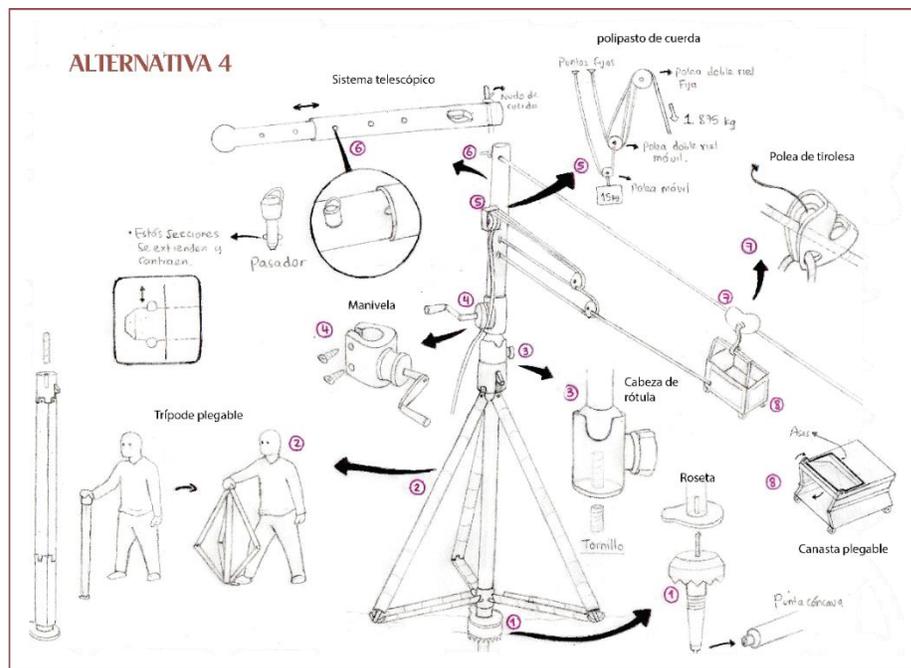


Fuente: Elaboración Propia

**6.3.4. Alternativa 4:** La cuarta propuesta (**ver figura 31**), consiste en una estructura de dos partes que se enroscan, la parte superior es un tubo que contiene una manivela y un polipasto de cuerda, que es la encargada de subir la carga. La segunda parte o parte inferior es un trípode plegable que tiene en la parte del soporte un tornillo y una roseta para un mayor agarre con la superficie.

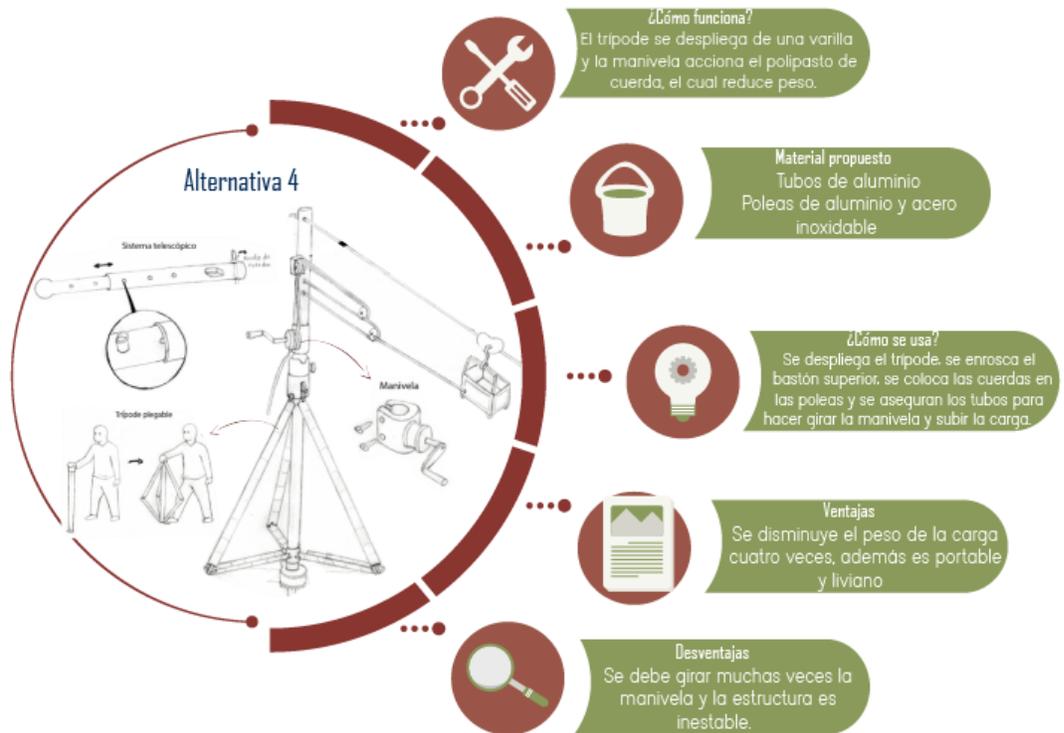
En el diagrama de la alternativa 4 (**ver figura 32**), se describe el funcionamiento y uso del dispositivo, aunque con las poleas se reduce el peso cuatro veces, este mismo sistema requiere que el usuario tire demasiada cantidad de cuerda, por esta razón el usuario debe girar muchas veces la manivela.

**Figura 31. Boceto alternativa 4**



**Fuente: Elaboración Propia**

Figura 32. Diagrama de alternativa 4



Fuente: Elaboración Propia

#### 6.4. Evaluación de alternativas

Para la selección de alternativa se realizó una matriz de selección de las alternativas con respecto a los criterios de selección.

Tabla 10. Criterios de evaluación para selección de alternativa.

CRITERIOS	
<b>CRITERIO 1</b>	El dispositivo se debe adaptar a pendientes de 50% a 70%.
<b>CRITERIO 2</b>	El peso mínimo que debe soportar es de 12 Kg.
<b>CRITERIO 3</b>	El dispositivo se debe adaptar a terrenos secos y semihúmedos.
<b>CRITERIO 4</b>	El dispositivo debe ser portable.
<b>CRITERIO 5</b>	El dispositivo debe graduar su altura para que la estructura quede equilibrada.

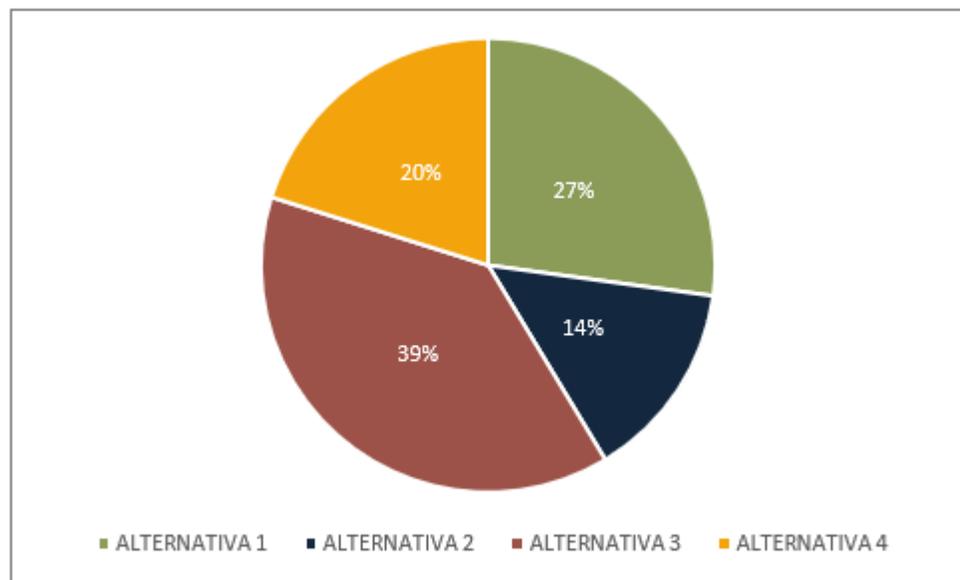
**CRITERIO 6** El dispositivo no debe sobrepasar la distancia que hay entre los surcos (0,5 metros).

**Tabla 11. Matriz de selección de alternativa.**

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Priorización
<b>Alternativa 1</b>	0.39	0.62	0.14	0.22	0.34	0.49	0.47
<b>Alternativa 2</b>	0.05	0.34	1.24	0.72	0.09	0.05	0.24
<b>Alternativa 3</b>	0.16	1.31	1.69	0.64	0.14	0.11	0.66
<b>Alternativa 4</b>	0.39	0.20	0.41	0.21	0.34	0.49	0.35
<b>Ponderización</b>	0.34	0.34	0.07	0.02	0.01	0.21	

De acuerdo con la matriz de selección la alternativa #3 es la que más se adecua a los criterios de evaluación con un 39% de prioridad. **(ver figura 33).**

**Figura 33. Diagrama de torta de selección de alternativa**



**Fuente: Elaboración Propia**

## 7. NECESIDADES DE LA ALTERNATIVA

### 7.1. ALTERNATIVA SELECCIONADA

Figura 34. Alternativa seleccionada.



Fuente: Elaboración Propia

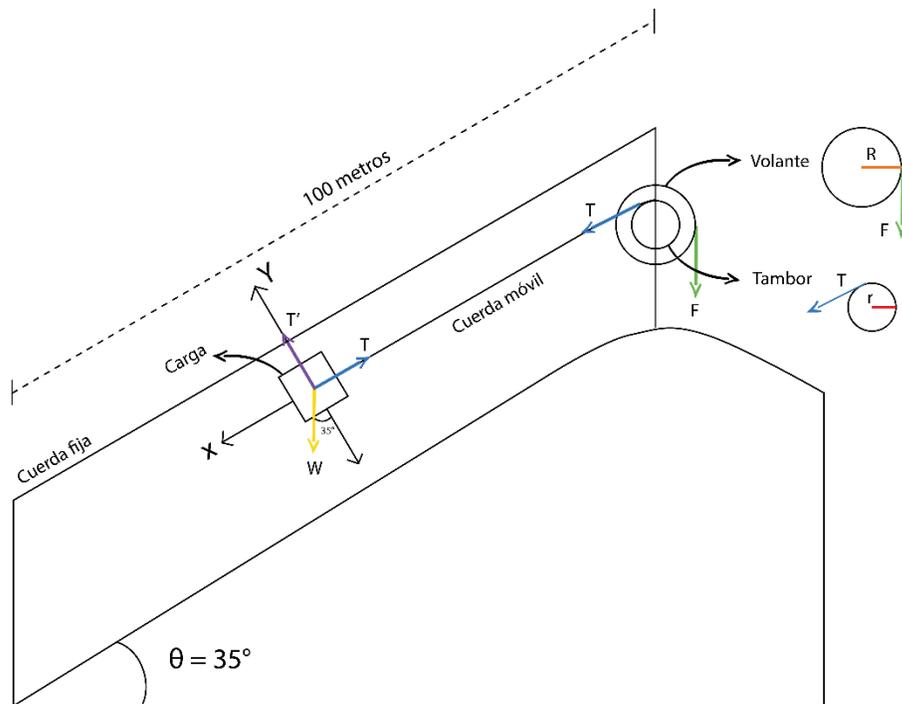
### 7.2. CÁLCULO DE FUERZAS

El volante de dirección o timón es un control manual que permite reducir el esfuerzo que se debe realizar al subir la carga, a mayor diámetro se realiza menor esfuerzo.

Para calcular el diámetro adecuado del volante, se tiene en cuenta la carga que se debe transportar, el perímetro del tambor donde se enrolla la cuerda y la fuerza recomendada según los criterios ergonómicos para el uso de volantes.

En el diagrama del cuerpo libre (ver figura 35), se muestra un esquema de la ubicación del dispositivo, un diagrama de cuerpo libre de la carga y un diagrama de cuerpo libre del volante para hallar la fuerza que debe realizar el cacaocultor al volante, cuando el dispositivo sostiene 12 kg de peso, en un tiempo de 160 segundos.

Figura 35. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Elaboración Propia

$T$  = tensión de la cuerda que tira el balde

$T'$  = tensión de la cuerda que sostiene el balde

$r$  = radio del tambor que enrolla la cuerda; 0.25 metros

$R$  = radio del volante; 0.30 metros

$\tau_1$  = torque del tambor

$\tau_2$  = torque del volante

$F$  = fuerza para girar el volante

W= peso de la carga

Sumatoria de fuerzas en el eje x

$$\sum Fx = ma$$

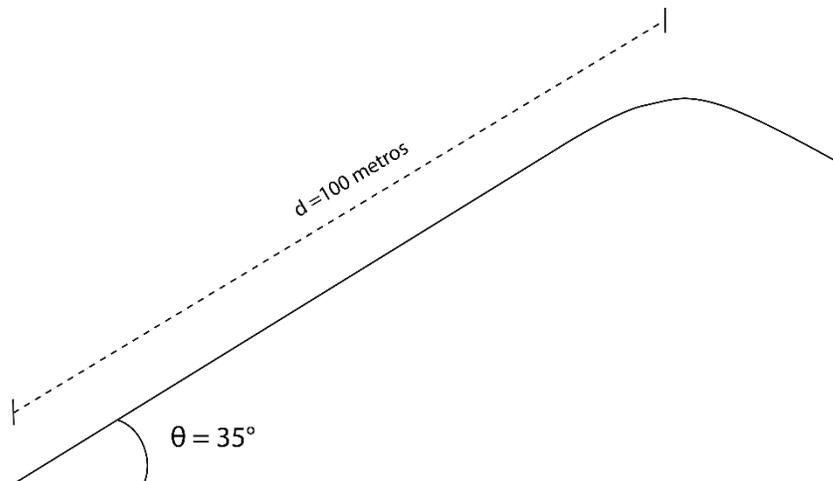
$$ma = T - mgsen 35^\circ$$

Ecuación 1

$$T = m (a + gsen35^\circ)$$

En el recorrido de la carga (**ver figura 36**), se muestra la distancia del trayecto, la ecuación 2 se realizó para hallar la aceleración del sistema. Por este motivo se tomó la distancia en función de un medio de la aceleración multiplicado por el tiempo al cuadrado, se propuso que el dispositivo transporte la carga en un tiempo de dos minutos.

Figura 36. Recorrido de la carga



Fuente: Elaboración Propia

Ecuación 2

$$d = \frac{1}{2} at^2$$

$$a = \frac{2d}{t^2}$$

- Fuerzas que afectan el volante.

Ecuación 3

$$-\tau_2 = FR$$

- Fuerzas que afectan el tambor.

Ecuación 4

$$\tau_1 = Tr$$

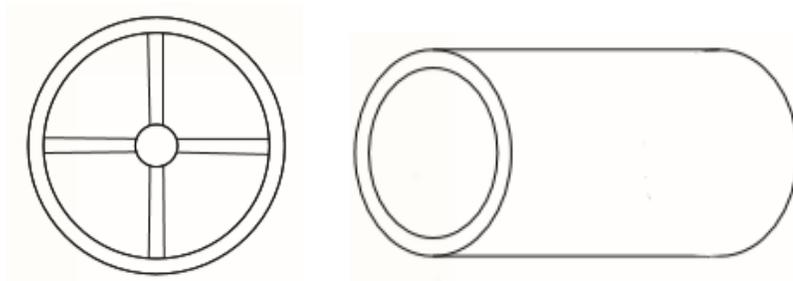
La ecuación 5 muestra la sumatoria de torques que es igual a la inercia por la aceleración angular y la aceleración angular es igual a la aceleración sobre el radio del tambor.

$$\sum \tau = I \alpha$$

$$\tau_2 + \tau_1 = I \alpha$$

Para hallar la fuerza que hace girar el volante, es necesario considerar el momento de inercia total, a la que llamaremos ecuación 6, es decir la sumatoria de la inercia del volante y la inercia del tambor (**ver figura 37**).

Figura 37. Volante y cilindro



Fuente: Elaboración Propia

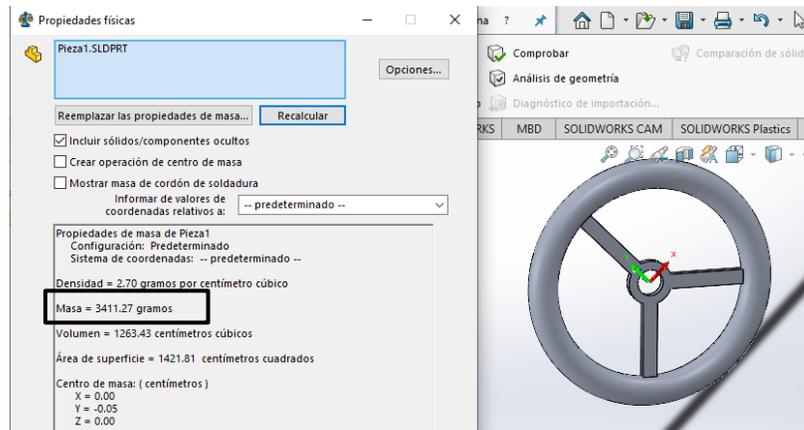
$$I_{volante} = m_{volante}R^2$$

$$I_{tambor} = \frac{1}{2} m_{tambor} r^2$$

$$I_{total} = \frac{1}{2} m_{tambor} r^2 + m_{volante} R^2$$

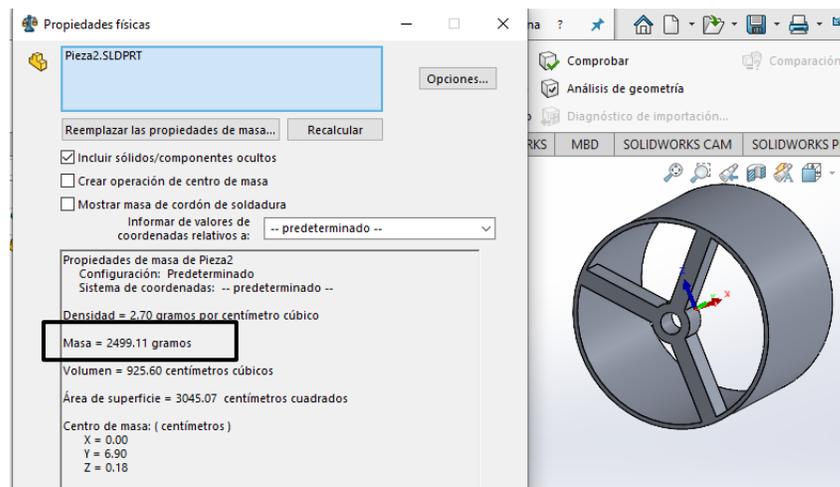
Se propuso que el material del volante y del tambor sea de aluminio, debido a que es un material liviano y resistente. En el programa SolidWorks se calculó la masa usando el material propuesto, el volante es de 3.4 kilogramos y el tambor tiene una masa 2.5 de kilogramos (**ver figura 38 y 39**).

**Figura 38. Peso del volante de aluminio**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 39. Peso del volante de aluminio**



Fuente: Elaboración Propia

$$I_{total} = \frac{1}{2} m_{tambor} r^2 + m_{volante} R^2$$

$$I_{total} = \frac{1}{2} (2.5 \text{ kg})(0.25\text{m})^2 + (3.5)(0.30\text{m})^2$$

$$I_{total} = 0.078 + 0.315$$

$$I_{total} = 0.393 \text{ kgm}^2$$

Remplazamos la ecuación 1,3,4 y 6 en la ecuación 5.

$$-FR + Tr = -I_{total} \alpha$$

$$-FR + (m ( a + g \text{sen } 35^\circ)) r = -\frac{(0.393)\alpha}{r}$$

Despejar la fuerza.

$$F = \frac{(0.393)\alpha}{rR} + \frac{(m ( a + g \text{sen } 35^\circ)) r}{R}$$

Remplazar la ecuación 2, es decir la aceleración del sistema.

$$F = \frac{(0.393)(2d)}{rRt^2} + \frac{\left( m \left( \frac{2d}{t^2} + g \text{sen } 35^\circ \right) \right) r}{R}$$

$$F = \frac{(0.393)(2(100\text{m}))}{(0.25\text{m})(0.30\text{m})(120\text{s})^2} + \frac{\left( 12 \text{ kg} \left( \frac{2(100\text{m})}{(120\text{s})^2} + (9.8 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}) \text{sen } 35^\circ \right) \right) (0.25\text{m})}{0.30 \text{ m}}$$

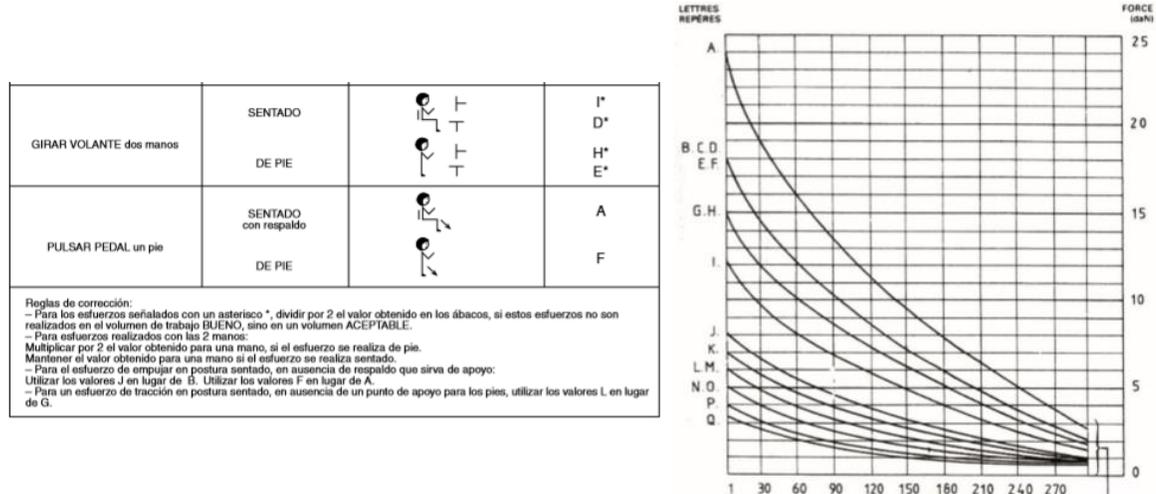
$$F = 56.442_N$$

**7.2.1. Fuerza sugerida para un volante:** De acuerdo con los cálculos anteriores la fuerza necesaria para girar el volante es de 56.442 newtons (5.75 Kg-f) cuando se

utiliza un volante de 30 cm de radio y un tambor de 25 cm de radio. Si se quisiera transportar 20 kg, sería necesaria una fuerza de 90.243 newtons (9.202 Kg.f).

Ahora bien, es necesario considerar los criterios ergonómicos que determinan la fuerza recomendada para gestos como elevación, movimiento y empuje / tracción. Para esto se utilizó la norma AFNOR NF X 35 -106 para realizar dicha estimación. La Figura 40 muestra que, para un volante en posición vertical, cuando el usuario se encuentra de pie y con una sola repetición por hora, se puede realizar una fuerza de 15 Kg-f (15 DaN) como umbral máximo para que no exista riesgo de lesiones musculoesqueléticas (ver la curva H de la ver figura 40).

**Figura 40. Fuerza máxima recomendada según la frecuencia para un volante. Norma AFNOR NF X35-106**



Fuente: Pedro R. Mondelo - Enrique Gregori Joan Blasco - Pedro Barrau, *Ábaco de AFNOR*. a) Cuadro de identificación de esfuerzos. [Imagen]. *Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo*. Universitat Politècnica de Catalunya, SL Jordi Girona Salgado 31, 08034 Barcelona. Edicions UPC, 1998. p 107. [Consultado: 3 de noviembre de 2020]. B-43.365-99 ISBN: 84-8301-317-7

Según Antoine Laville y Serge Volkoff,<sup>21</sup> se explica en la enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo que se debe contemplar que en la comunidad de San

<sup>21</sup> Laurig y Vedder, Wolfgang y Joachim. *Ergonomía*. En: *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. [en línea]. Agustín de Bethencourt, 11 28003 Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos

Bernardo Betulia hay usuarios masculinos y femeninos por esto, es necesario considerar que la capacidad máxima de la fuerza de una mujer es un 30% menor que la fuerza de los hombres, es decir la fuerza adecuada para hacer girar un volante con una repetición por hora debe ser menor a 105 newtons (10.7 Kg-f).

La cantidad de vueltas que se debe girar el volante también es relevante en el uso del dispositivo, por esta razón se calculó el perímetro del tambor, puesto que los 100 metros de cuerda se deben enrollar alrededor de este.

$$p = 2\pi r$$

$$p = 2\pi (0.25)$$

$$p = 1.570 \text{ m}$$

Al girar una vez el volante se recoge 1.570 metros de cuerda, para recoger los 100 metros de cuerda se tienen que dar 63.6 vueltas con el volante. Cabe aclarar que este sería el caso extremo donde los árboles estarían lo más alejado posible del punto de recolección. Sin embargo, en promedio, estos se encuentran entre 30 y 50 metros.

**7.2.2. Relación de la ventaja mecánica y el número de vueltas del volante:** Para la selección de la mejor relación, entre el número de vueltas que realiza el volante / tambor y la fuerza que ejerce el cacaocultor al volante, es necesario analizar las diferentes combinaciones del diámetro del volante y del diámetro de tambor.

Se realizó el cálculo del número de vueltas que tiene que hacer el cacaocultor para subir el balde, dependiendo del radio del volante y el radio del tambor (**ver tabla 12**)

**Tabla 12. Número de vueltas que debe realizar el cacao cultor**

---

**número de vueltas del volante**

---



---

Sociales Subdirección General de Publicaciones, 1998. parte. IV, cap. 29. P. 92. [Consultado: 4 de noviembre de 2020].

	r del tambor (m)	R volante (m)	vueltas ( $100/2\pi*r$ )
<b>1</b>	0.2	0.25	79.57
<b>2</b>	0.25	0.3	63.66
<b>3</b>	0.25	0.27	63.66
<b>4</b>	0.3	0.25	53.05
<b>5</b>	0.25	0.2	63.66

Posteriormente se realizó los cálculos de la fuerza que tenía que hacer el cacaocultor para poder subir la carga de mazorca de cacao (**ver tabla 13**).

**Tabla 13. Fuerza para girar el volante.**

<b>Fuerzas para girar el volante</b>					
	Masa del tambor (Kg)	Masa del volante	Inercia total (Kg.m <sup>2</sup> )	Fuerza (N)	Fuerza (Kg-f)
<b>1</b>	2	3	0.22	54.15	5.52
<b>2</b>	<b>2.5</b>	<b>3.5</b>	<b>0.39</b>	<b>56.42</b>	<b>5.75</b>
<b>3</b>	2.5	3.3	0.31	52.67	5.37
<b>4</b>	3	3	0.32	81.20	8.28
<b>5</b>	2.5	2.5	0.17	84.57	8.62

De modo conveniente se eligieron los valores 0.25 m para el radio del tambor y 0.30 m para el radio del volante, correspondientes a la fila número 2 de la tabla 3 (**ver tabla 12**), puesto que es la mejor relación entre el radio del volante, la cantidad de fuerza y el número de vueltas que debe realizar el cacaocultor, la cual corresponde a una fuerza de 56.442N (5.72 Kg-f) correspondiente a la fila número 2 de la tabla 4 (**ver tabla 13**) cuando se dan 63.33 vueltas para una condición externa de 100 metros.

Si se estima la fuerza máxima recomendada ergonómicamente (**ver figura 40**), se tiene que para las 63.33 vueltas esta debe ser inferior a 10 Kg-f y en el caso de mujeres de 7 Kg-f. Por tanto, el volante seleccionado está dentro del umbral que permite suponer que no existirá un riesgo asociado a su uso.

### 7.3. DATOS ANTROPOMÉTRICOS

Para poder ubicar el volante sin ocasionar lesiones futuras, de acuerdo a la altura a la que debe estar ubicado el volante y la posición de los brazos, se escogió la medida altura codo flexionado 90° el percentil 95, es decir una distancia de 113.53 centímetros desde el piso hasta la altura del codo, cuando este se encuentra flexionado (**ver figura 41**).

Figura 41. Medidas antropométricas por género

MEDIDAS	TODOS								
	M	δ	P1	P5	P25	P50	P75	P95	P99
PESO	61,6	13,03	31,30	40,17	52,82	61,60	70,38	83,03	91,91
ESTATURA	165,6	9,135	144,31	150,53	159,40	165,56	171,71	180,58	186,80
ALTURA DE OJOS	154,7	9,018	133,75	139,89	148,64	154,72	160,80	169,56	175,70
ALTURA HOMBRO	137,6	8,232	118,45	124,05	132,05	137,60	143,14	151,14	156,74
ALTURA CODO	106,4	6,257	91,89	96,15	102,23	106,44	110,66	116,74	121,00
ALTURA CODO FLEXIONADO 90°	103,1	6,348	88,33	92,65	98,81	103,09	107,37	113,53	117,86
ALTURA MUÑECA	81,28	5,131	69,35	72,84	77,82	81,28	84,74	89,72	93,22
ALTURA TROCANTER MAYOR	86,51	6,092	72,34	76,49	82,41	86,51	90,62	96,53	100,68
ALTURA RODILLA	49,59	4,178	39,88	42,72	46,78	49,59	52,41	56,46	59,31
ANCHURA MÁXIMA DEL CUERPO	43,3	4,972	31,73	35,12	39,94	43,30	46,65	51,48	54,86
ANCHURA BIACROMIAL	32,19	3,377	24,33	26,63	29,91	32,19	34,46	37,74	40,04
PROFUNDIDAD TORAX	21,07	4,018	11,72	14,46	18,36	21,07	23,78	27,68	30,41
ALCANCE BRAZO FRONTAL	72,38	5,499	59,59	63,33	68,67	72,38	76,08	81,42	85,17
ALCANCE BRAZO LATERAL	77,46	6,672	61,94	66,48	72,96	77,46	81,96	88,44	92,98
ALCANCE MÁXIMO VERTICAL	207,2	13,63	175,50	184,78	198,02	207,20	216,39	229,63	238,91
LONGITUD CODO-DEDO MEDIO	44,61	3,276	36,99	39,22	42,40	44,61	46,82	50,00	52,23
ALTURA NORMAL SEDENTE	86,25	5,739	72,90	76,81	82,38	86,25	90,12	95,69	99,60
ALTURA OJOS - ASIENTO	75,5	4,565	64,89	67,99	72,43	75,50	78,58	83,01	86,12
ALTURA HOMBRO - ASIENTO	59,13	3,753	50,40	52,96	56,60	59,13	61,66	65,31	67,86
ALTURA CODOS - ASIENTO	23,44	2,646	17,28	19,08	21,65	23,44	25,22	27,79	29,59
ANCHURA DE CODOS	44,59	5,32	32,22	35,84	41,01	44,59	48,18	53,34	56,96
ALTURA SUBESCAPULAR	44,18	3,126	36,90	39,03	42,07	44,18	46,28	49,32	51,45
ALTURA ILIOCRESTAL	20,79	2,164	15,75	17,22	19,33	20,79	22,24	24,35	25,82
ALTURA MAXIMA DEL MUSLO	14,21	1,606	10,48	11,57	13,13	14,21	15,30	16,86	17,95
ALTURA DE RODILLA	51,86	3,739	43,17	45,71	49,34	51,86	54,39	58,02	60,56
ALTURA POPLÍTEA	42,69	3,24	35,15	37,36	40,51	42,69	44,87	48,02	50,23
LONGITUD NALGA - POPLÍTEA	48,41	3,173	41,03	43,19	46,27	48,41	50,55	53,63	55,79
LONGITUD NALGA - RODILLA	58,52	3,436	50,53	52,87	56,21	58,52	60,84	64,17	66,51
ANCHO DE CADERAS	36,93	3,684	28,36	30,87	34,44	36,93	39,41	42,99	45,50

**Fuente:** Maradei, María Fernanda. Espinel, Francisco. Astrid, Andrea. Medidas antropométricas por género [Imagen]. Estudio de valores antropométricos para la región nororiental colombiana 2007-2008. Colombia. 2015.P.158. [Consultado:01 de octubre de 2020].

Según el manual de cargas del ministerio nacional de seguridad e higiene en el trabajo se recomienda que la carga máxima no puede sobrepasar un peso de 25 kg<sup>22</sup> en condiciones ideales, protegiendo así un 85% de la población.

En el caso de los habitantes de Betulia que en su mayoría están conformados por mujeres y adultos mayores de 55 años, Acorde con la empresa GEMATEC S.A.S. Es decir, es una población expuesta a sufrir daños en el sistema musculoesquelético y no se recomienda manejar cargas superiores a 15 kg.

#### 7.4. NECESIDADES LATENTES EN LA ALTERNATIVA 3

Con base en la alternativa seleccionada, se analizaron algunos detalles que no cumplían con los requerimientos del dispositivo o que causaban problemas en su funcionamiento (**ver tabla 14**).

**Tabla 14. Problemas en la alternativa seleccionada**

<b>Pieza</b>	<b>Problema</b>	<b>Solución</b>
<b>1. Manivela</b>	La manivela no es el mecanismo más adecuado para el dispositivo, debido a que se debe realizar demasiada fuerza manual y se deben dar muchas vueltas para subir la carga.	Se hizo el cambio por un volante, analizando los controles a que se adecuaban más a nuestros requerimientos ( <b>ver figura 42</b> )
<b>2. Tubo ubicado en el mecanismo de la bisagra</b>	El tubo central no puede estar ubicado en la parte superior de las bisagras, puesto que se corre el riesgo de dañar el mecanismo de la bisagra.	Se ubicó el tubo central en la parte del cuerpo de la bisagra, ya que en ese espacio no afecta el mecanismo de la bisagra.

<sup>22</sup> Ruiz, Laura. Manipulación manual de cargas guía técnica del INSHT. Peso de la carga [en línea]. Madrid. P. 12. [Consultado: 01 de febrero de 2021].

<b>3. Forma rectangular de los tubos</b>	Los tubos rectangulares tienden a atascarse cuando se nivela la altura.	Se cambió el diseño de los tubos telescópicos por circulares.
<b>4. Dirección de la estructura</b>	Al ubicar los tubos telescópicos curvos en la pendiente pierde estabilidad el dispositivo.	Se ubicó el volante y el tambor en los tubos telescópicos curvos y se dejó la parte de los tubos telescópicos rectos en la pendiente.
<b>5. Estacas del sistema de agarre</b>	En la parte inferior se observó una estaca al finalizar cada uno de los tubos, estos se propusieron con el fin de dar más sujeción al dispositivo, sin embargo, se requiere un sistema de sujeción mayor.	Se consideró reemplazar las estacas por 2 guayas ancladas, que van desde la superficie del terreno hasta la parte de atrás del tubo conector de las estructuras.
<b>6. Rosetas</b>	La roseta rectangular no encaja con los tubos y los orificios que tenían las rosetas para el agarre en el terreno no eran resistentes ya que se aplanaba la roseta y no cumplía su función.	Se modificó las rosetas a circulares para que encajaran y se cambió la forma de agarre, se sustrajo los orificios y se dejó dos pestañas de sujeción.
<b>7. Tambor</b>	El tambor del dispositivo tiene un diámetro muy pequeño para recoger más de 100 metros de cuerda.	Se ajusta el diámetro del tambor para recoger una cuerda de 100 metros.

**8. Ubicación de las uniones de soporte inferior** El dispositivo debe ser más estable cuando esté armado, se necesita uniones para que no permitan que las estructuras se abran Las uniones frontal y posterior dan un mayor soporte a la abertura del mecanismo de la bisagra.

Figura 42. Adecuación de los controles a la acción requerida.

TIPO DE CONTROL		RAPIDEZ	PRECISION	FUERZA
	MANIVELA Pequeña Grande	Buena Pobre	Pobre No adecuada	No adecuada Buena
	VOLANTE	Pobre	Bueno	Utilizable
	BOTON	No utilizable	Regular	No utilizable
	PALANCA Horizontal Vertical (Perpendicular al cuerpo) Vertical (Siguiendo al cuerpo) "Joystick"	Buena Buena Regular Bueno	Pobre Regular Regular Regular	Pobre Corta: Pobre Larga: Buena Regular Pobre
	PEDAL	Bueno	Pobre	Bueno
	PULSADOR	Bueno	No utilizable	No utilizable
	INTERRUPTOR GIRATORIO	Bueno	Bueno	No utilizable
	INTERRUPTOR DE PALANCA	Bueno	Bueno	Pobre

**Fuente:** Cuadro II: Adecuación de los controles a la acción requerida. [Imagen]. Centro Nacional de Condiciones de trabajo. España. P.4. [Consultado:27 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://uao.libguides.com/c.php?g=529834&p=3623716#:~:text=RECOMENDACIONES%20PARA%20REFERENCIAR%20DOCUMENTOS%20CON%20DOS%20AUTORES%20EN%20CONTEC,que%20aparecen%20en%20el%20documento>

## 8. VERIFICACIÓN

### 8.1. PROTOTIPOS RÁPIDOS

Para la verificación del mecanismo telescópico se realizó un prototipo rápido de los tubos curvos (**ver figura 43**), para demostrar que los tubos se deslizaban y así el dispositivo logra plegarse y desplegarse.

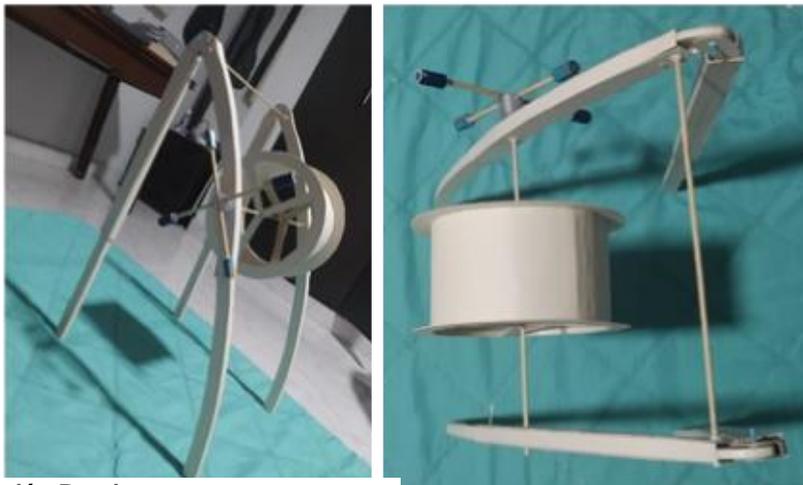
Figura 43. Prueba de curvatura en tubo telescópico.



Fuente: Elaboración Propia

Se hizo un prototipo rápido del dispositivo (**ver figura 44**), con base a ese prototipo se realizaron algunos cambios, como hacer plegable el tambor, ya que el que estaba planteado ocupaba mucho espacio y dificultaba el transporte.

Figura 44. Prototipo en cartón paja.



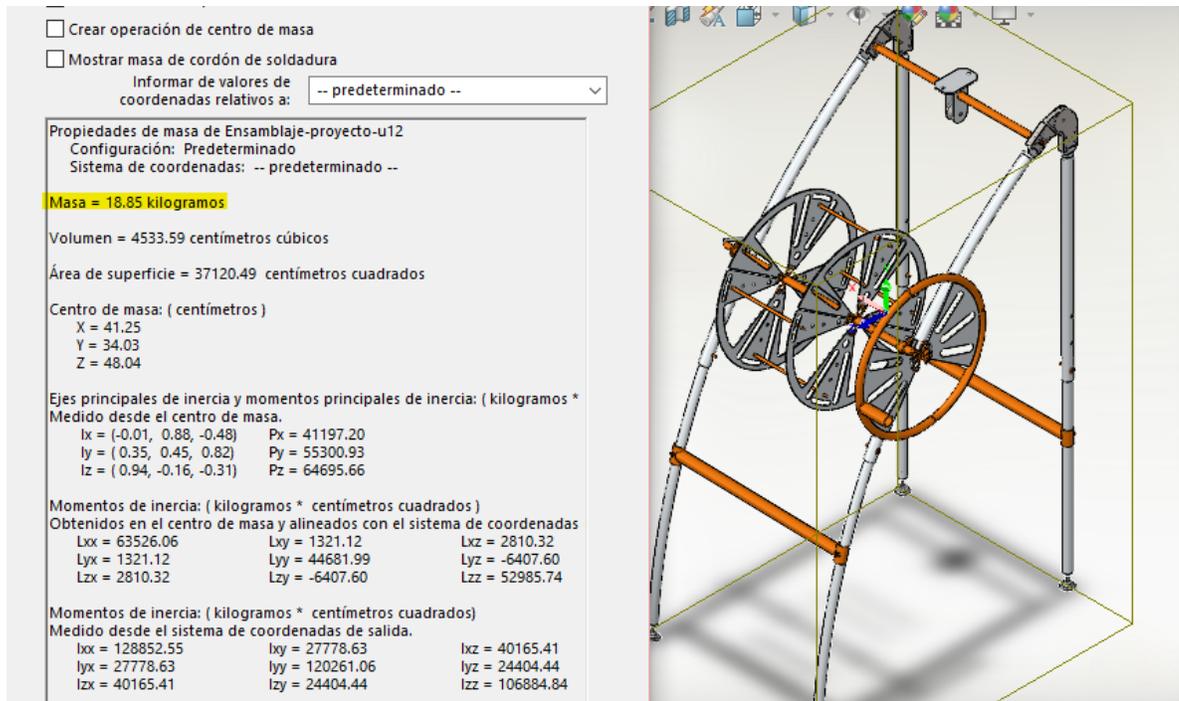
Fuente: Elaboración Propia

## 8.2. DATOS DE PESO OBTENIDOS EN SOLIDWORKS

Mediante el programa de modelado 3D (SolidWorks) se realizó el CAD del dispositivo y se calculó el peso de las estructuras con el material propuesto (aluminio). Así, el peso de la estructura principal es de 18.85 Kg (**Ver figura 45**), está concebida para dejarse en la parte de la zona de fermentación todo el tiempo que se desee ya que es resistente a la intemperie. Además, la cosecha de la mazorca llega a ese punto. No obstante, esta estructura también se puede transportar de un lugar a otro si el cacaocultor así lo prefiere.

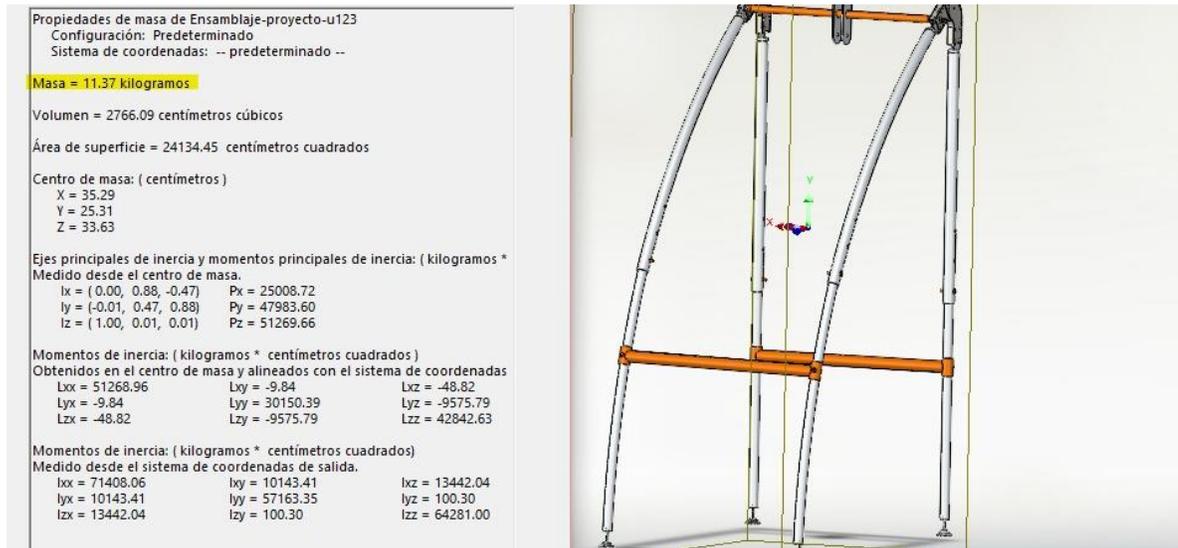
Por otro lado, la segunda estructura se diseñó para que pudiera ser colocada en el punto de acopio de preferencia del campesino. Ya instalada puede hacerse el proceso de toda la cosecha del cultivo. Se estima que el peso es de 11.37 Kg (**Ver figura 46**).

Figura 45. Peso de la estructura 1



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 46. Peso de la estructura 2**



Fuente: Elaboración Propia

### 8.3. CARGA SOPORTADA POR EL DISPOSITIVO

Se realizó una prueba de transporte donde el dispositivo tenía que subir una carga en un trayecto de 50 metros, en esta prueba se agregó las mazorcas de cacao al balde hasta que el balde estuvo lleno. Se utilizó uno que normalmente los cacaocultores usan para transportar el cacao en baba. Posteriormente para saber cuánto peso tenían las mazorcas que ocupaban el balde se utilizó una balanza que marcó 10.4 Kg (**Ver figura 47**), este peso puede variar dependiendo del peso de la mazorca. Luego se subió el balde al gancho y se procedió a subir la carga por el dispositivo (**Ver figura 48**). También se cronometró el tiempo en que se demoraba hasta el final de la pendiente.

**Figura 47. Peso del balde con las mazorcas**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 48. Transporte de 10.4 kg de mazorca de cacao hasta la cima de la pendiente**

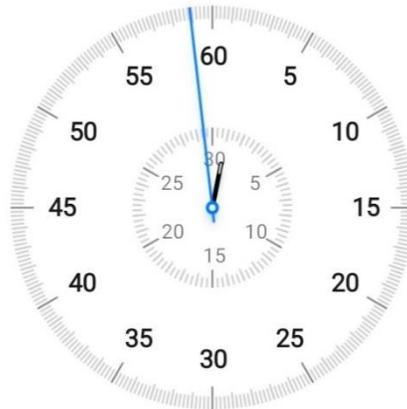


**Fuente: Elaboración Propia**

El tiempo que se demora subiendo una carga de 10.4 Kg en un recorrido de 50 metros es de 58 segundos **(Ver figura 49)**.

**Figura 49. Tiempo de subida para una carga de 10.4 kg**

Cronómetro



00:58.91

**Fuente: Elaboración Propia**

Posteriormente se realizó una prueba con las mismas condiciones de distancia, pero con una carga mayor, para esto se colocó un gancho en la polea móvil (**Ver figura 50**), para lograr acomodar dos baldes y así aumentar la carga a transportar, luego procedimos a agregar una mancuerna a otro balde con el mismo peso que en el balde donde se encontraban las mazorcas, el peso del balde con la mancuerna era de 10.4 Kg (**Ver figura 51**), inmediatamente se subieron las dos cargas al gancho para poder transportarlas a la cima de la pendiente (**Ver figura 52**), el peso total de la carga a subir era de 20.8 Kg, cuando la carga comenzó a subir se cronometró el tiempo.

**Figura 51. Gancho de doble balde.**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 50. Balde con mancuerna.**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 52. Transporte de 20.8 kg de mazorca de cacao hasta la cima de la pendiente**

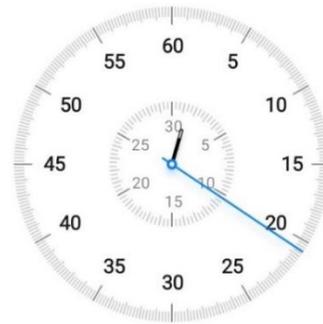


Fuente: Elaboración Propia

El tiempo que se tarda subiendo una carga de 20.8 kg en una distancia de 50 metros es de 1 minuto con 20 segundos (**Ver figura 53**).

**Figura 53. Tiempo de subida para una carga de 20.8 kg**

Cronómetro



01:20.64

Fuente: Elaboración Propia

#### 8.4. PRUEBA DE TERRENO

Se realizó una prueba con el dispositivo en un terreno seco, ubicado en Girón, Santander (**Ver figura 54**).

**Figura 54. Prueba en terreno seco.**



Fuente: Elaboración Propia

Durante la prueba notamos que la estructura se deslizaba hacia adelante (**Ver figura 55**), debido a que el terreno era arenoso, de igual forma la estructura no se volcó gracias a la tensión que ejercía hacia atrás la guaya y la estaca que se encontraba clavada en la tierra.

**Figura 55. Patas niveladoras deslizándose en terreno seco.**



**Fuente: Elaboración Propia**

Se realizó una prueba técnica del funcionamiento del dispositivo en el Condominio Hacienda San Miguel, ubicado en Piedecuesta, puesto que hay una reserva forestal que cuenta con condiciones geográficas similares a las de la vereda San Bernardo Betulia (**Ver figura 56**). Allí se verificó que, durante el transporte de la carga, las patas niveladoras no tendieron a resbalasen en el terreno semihúmedo en comparación con el terreno seco.

Figura 56. Prueba en terreno semihúmedo.



Fuente: Elaboración Propia

Mediante una app móvil (Precise Level) se midió los grados de inclinación de la pendiente en la cual se instaló el dispositivo y se transportó la carga, el grado de inclinación de la pendiente es de  $35.7^\circ$  (Ver figura 57).

Figura 57. Foto app Precise Level.



Fuente: Elaboración Propia

## 8.5. VERIFICACIÓN DEL EQUILIBRIO DE LA ESTRUCTURA.

Se realizó una prueba del desempeño de los mecanismos utilizados en el dispositivo, para la primera prueba se necesitaba armar el dispositivo y graduar la altura del dispositivo (**Ver figura 58**), mediante los tubos telescópicos, para equilibrar la estructura en terreno plano o montañoso, otro componente que se necesitaba para poder equilibrar la estructura eran las patas, al momento de graduar el tamaño de las patas (**Ver figura 59**) y de los tubos telescópicos se lograba mantener la estructura en equilibrio y así evitar que el dispositivo se cayera al momento de subir la carga.

Figura 58. Gradación del dispositivo.



Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura, (**Ver figura 58**) podemos notar que la fotografía ubicada al lado izquierdo, tiene el pin ubicado en el primer orificio del tubo telescópico curvo derecho, en la segunda fotografía de izquierda a derecha, se puede notar que el pin de ajuste está situado en el primer orificio del tubo telescópico recto, en la tercera fotografía de izquierda a derecha se evidencia que el pin está situado en el segundo orificio del tubo telescópico recto, y finalmente en la cuarta fotografía de izquierda a derecha, podemos notar que el pin está ubicado en el segundo orificio del tubo telescópico curvo.

Figura 59. Patas niveladoras



Fuente: Elaboración Propia

En el proceso de instalación fue necesario usar el sistema telescópico en el lado izquierdo de la estructura, ya que se instaló en una superficie que no era completamente plana (**Ver figura 60**), se puede observar que en el lado izquierdo del terreno era más alto, por esta razón se redujo la altura y así se evidencia que la estructura está nivelada en un terreno montañoso.

Figura 60. Uso sistema telescópico.



Fuente: Elaboración Propia

Con base en lo anterior podemos decir que el mecanismo telescópico, funcionó correctamente, ya que al momento de graduar la altura la estructura quedó equilibrada y cuando se subió la carga, la estructura no se balanceó **(Ver figura 61)**.

**Figura 61. Equilibrio en dispositivo cuando está siendo usado.**



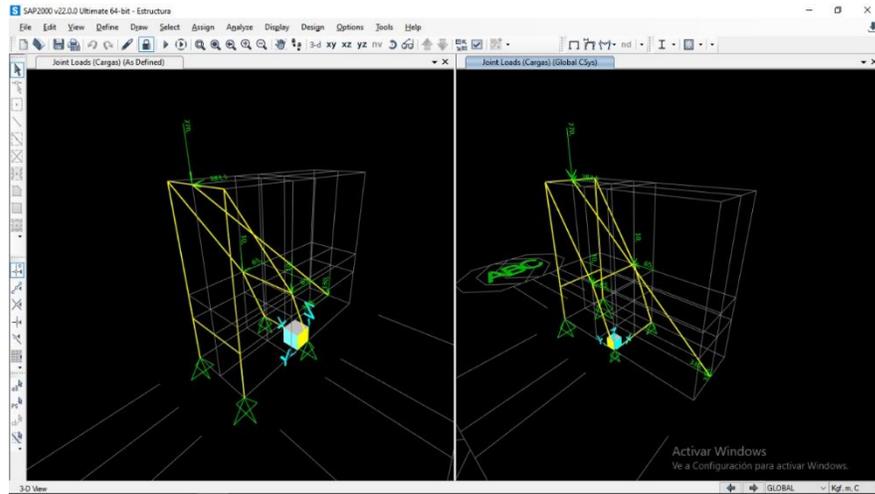
Fuente: Elaboración Propia

## **8.6. VERIFICACIÓN DE SEGURIDAD EN EL DISPOSITIVO**

Antes de realizar las verificaciones de seguridad, se ejecutó una simulación de resistencia lineal y estática en el programa SAP2000.

la estructura y la guaya de tensión se representan por las líneas de color amarillo y las flechas de color verde son las cargas, las cuales se encuentran en las tensiones de los cables y el del volante **(Ver figura 62)**.

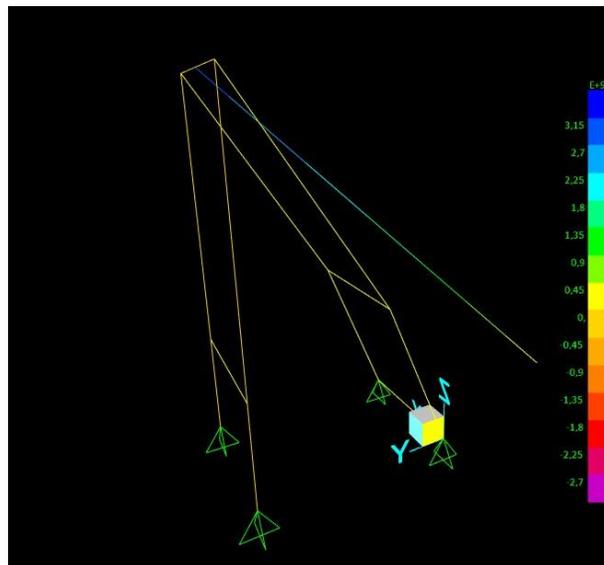
**Figura 62. Resistencia lineal estática.**



Fuente: Elaboración Propia

La simulación nos permite ver que los elementos donde se ejerce más esfuerzo en el dispositivo son la guayas que se encuentran tensionadas por la estaca que va clavada al suelo, al final de la guaya se puede observar que presenta un color amarillo claro, es decir el esfuerzo en la guaya es menor de  $0 \text{ kgf/m}^2$  y se encuentra en el límite de esfuerzo permitido (**Ver figura 63**).

**Figura 63. Resistencia de guaya.**



Fuente: Elaboración Propia

El sistema de frenado del volante funciona con un trinquete (**Ver figura 64**), el cual detiene el eje del tambor y del volante, para esto se realizó una prueba donde el dispositivo tenía una carga de 10.4 Kg y se usó el sistema de frenado mientras se subía la carga.

**Figura 64. Uso de trinquete.**



Fuente: Elaboración Propia

Con base a lo anterior, podemos verificar que el mecanismo de seguridad de frenado del trinquete funciona adecuadamente con peso, ya que al momento de accionarlo el volante se quedaba estático y no había peligro de que la carga se devolviera. (**Ver figura 65**),

**Figura 65. Prueba de resistencia estática en el trinquete.**



Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, se verifica si el anclaje funciona correctamente con una prueba de resistencia dinámica, la cual consiste en anclar el dispositivo al suelo, por medio de las estacas y posteriormente accionar el dispositivo con una carga de 10,4 Kg (**Ver figura 66**), para así poder observar si las estructuras tienden a inclinarse hacia el centro o se quedan fijas, estas pruebas fueron documentadas mediante fotografías y vídeos, donde se verifica que el sistema de seguridad funciona correctamente.

**Figura 66. Prueba de anclaje.**



Fuente: Elaboración Propia

## **8.7. INSTALACIÓN Y DESINSTALACIÓN DEL DISPOSITIVO**

Para esta prueba se requirió que un usuario armara el dispositivo. La prueba se dividió en dos partes, la primera corresponde al armado de la estructura principal. Antes de iniciarla, al usuario se le mostró el proceso con una pequeña capacitación y se le señaló donde se encontraban los indicadores de la estructura (**Ver figura 67**). Finalmente se dio inicio la prueba (**Ver figura 68**) cronometrando el tiempo que

el usuario tardaba en el armado de la primera estructura; la prueba se documentó por medio de fotografías y vídeo.

**Figura 67. Indicadores.**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 68. Instalación de la primera estructura.**



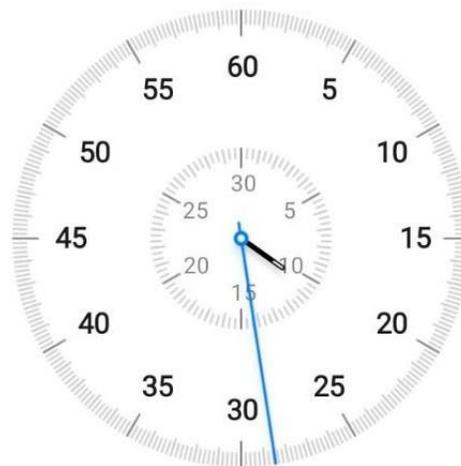
**Fuente: Elaboración Propia**

El tiempo que el usuario tardó armando la primera estructura fue de 40 minutos con 28 segundos (**Ver figura 69**). La instalación de la primera estructura estaba estimada en un tiempo de 30 minutos para usuarios inexpertos (usuarios que no hubiesen armado antes la estructura), el armado de la estructura principal está pensado para que dos personas lo realicen en un tiempo de 25 minutos por usuarios expertos (usuarios que hubiesen armado la estructura 2 o más veces), ya que en la labor de transporte tradicional de cacao la realizan dos personas, en el tiempo estimado se estimó un 20% más para usuarios inexpertos en comparación al tiempo que se demora un usuario experto en armar la estructura.

Cabe recordar que esta estructura si bien tiene características para ser transportable, se espera que se mantenga al lado de la zona de fermentación, ya que este es el lugar de acopio de todas las mazorcas cosechadas que posteriormente serán desengrulladas (separar la cacota de la baba).

**Figura 69. Tiempo de instalación estructura 1**

### Cronómetro



40:28.54

Fuente: Elaboración Propia

Para la segunda parte de armado, se instala la segunda estructura del dispositivo que es la que va en la parte final de la pendiente, para armar esta estructura el usuario tuvo las mismas condiciones que con la primera, es decir antes de iniciar la actividad, el usuario recibió una pequeña capacitación de cómo se armaba el dispositivo. Posteriormente se le señaló donde se encontraban los indicadores de la estructura, para que comprendiera donde encajar cada pieza (**Ver figura 68**) y finalmente se dio inicio la prueba (**Ver figura 70**) cronometrando el tiempo que el usuario se tardaba en el armado. La prueba se documentó por medio de fotografías y vídeo.

**Figura 70. Instalación de la segunda estructura.**



**Fuente: Elaboración Propia**

El tiempo que le tomó al usuario armar la segunda estructura fue de 9 minutos con 47 segundos (**Ver figura 71**), el tiempo estimado para armar la segunda estructura es de 18 minutos para usuarios inexpertos (usuarios que no hubiesen armado la estructura antes). El armado de esta estructura está concebido para que una persona lo realice en un tiempo de 15 minutos por una persona experta (usuarios que hubiesen armado esta estructura 2 o más veces), en el tiempo estimado se

adicionó un 20% más para usuarios inexpertos con base al tiempo que se tarda un usuario experto en armar la estructura.

Figura 71. Prueba de tiempo de armado.

	<b>56:59.23</b>
	00:00.74
<b>Vuelta 3</b>	<b>56:58.49</b>
Transcurrido/s 09:47.25	
<b>Vuelta 2</b>	<b>47:11.24</b>
Transcurrido/s 06:42.29	
<b>Vuelta 1</b>	<b>40:28.95</b>
Transcurrido/s 40:28.95	

Fuente: Elaboración Propia

En la figura (**Ver figura 71**) se puede evidenciar el tiempo transcurrido en la vuelta 1, el cual corresponde al armado de la estructura principal, el siguiente valor es el de la vuelta 2 que es el tiempo que el usuario le tomó bajar la pendiente con la guaya para conectar la segunda estructura, el tiempo transcurrido es de 6 minutos con 42 segundos, en el siguiente valor referente a la vuelta 3, se relaciona con el armado de la segunda estructura que es el tiempo que le tomó al usuario en armar la segunda estructura.

Por otro lado, se registró el tiempo en el que se demora el usuario desarmando el dispositivo, para esta prueba también se divide en 2 partes, en la primera parte se desarma la estructura principal, se cronometró el tiempo en el que el usuario tardó en desarmar la estructura. Del mismo modo se realizó con la segunda estructura, se le indica al usuario cuando desarmar la estructura y se cronometró el tiempo en que se demoró el usuario en desarmar la estructura.

**Figura 72. Prueba de desinstalación.**



**Fuente: Elaboración Propia**

En la figura (**Ver figura 72**), la primera fotografía de izquierda a derecha el usuario está desarmando la estructura principal, en la segunda fotografía el usuario está desarmando la segunda estructura.

El usuario se demoró un tiempo de 20 minutos con 09 segundos (**Ver figura 73**) en desinstalar la estructura principal, el tiempo estimado para desinstalar la estructura es de 18 minutos para un usuario inexperto (usuarios que no hubiesen desarmado la estructura antes), el desarmado de la estructura principal está concebido para una persona experta (usuarios que han desarmado la estructura 2 o más veces) en 15 minutos, se añadió un porcentaje de 20% para que un usuario inexperto desarmara la estructura con base al tiempo que se demora un usuario experto.

Para la segunda estructura el usuario se demoró un tiempo de 8 minutos con 21 segundos (**Ver figura 73**), el tiempo estimado para desinstalar la estructura es de 10 minutos para un usuario inexperto (usuarios que no hubiesen desarmado la estructura antes), el desarmado de la segunda estructura está pensado para una persona experta (usuarios que han desarmado la estructura 2 o más veces) en 8

minutos, se añadió un porcentaje de 20% para que un usuario inexperto desarmara la estructura con base al tiempo que se demora un usuario experto.

Figura 73. Tiempo desinstalación segunda estructura.

<b>28:32.09</b>	
00:00.69	
<b>Vuelta 2</b>	<b>28:31.40</b>
Transcurrido/s 08:21.92	
<b>Vuelta 1</b>	<b>20:09.48</b>
Transcurrido/s 20:09.48	

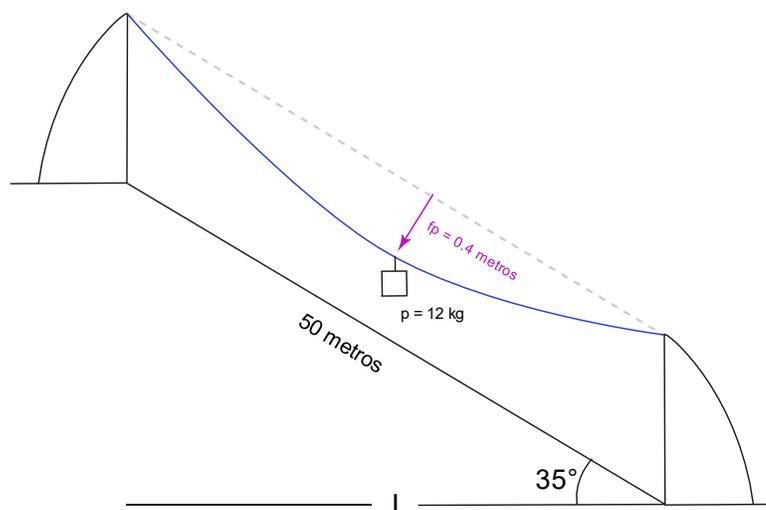
Fuente: Elaboración Propia

En la figura (**Ver figura 73**) se evidencia dos valores, en la vuelta 1 es el tiempo que se demoró el usuario en desarmar la estructura principal, la vuelta 2 es el tiempo que se demoró el usuario en desarmar la segunda estructura.

### 8.8. VERIFICACIÓN DE ESFUERZO

**Cálculo de la tensión en la guaya:** Se estableció una guaya suspendida entre dos puntos con una carga de 12 kg centrada (**Ver figura 74**), donde **fp** es la flexión que sufre la guaya, cuando está sometida al propio peso de la guaya más el peso de la carga aplicada y se asumió un **fp = 0.4 metros**.

Figura 74. Diagrama fp



Fuente: Elaboración Propia

$$f_p = \frac{P * L}{8 * H} * q + \frac{P_c * L^2}{8 * H * \cos 35^\circ}$$

**P** = 12 kg; peso de la carga

**L** = distancia que cubre la guaya

**q** = 1; factor de corrección para cargas externas

**P<sub>c</sub>** = 0.124 kg; peso de la guaya

**H** = componente horizontal de la tensión

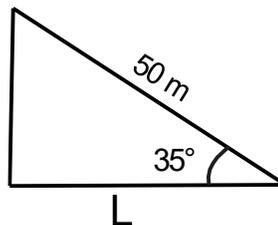
$$q = 2 * \left[ n - \left( \frac{n^2 - 1}{2} \right) * \frac{e}{L} \right]$$

Donde;

**n** = 1; una sola carga

**e** =  $\frac{L}{2}$  distancia cuando el balde se encuentra a la mitad del recorrido

Hallar L



$$\cos 35 = \frac{L}{50}$$

90

$$L = 45.18 \text{ m}$$

Hallar H

$$f_p = \frac{P * L}{8 * H} * q + \frac{Pc * L^2}{8 * H * \cos 35^\circ}$$

$$0.4 = \frac{12 * 45.18}{8 * H} * (1) + \frac{0.124 * (45.18)^2}{8 * H * \cos 35^\circ}$$

$$H = 386.5 \text{ kg}$$

- Finalmente, para el cálculo de la tensión máxima que experimentará la guaya si estuviera colocada en el punto más alto de la misma.

$$T_{max} = \frac{H}{\cos \alpha}$$

$$T_{max} = 471.9 \text{ kg}$$

Se convirtieron los valores anteriores a newtons:

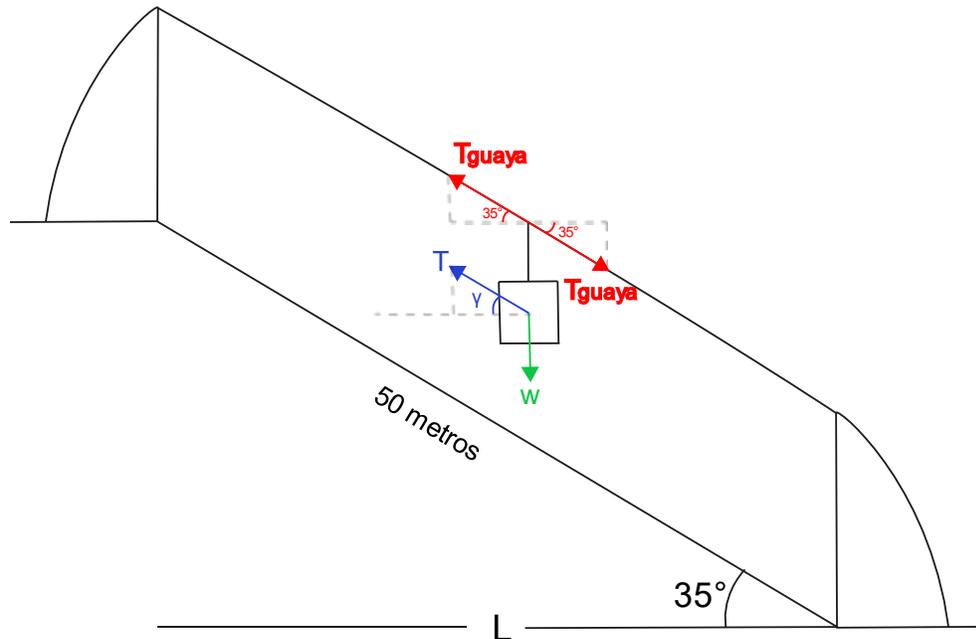
$$H = 3791.565 \text{ N}$$

$$T_{max} = 4629.339 \text{ N}$$

De modo que no se supera la tensión de rotura en la guaya, la cual está estimada entorno a los 21400 N, por esta razón es seguro el transporte con una carga de 12 kg.

Para el cálculo referente al volante y la fuerza necesaria para poder elevar la carga de cacao se muestra la siguiente figura donde las tensiones de las guayas se anulan mutuamente (**Ver figura 75**).

Figura 75. Diagrama de cuerpo libre del peso

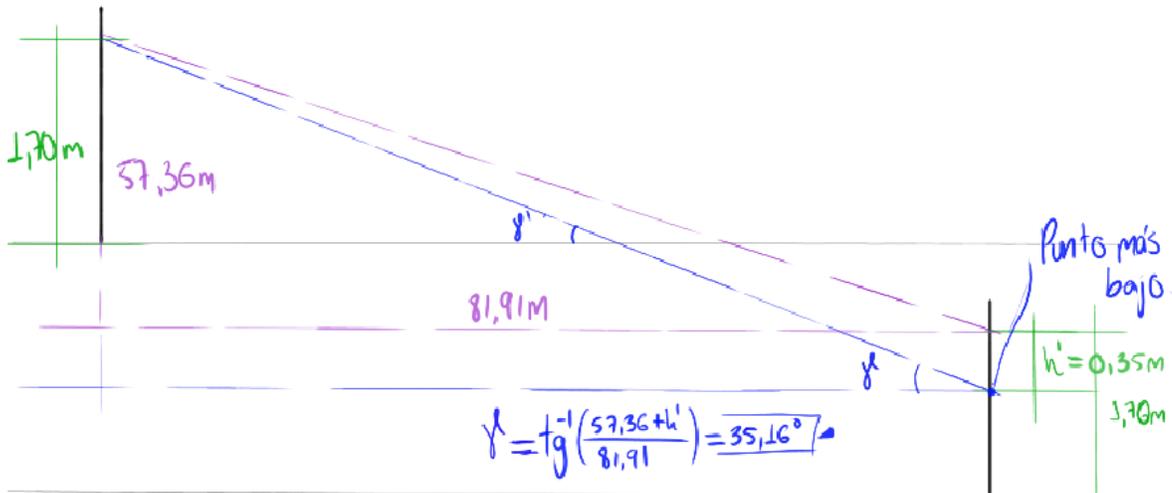


Fuente: Elaboración Propia

Se establece como criterio  $T_y = W = T \text{sen } \gamma$

El ángulo  $\gamma$  varia mientras va subiendo por la pendiente, hasta el punto más alto (**Ver figura 76**).

Figura 76. Cálculo de ángulo gama.



Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo de fuerza aplicada al volante

$$w = 117.6\text{ N}$$

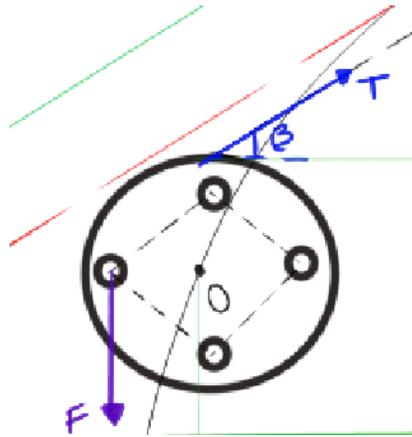
$$w = T_{\text{carga}} * \cos(\gamma)$$

ángulo estimado de inclinación de la guaya con respecto al balde

$$\gamma = 35,18 \text{ grados}$$

**Volante:** En el siguiente diagrama (**Ver figura 77**), se representa una vista lateral del volante y del tambor, donde podemos observar la tensión que ejerce la cuerda y la fuerza que debe realizar el cacaocultor cuando hace girar el volante.

Figura 77. Diagrama de cuerpo libre del tambor.



Fuente: Elaboración Propia

Analizando la condición dinámica en que se ve inmerso el volante tenemos:

Dinámica de cuerpo rígido: suma de momentos en el punto de apoyo del volante

$$F * r_m - T_{carga} * \cos \beta * r_{envolvente} = I * \alpha_{angular}$$

Donde se conocen los siguientes parámetros:

$r_{envolvente} = 0,24$  radio de la circunferencia formada por los tubos que enrollan la cuerda.

$I = 1612 * \frac{1}{10000}$  inercia del volante

$r_m = 0,4$  radio del mango del volante

$\beta = 24$  ángulo estimado de inclinación de la cuerda en el volante

- Para el cálculo de la aceleración angular se estableció el siguiente planteamiento:

Es necesario hallar la cantidad de cuerda que el volante recoge en cada vuelta, para posteriormente establecer el número de vueltas necesarias para envolver completamente los 50 m de la misma.

$$L_{volante} = 2\pi r_{envolvente}$$

$$vueltas = \frac{50}{L_{volante}}$$

$$\theta = vueltas * 2 * \pi$$

La velocidad angular se asumió, para dar una vuelta del tambor en 5 segundos

$$\omega = \frac{2 * \pi}{5}$$

$$\theta = \omega + \alpha_{angular} * t$$

$$t = 120$$

Se estima que la carga tarde en subir 120 segundos

$$L_{volante} = 2\pi r_{envolvente}$$

$$L_{volante} = 1.508 \text{ m}$$

$$vueltas = 33.16$$

$$\alpha_{angular} = 1.726 \text{ rads/s}^2$$

Finalmente podremos obtener F

$$F * r_m - T_{carga} * \cos \beta * r_{envolvente} = I * \alpha_{angular}$$

$$\omega = 117.7 \text{ N}$$

$$T_{carga} = 144 \text{ N}$$

$$F = 79,64 \text{ N}$$

De modo que el usuario habría de aplicar una fuerza  $F$  de elevación de 79,64 N para una  $T$  carga de 144 N, otorgando así una ventaja mecánica de:

$$V_{mecánica} = \frac{T_{carga}}{F}$$

$V_{mecánica} = 1.80$
-----------------------

Lo que quiere decir que la fuerza de entrada suministrada por el usuario es duplicada por el sistema, caso que no ocurre actualmente con el sistema de transporte adicional, en este el peso del balde es transportado por los hombros del campesino sin ventaja mecánica. De esta forma, el proyecto permite reducir el esfuerzo debido a la carga soportada por el campesino cuando se realiza el proceso de cosecha de cacao.

Cuando el transporte se realiza a una distancia que cubre la guaya de 100 metros se obtienen los siguientes resultados:

Componente horizontal de la tensión  $H = 9137.84 N$

Tensión máxima en el punto más alto  $T_{max} = 11150.16 N$

Peso de la carga  $w = 117.6 N$

Ángulo de inclinación de la guaya con respecto al balde

$\gamma = 35,18 \text{ grados}$

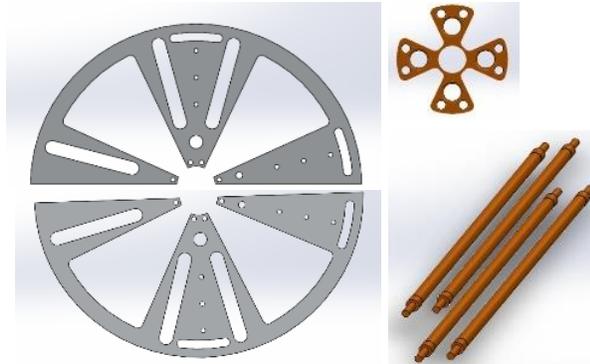
Velocidad angular  $\alpha_{angular} = 3,462 \text{ rads/s}^2$

Fuerza aplicada al volante  $F = 80,34 N$

Ventaja mecánica  $V_{mecánica} = 1.79$

**Tambor:** Para reducir el espacio que ocupaba el tambor al ser desarmado, se pensó en una forma que permitiera guardarlo en partes más pequeñas, por lo tanto, el tambor se divide en dos circunferencias que a su vez se dividen en dos partes las cuales son sostenidas por una cruceta y unidas por cuatro varillas (**Ver figura 78**).

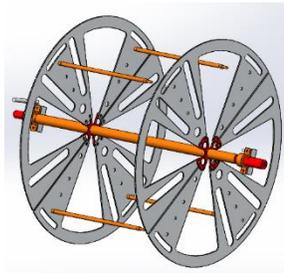
**Figura 78.** Piezas del tambor.



**Fuente:** Elaboración Propia

Las cuatro varillas tienen la opción de ser encajadas en tres orificios (**Ver figura 79**), lo anterior se pensó con el fin de disminuir la cantidad de fuerza que se debe ejercer

**Figura 79.** Ensamble del tambor.

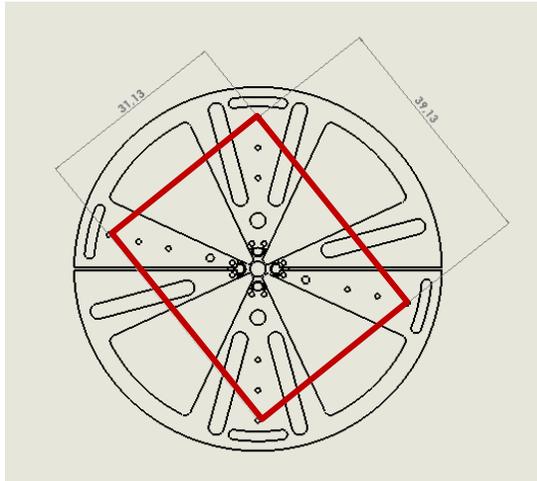


**Fuente:** Elaboración Propia

cuando se gira el volante, aunque si se realiza menos fuerza se deben dar más vueltas al volante.

Para conocer la cantidad de cuerda que se recoge en una vuelta se calculó el perímetro del cuadrado que se forma dentro del tambor (**Ver figura 80**).

**Figura 80.** Perímetro donde se enrolla la cuerda.



Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla (**Ver tabla 15**) se muestra la cantidad de cuerda que se recoge, la cantidad de vueltas para hacer girar el volante y la fuerza que debe hacer el cacaocultor para accionar el volante, si se encajan las varillas en todos los orificios:

**Tabla 15.** Variaciones de perímetros

<b>Orificios</b>	<b>Cantidad de cuerda recogida (m)</b>	<b>Vueltas que debe dar el volante</b>	<b>Fuerza usada para girar el volante (N)</b>	<b>Fuerza usada para girar el volante (Kg-f)</b>
1. orificio externo	1.45 metros	34 vueltas	79.64 N	8.12 kg-f
2. orificio medio	1.12 metros	44 vueltas	60.14 N	6.13 kg-f
3. orificio interno	0.84 metros	59.5 vueltas	44.05 N	4.49 kg-f

## 8.9. ANÁLISIS DE DATOS

**8.9.1 Conclusión de la prueba de esfuerzo y carga soportada por el dispositivo:** Para documentar el peso de las estructuras se realizó un cuadro (**Ver cuadro 1**) con el peso que puede transportar una mujer y el peso que puede transportar un hombre y se agregó el peso de cada estructura. Esto para poder comparar si el peso que tiene la estructura es apto para ser transportado.

**Cuadro 1. Peso de las estructuras del dispositivo (referido en la página 68 de este documento).**

<b>Carga permitida</b>		<b>Peso dispositivo</b>	
Mujer	Hombre	Estructura principal	Estructura secundaria
15 kg	25 kg	18,85 kg	11,37 kg

En relación a lo expuesto anteriormente se puede concluir que la primera estructura es apta para ser transportada por un cacaocultor hombre, puesto que su peso se encuentra en los límites de carga recomendada para un hombre según la guía técnica de INSHT para manipulación manual de cargas. Con respecto a la segunda estructura su peso está dentro del rango permitido en hombres y mujeres. Con base a lo anterior, se recomienda que la estructura principal se ubique en la zona de fermentación y sea fija, mientras que la segunda estructura se traslade a los diferentes puntos de acopio.

**Tiempo de transporte de carga:** Se realizó una tabla (**Ver tabla 16**) para documentar el tiempo que se tarda el dispositivo en subir el balde hasta el final de la pendiente en una distancia de 50 metros.

Tabla 16. Tiempo que sube la carga.

<b>Peso de la carga</b>	<b>Tiempo de subida</b>
10,4 kg	58 Seg
20,8 kg	1 min 20 Seg

En comparación con el transporte tradicional de cacao, se concluyó con base en la estimación de la página 98 que el sistema tiene una ventaja mecánica de 1.8 al momento de subir la carga desde los puntos de acopio hasta la zona de fermentación, es decir una reducción del esfuerzo en el campesino.

También como se observa en la tabla 16 se transportan los baldes de mazorca de cacao en tiempos reducidos inferiores a dos minutos en comparación con la forma tradicional, es decir que este proceso se haría más rápido. Esto debido a que, actualmente el campesino debe caminar con el balde en sus hombros por los senderos de trocha hasta llegar a los puntos de fermentación, desocuparlo y luego regresar a los cultivos para llenar un nuevo balde.

Otra característica, es que subir la mazorca con el sistema propuesto supondría una reducción de los posibles accidentes ocasionados por las condiciones del terreno.

Asimismo, el uso del sistema propuesto reduciría las posturas encontradas en el transporte tradicional, las cuales tenían efectos perjudiciales sobre el sistema musculoesquelético de los cacaocultores.

**Reducción de esfuerzo:** Durante las pruebas de carga soportada por el dispositivo no fue necesario reducir la fuerza que ejercía el usuario en el volante porque el participante manifestó que se encontraba bien. No obstante, si el cacaocultor desea hacer menos esfuerzo tiene la posibilidad de reducir la fuerza que se ejerce al volante, encajando las varillas del tambor en el orificio medio u orificio interno, de esta manera se enrolla en el tambor menos cantidad de cuerda, pero se minimiza

el esfuerzo (**Ver tabla 15**). Es decir, que el dispositivo se adapta al usuario, dependiendo de la cantidad de fuerza que él tenga.

**8.9.2 Conclusión de la prueba tiempo de instalación:** Para documentar el tiempo que el usuario tardó en instalar y desinstalar las estructuras del dispositivo se realizó una tabla (**Ver tabla 17**) donde se agregó el tiempo estimado de armado y desarmado, así como el tiempo que tardó en hacer la tarea de instalación y desinstalación del dispositivo.

**Tabla 17. Tiempo de instalación y desinstalación de las estructuras.**

<b>Estructura</b>	<b>INSTALACIÓN</b>		<b>DESISTALACIÓN</b>	
	Tiempo real con usuario	Tiempo estimado	Tiempo real con usuario	Tiempo estimado
<b>1</b>	40 min 28 seg	30 minutos	20 min 09 seg	18 minutos
<b>2</b>	9 min 47 seg	18 minutos	8 min 21 seg	10 minutos

Teniendo en cuenta la tabla de instalación y desinstalación (**Ver tabla 17**), se concluyó que el tiempo completo de instalación y desinstalación del dispositivo es de 1 hora con 18 minutos y 45 segundos, para un usuario inexperto (usuario que no hubiesen realizado la tarea de instalación y desinstalación anteriormente), no obstante, se planteó desde el inicio que la estructura principal debe armarse entre dos usuarios por lo tanto el tiempo que se tardó el usuario el realizar la instalación de la estructura principal se redujo a la mitad, es decir el tiempo de instalación y desinstalación real fue de 58 minutos con 31 segundos.

Sin embargo, cabe recordar que la estructura principal se ubica en la zona de fermentación la cual no necesita desinstalación. El sistema está concebido para que solo se mueva la estructura secundaria.

Por lo tanto, el tiempo de instalación y desinstalación puede tardar entre 58 minutos con 31 segundos si el usuario desea mover la estructura principal, por el contrario,

si se deja fija, el tiempo que demora el usuario en la tarea de instalación y desinstalación es de 18 minutos con 08 segundos, reduciendo el tiempo en el que el cacaocultor transporte la carga de mazorca.

**8.9.3 Conclusión de la prueba terreno y prueba de equilibrio:** De la prueba de terreno se evidenció que el dispositivo tiende a resbalarse en terrenos secos hacia adelante, por lo tanto, es necesario adicionar a las patas niveladoras del dispositivo unas rosetas que se entierren en la superficie.

En la prueba de equilibrio fue necesario nivelar con el sistema telescópico el lado izquierdo de la estructura (**Ver figura 60**), es decir se disminuyó la altura de este lado, debido a que el dispositivo se instaló en una pendiente, por lo tanto, el mecanismo telescópico cumplió con el objetivo propuesto, es capaz de nivelarse en pendientes y en terrenos que no son uniformes.

**8.9.2 Conclusión de la prueba de seguridad del dispositivo:** Aunque el dispositivo soportó una carga de 20.8 kilogramos, el análisis de resistencia lineal estática, nos muestra que los elementos que están sometidos a mayor esfuerzo en el dispositivo son las guayas que se encuentran tensionadas por las estacas que van enterradas en el suelo, por esta razón es necesario dar mayor resistencia a los anclajes del dispositivo.

Además, se observó que la guaya que une las dos estructuras tiende a pandearse Por el peso de la carga.

Para la documentación de las conclusiones anteriores de la prueba, se realizó una tabla de datos (**Ver tabla 18**) con preguntas dicotómicas, donde SI equivale a (1) y NO equivale a (0), están preguntas están relacionadas con el funcionamiento técnico del dispositivo.

**Tabla 18. Documento de preguntas de funcionamiento técnico.**

Preguntas	SI (1)	NO (0)
-----------	-----------	-----------

¿El dispositivo se mantiene en equilibrio en una superficie plana?	x
¿El dispositivo se mantiene en equilibrio en una superficie montañosa?	x
¿El dispositivo se deslizó en un terreno seco?	x
¿El dispositivo se deslizó en un terreno semihúmedo?	x
¿El sistema de seguridad del volante funciona sin carga?	x
¿Sistema de seguridad del volante funciona con carga?	x

## 8.10. RECOMENDACIONES

Después de la tabulación de los datos se hacen recomendaciones para cada categoría (**Ver cuadro 2**).

**Cuadro 2. Cuadro de recomendaciones.**

Categoría	Recomendación
Peso	Se recomienda subir una carga máxima de 20.8 Kg, ya que, si se sube más de este peso el dispositivo se podría soltar del anclaje y volcar.
	Se recomienda que la estructura principal sea cargada por un hombre ya que el peso de la estructura, se encuentra dentro de los límites permitidos de levantamiento de cargas para un hombre.
	La estructura principal se puede dejar en la zona de fermentación fija ya que todas las cargas de mazorcas llegan a

	ese punto, sin embargo, si el usuario desea mover esta estructura se puede desinstalar y plegar para poder transportarla.
Terreno	Se recomienda un rediseño de las patas niveladores, ya que el dispositivo en terreno seco tiende a deslizarse, se pueden diseñar unas patas que se puedan anclar al suelo.
Seguridad	Se recomienda usar dos estacas en cada estructura, esto es para tener mayor seguridad a que la estructura no se va inclinar hacia el centro, si el usuario sube una carga más pesada de la recomendada.
	Se recomienda utilizar una guaya de diámetro 0.6 cm para que al momento de transportar la carga no se pandee y se choque la carga con los árboles.
Tiempo	Se recomienda realizar un entrenamiento a los cacaocultores para la instalación y desinstalación del dispositivo.

## 11. PRODUCTO FINAL

### 11.1. MODELO FINAL

En la figura (**Ver figura 81**) se muestra en la primera imagen de izquierda a derecha la estructura secundaria, y luego la estructura principal.

Figura 81. Dispositivo final.



Fuente: Elaboración Propia

En la figura (**Ver figura 82**) en orden de izquierda a derecha, la primera fotografía es la estructura secundaria ya armada, las siguientes 3 fotografías hacen referencia a la estructura principal ya armada.

Figura 82. Dispositivo instalado.



Fuente: Elaboración Propia

En la figura (**Ver figura 83**) se encuentra el dispositivo desarmado, la primera fotografía de izquierda a derecha pertenece a la estructura secundaria y la siguiente fotografía a la estructura principal.

**Figura 83. Dispositivo desarmado.**



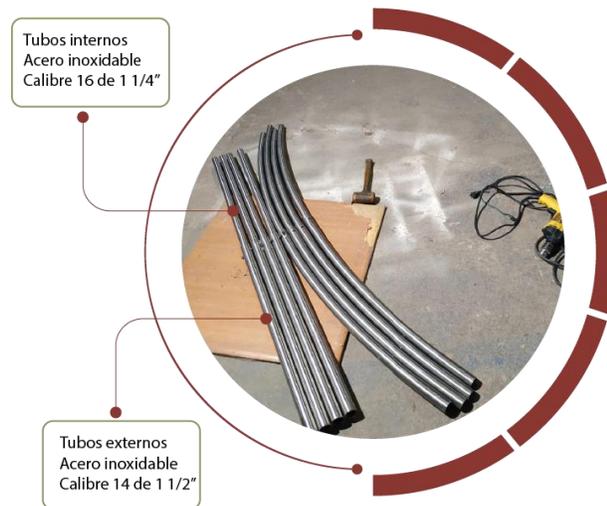
Fuente: Elaboración Propia

## 11.2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Para el proceso de construcción primero se definió el grosor de los tubos de la estructura, buscando tubos en acero inoxidable que encajaran uno en el otro y que fueran resistentes y que tuvieran menor espesor para disminuir la cantidad de peso.

En cada una de las estructuras hay cuatro tubos rectos en la parte de adelante que funcionan como tubos telescópicos; uno de menor diámetro que encaja dentro del otro. Además, hay cuatro tubos curvos en la parte trasera, para dar la curva a los tubos se realizaron dos dobleces a dos tubos externos y dos dobleces a los tubos internos (**ver figura 84**).

**Figura 84. Tubos de acero inoxidable.**



**Fuente: Elaboración Propia**

En el segundo paso de fabricación, se adhirió un tubo de acero inoxidable en las bisagras para conseguir la unión con los tubos externos y así lograr que las patas delanteras y traseras del dispositivo se puedan plegar **(ver figura 85)**.

También se realizaron agujeros en los centros de las bisagras, para así encajar el tubo central **(ver figura 85)**.

**Figura 85 Modificaciones de bisagras.**



**Fuente: Elaboración Propia**

Después se colocaron los soportes de las cuatro patas de las estructuras (**ver figura 86**) y se colocaron dos chumaceras con rodamientos en los palos curvos para evitar fricción cuando gire el eje del volante-tambor que se encuentra a una altura de 113 cm.

**Figura 86. Chumacera.**



**Fuente: Elaboración Propia**

Después se colocaron unos soportes en la parte delantera y trasera para dar más fuerza a la estructura (**ver figura 87**).

**Figura 87. Soportes de la estructura.**



**Fuente: Elaboración Propia**

Luego se colocaron las patas niveladoras a las dos estructuras (**ver figura 88**).

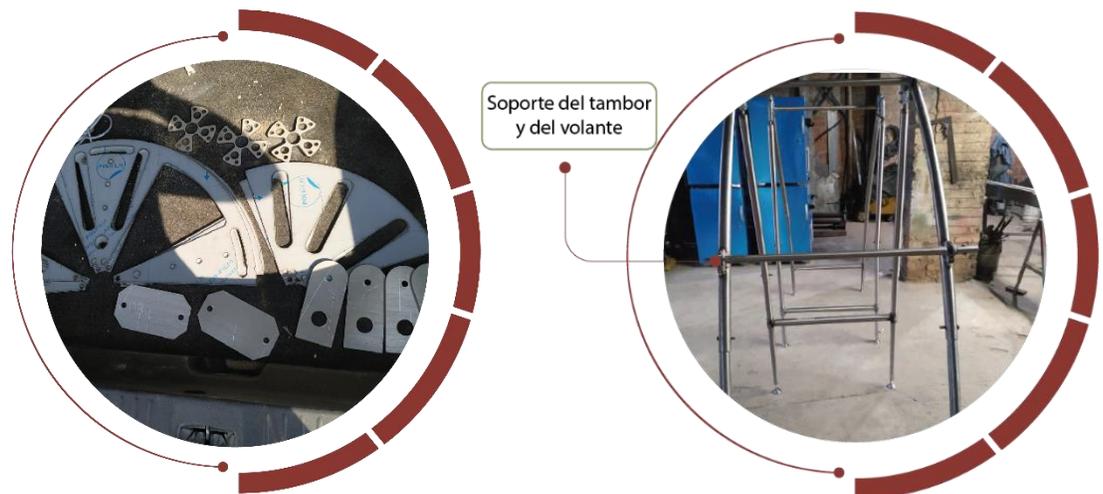
**Figura 88. Patas niveladoras.**



Fuente: Elaboración Propia

Después se realizó un corte a laser de las partes del volante, del tambor (**ver figura 89**) y se instaló el eje del volante-tambor (**ver figura 89**).

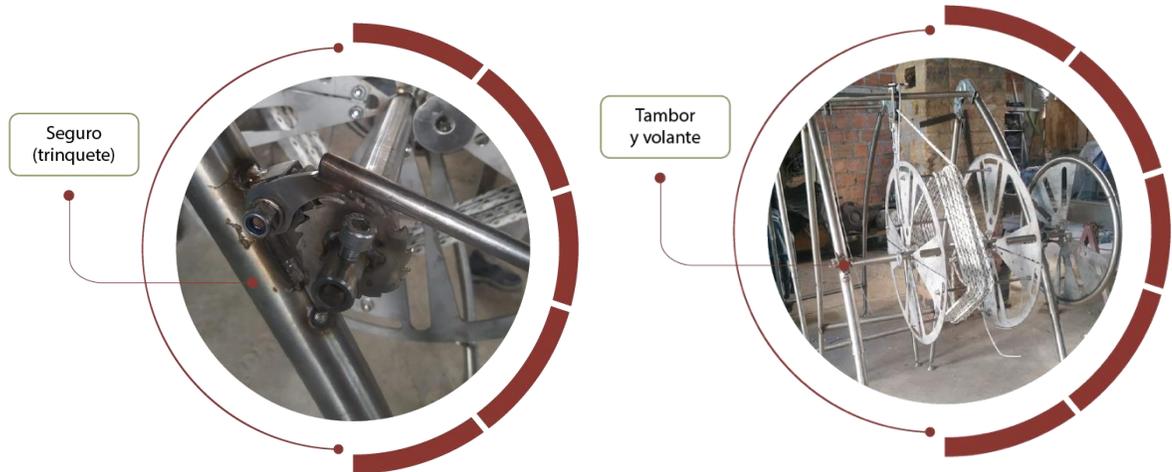
**Figura 89. Partes del volante.**



Fuente: Elaboración Propia

Por último, se soldó el trinquete (ver figura 90), se ensamblaron todas las partes y se sujetó la cuerda al tambor (ver figura 90).

Figura 92. Trinquete y estructura final.



Fuente: Elaboración Propia

## 12. CONCLUSIONES

Este trabajo de grado buscaba resolver a la pregunta de diseño ¿De qué manera se podría facilitar el transporte de la cacota más la baba de cacao desde la zona de cosecha hasta el punto de fermentación, reduciendo el esfuerzo debido a la carga soportada por el campesino?, con base a lo anterior se pudo deducir que la fuerza de entrada suministrada por el usuario es duplicada por el sistema. Por un lado, la carga de la mazorca cosechada es soportada por el sistema diseñado desde la zona de cosecha hasta la zona de fermentación, esto facilita el transporte ayudando a subir todo el fruto de cacao (cacota, baba y lixiviado) aprovechando la cacota para la producción de biomasa y el lixiviado para la producción de fertilizante. Además, no se generarían desperdicios alrededor de los árboles y evitaría que se infecten de hongos como la moniliasis, propendiendo para que el árbol produzca mejores frutos. Actualmente, el peso del balde es transportado por los hombros del campesino sin ventaja mecánica, y el proceso de desengrullado (extracción de la baba) se realiza en la zona de cosecha provocando que los árboles se infecten al arrojar la cacota al suelo. Asimismo, el proceso de fermentación comienza desde que se extrae la baba del cacao y esto hace que el fruto disminuya la calidad. Por tanto, el proyecto permite reducir el esfuerzo debido a la carga soportada por el campesino y contribuye a mejorar el proceso de cosecha de cacao actual.

Con los datos obtenidos en las pruebas de funcionamiento técnico, se puede evidenciar que el peso del dispositivo primario es apto para que lo transporte un hombre, ya que el límite de levantamiento de carga recomendado es de 25 Kg según la guía técnica de INSHT para manipulación manual de cargas. No obstante, se recomienda que dicha estructura se ubique en la zona de fermentación y sea fija, mientras que la segunda estructura se traslade a los diferentes puntos de acopio. Por otro lado, se sugiere que se transporte un máximo de 20.8 kg por carga en un tiempo de 1 minuto y medio. Ahora bien, esto quiere decir que el dispositivo transporta un 60% más de carga en comparación con el sistema tradicional de

transporte de cacao, que actualmente se hace a partir de baldes sobre el hombro del cacaocultor.

Por último, los datos obtenidos de la categoría de terreno se concluyen que el dispositivo se sostiene en una pendiente de 70% equivalente a 35°, no obstante, se recomienda agregar un anclaje adicional al tubo conector de las estructuras y un sistema de anclaje a las patas niveladoras y así procurar que las estructuras no se inclinen hacia el centro. En el análisis de resistencia lineal estática, se evidencia que los elementos que están sometidos a mayor esfuerzo en el dispositivo son las guayas que se encuentran tensionadas por la estaca que va enterradas en el suelo, por esta razón se recomienda usar una guaya de 0.6 cm y así aumentar la resistencia en ese punto.

En conclusión, el trabajo de grado cumplió con su objetivo general ya que la propuesta permite mejorar el transporte de mazorca en las actividades de cosecha de cacao en economías de escala familiar, desde los puntos de recolección hasta las zonas de fermentación, reduciendo el esfuerzo que el cacaocultor realiza en dicha actividad.

## BIBLIOGRAFÍA

AGRORURAL. Caja de herramientas para el manejo del cultivo: Herramientas para la cosecha y la post cosecha [en línea].2016. [Consultado:2019]. Disponible en: <http://www.sierrayselvaalta.gob.pe/wp-content/uploads/2016/10/Caja-de-Herramientas-Cacao.pdf>. (s.f.).

(2019). Salario en Colombia.

AGRORURAL. (s.f.). CAJA DE HERRAMIENTAS PARA EL MANEJO DEL CULTIVO. Obtenido de HERRAMIENTAS PARA LA COSECHA Y LA POST COSECHA: <http://www.sierrayselvaalta.gob.pe/wp-content/uploads/2016/10/Caja-de-Herramientas-Cacao.pdf>

AGROSAVIA. (05 de 06 de 2017). Sistemas agroforestales: opción para la adaptación y mitigación del cambio climático en la cacao cultura del Caribe colombiano. Obtenido de CACAO MOTILONIA: <http://www.corpoica.org.co/noticias/generales/cacao-motilonia/>

Alcaldía Municipal de Betulia Santander. (2004 - 2009). Esquema de Ordenamiento Territorial Betulia Santander 2004 - 2009. Obtenido de 2. COMPONENTE FISICBIOTICO: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot-betulia-santander-2004-2009-diagn%C3%B3stico-componente%20f%C3%ADsico%20bi%C3%B3tico-\(65%20p%C3%A1g%20-%20513%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot-betulia-santander-2004-2009-diagn%C3%B3stico-componente%20f%C3%ADsico%20bi%C3%B3tico-(65%20p%C3%A1g%20-%20513%20kb).pdf)

Alcaldía Municipal de Betulia Santander. (2009). Esquema de Ordenamiento Territorial Betulia Santander. Obtenido de COMPONENTE SOCIAL: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot-betulia-santander-2004-2009-diagn%C3%B3stico-componente%20social-\(33%20p%C3%A1g%20-%20240%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot-betulia-santander-2004-2009-diagn%C3%B3stico-componente%20social-(33%20p%C3%A1g%20-%20240%20kb).pdf)

ALCALDÍA MUNICIPAL DE BETULIA SANTANDER. Esquema de Ordenamiento Territorial Betulia Santander 2004 – 2009: 2. COMPONENTE FISICBIOTICO [en

línea]. [Consultado: 2019]. Disponible en: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot-betulia-santand>. (s.f.).

BAENA, Luz Marina y GARCÍA CARDONA, Natalia Andrea. Obtención y caracterización de fibra a partir de cascarilla de las semillas tostadas de thobroma cacao L. De una industria chocolatera colombiana. [en línea]. Químico Industrial. Pereira: Institución. Un. (s.f.).

CMC RESCUE, I. T., & <http://www.alturas.pe/wp-content/uploads/2015/05/Arizona-Vortex-Manual-de-Usuario.pdf>, [1]. (s.f.).

COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 2844 (16, Agosto 2007). Por la cual se adoptan las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia. [en línea]. En: Bogotá, D. C: El Ministro.2007. 2 p. [Consultado: 2019]. D. (s.f.).

Comisiones obreras de austrias. (2008). LESIONES MÚSCULO- ESQUELÉTICAS DE ORIGEN LABORAL. Obtenido de <http://tusaludnoestaennomina.com/wp-content/uploads/2014/06/Lesiones-musculoesquel%C3%A9ticas-de-origen-laboral.pdf>

COMISIONES OBRERAS DE AUSTRIAS. Lesiones músculo- esqueléticas de origen laboral: VII Reconocimiento de las lesiones músculo esqueléticas como enfermedad profesional. [En línea]. 2008. [Consultado: 2019]. p. 42-44. Disponible en: <http://tusaludnoestaenno>. (s.f.).

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. Sistemas agroforestales: opción para la adaptación y mitigación del cambio climático en el cacao cultura del Caribe colombiano. En: AGROSAVIA. [En línea]. 05 de Junio de 2017. [Consultado: 2019]. Disp. (s.f.).

EL FRENTE [en línea]. 16 de mayo de 2016. [Consultado: 2019]. Disponible en <https://www.elfrente.com.co/web/index.php?ecsmodule=frmstasection&ida=58&idb=107&idc=2804>. (s.f.).

End, M.J. and Dand, R., Editors. Chocolate and Cocoa Industry Quality Requirements. En: CAOBISCO/ECA/FCC. [En línea]. Septiembre 2015. [Consultado: 2019]. p. 12. Disponible en: <http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao%20en%20Grano%20Requisitos%20de%20Calidad>. (s.f.).

FAOSTAT. (18 de Enero de 2019). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de CULTIVOS: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

FRENTE. (16 de Mayo de 2016). Economía-local. Obtenido de Sede de Fedecacao abre este martes en Rionegro: <http://m.elfrente.com.co/index.php?ecsmodule=frmstasection&ida=58&idb=107&idc=2804>

Gerencie. ¿Cuál es la jornada laboral máxima en el sector agrícola? [en línea]. 25 Enero 2018. [Consultado:2019]. Disponible en: <https://www.gerencie.com/cual-es-la-jornada-laboral-maxima-en-el-sector-agricola.html>. (s.f.).

Gerencie.com. (25 de Enero de 2018). ¿Cuál es la jornada laboral máxima en el sector agrícola? Obtenido de <https://www.gerencie.com/cual-es-la-jornada-laboral-maxima-en-el-sector-agricola.html>

KONG S.P.A.: Stelvio - Tornos, p. y.-K., & <https://www.kong.it/es/2-productos/items/f27-tornospoleasytriacutepodes/p125-stelvio>, [ 1. (s.f.).

Laurig y Vedder, Wolfgang y Joachim. Ergonomía. En: Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. [en línea]. Agustín de Bethencourt, 11 28003 Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones, 1998. parte. IV, ca. (s.f.).

LUZ MARINA BAENA, N. A. (2012). OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FIBRA DIETARÍA A PARTIR DE OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FIBRA DIETARÍA A PARTIR DE. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3036/66392B139.pdf;jsessionid=858CCAD8F4C2BB5FAAC37D10B431A186?sequence=1>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (Enero de 2018). CADENA DE CACAO Indicadores e Instrumentos. Obtenido de Área, producción y rendimiento: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202018%20Enero%20Cacao.pdf>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cadena de cacao: Indicadores e instrumentos” [En línea]. Enero de 2018. [Consultado: 2019]. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/2018-09-30%20Cifras%20Sectoriales.p>. (s.f.).

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Asma Ocupacional (GATISO-ASMA). [En línea]. Bogotá, D. C., Agosto de 2008 [Consultado 2019]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/ri>. (s.f.).

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. [sitio web] FAOSTAT. Cultivos. [Consultados: 2019] Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. (s.f.).

PRODUCTOS AGRI-NOVA Science. (s.f.). EL CULTIVO DEL CACAO. Obtenido de <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao.htm>

PRODUCTOS AGRI-NOVA Science. El cultivo del cacao: Exigencias en clima y suelo [en línea]. [Consultado: 2019] Disponible en: <https://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao.htm>. (s.f.).

REVISTA CENICAFÉ 62(2): 100-110. 2011. Sistema de malacate y vagón para transporte de café en cereza en condiciones de alta pendiente [sitio web]. Manizales, C. C., & <https://www.cenicafe.o>, [ 1. (s.f.).

Ruiz, Laura. Manipulación manual de cargas guía técnica del INSHT. Peso de la carga [en línea]. Madrid. P. 12. (s.f.).

SALARIO MÍNIMO COLOMBIA. Salario mínimo 2019 mensual en Colombia [en línea]. Lugar de publicación: Editor. 2016-2019. [Consultado:2019]. Disponible en: <https://www.salariominimocolombia.net/2019>. (s.f.).