

**HERRAMIENTA DE CORTE DE FLORES QUE AUMENTA EL NÚMERO DE
SEGADOS POR CADA GESTO DE APREHENSIÓN**

**DIEGO ALEJANDRO AFANADOR SILVA
LAURA MARCELA MUNIVE TERÁN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2017

**HERRAMIENTA DE CORTE DE FLORES QUE AUMENTA EL NÚMERO DE
SEGADOS POR CADA GESTO DE APREHENSIÓN.**

**DIEGO ALEJANDRO AFANADOR SILVA
LAURA MARCELA MUNIVE TERÁN**

Trabajo de Grado para optar al título de Diseñador Industrial

Directora:

**MARÍA FERNANDA MARADEI GARCÍA
Doctora en Ingeniería Línea Ergonomía**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2017

*A Dios.
A nuestros padres y hermanos por apoyarnos
en la búsqueda de nuestros sueños.*

AGRADECIMIENTO

Yo, Diego Alejandro, agradezco infinitamente a mis Padres y a mi Hermano, esas personas que no sólo han sido mi apoyo incondicional, sino que también me han permitido aprender más de la vida a su lado. El amor, la confianza, la comprensión y cada uno de los innumerables esfuerzos que depositaron en mí durante esta etapa a pesar de la distancia fueron y seguirán siendo la mayor de mis motivaciones. A Laura Marcela quiero agradecerle enormemente por creer en mí como estudiante y como amigo en todo momento. Este proyecto junto a ella ha sido una de las experiencias más enriquecedoras y satisfactorias de mi vida. Es uno de los muchos logros que nos esperan.

Yo, Laura Marcela, Agradezco a mi familia, porque desde sus roles han sido un ejemplo de amor, disciplina y constancia. Gracias a mis hermanos, Álvaro y Natalie por inspirarme a dar lo mejor de mí, gracias a mi papa, Álvaro por su amor; y gracias en especial a mi mamá Caridad Terán por mostrarme con su ejemplo y amor, que todo es posible si se trabaja por ello. Agradezco a aquellas personas que desde la distancia fueron un apoyo invaluable. Y a mi amigo y colega Diego Alejandro, por su valiosa amistad y respaldo en esta etapa universitaria, porque sea el primero de muchos logros juntos.

Agradecemos a todos nuestros amigos y compañeros porque con su cariño y apoyo hicieron de nuestra vida universitaria un recorrido de vivencias que nunca olvidaremos.

Agradecemos a nuestra directora de proyecto María Fernanda Maradei por su entera confianza y por sus enseñanzas, las cuales nos hicieron crecer como personas y como futuros profesionales.

Finalmente, agradecemos a la EDIUIS por abrirnos sus puertas y habernos permitido formarnos en ella.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
2. JUSTIFICACIÓN.....	24
3. OBJETIVOS.....	26
3.1 OBJETIVO GENERAL	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
4. ALCANCES.....	27
5. MARCO TEÓRICO	28
5.1 REVISIÓN SOBRE LOS FACTORES DE RIESGO EN EL CORTE DE FLORES.	31
5.2 CONCLUSIONES SOBRE LOS FACTORES DE RIESGO EN EL CORTE DE FLORES.	36
5.3 ASPECTOS SOBRE EL DISEÑO DE HERRAMIENTAS MANUALES.....	37
6. ESTADO DEL ARTE.....	39
6.1 REVISIÓN TECNOLÓGICA.....	39
6.2 CONCLUSIONES SOBRE LA REVISIÓN TECNOLÓGICA.	50
6.3 REVISIÓN COMERCIAL DE LO EXISTENTE.	50
6.4 CONCLUSIONES SOBRE LA REVISIÓN COMERCIAL DE LO EXISTENTE.	53
6.5. REVISIÓN DE SISTEMAS Y MECANISMOS PARA EL CORTE.	54
6.6. CONCLUSIONES SOBRE Revisión de sistemas y mecanismos para el corte.	55
6.7 OBSERVACIÓN DE CAMPO.....	56
6.8 CONCLUSIONES DE LA OBSERVACIÓN DE CAMPO.....	63
7. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	65

8. DEFINICION DE LA IDEA DE PROYECTO.....	68
8.1. BRAINSTORMING.....	68
8.2. DESCOMPOSICIÓN DEL PROBLEMA.....	69
8.3. EXPLORACIÓN SISTEMÁTICA.	71
8.4. INTERACCION USUARIO- PRODUCTO.	81
9. DESARROLLO Y VERIFICACION.....	83
9.1. DESARROLLO DEL MECANISMO.	83
9.1.1 Alternativas de mecanismos	83
9.1.2 Evaluación de alternativas de mecanismos.	85
9.1.3 Mecanismo seleccionado.....	92
9.2 DESARROLLO ERGONÓMIICO.	92
9.3 PROPUESTA DE LA HERRAMIENTA	97
9.3.1 Prueba de evaluación de la alternativa de mecanismo seleccionado.	99
9.3.2 Prueba de verificación 1: agarre.	103
10. PROTOTIPO FUNCIONAL.	108
10.1 DISEÑO DE DETALLE.	108
10.1.1. Método DFA (Design for Assembly) de Lucas,	112
10.1.2 Análisis del ciclo de vida por la matriz MED.....	114
10.2 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	116
10.2.1 Modelado 3D.....	116
10.2.2 Análisis por el método de elementos finitos (Fem, Finite Elements Method)	117
10.2.3 Prototipo funcional.	119
10.3 EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.	120
10.3.1 Prueba de verificación 2: Fuerza.	120
10.3.2 Prueba de validación: Test de usabilidad.....	124
10.3.3 Propuesta de mejora.....	132
10.4 PROPUESTA FINAL.....	134
11. DESARROLLO TÉCNICO-PRODUCTIVO.	137
11.1 MATERIALES Y PROCESOS.....	137

11.2 COSTOS.....	141
11.2.1 Caracterización	142
11.2.2 Costo neto y utilidad	145
11.3 PLANOS TÉCNICOS.....	146
12. CONCLUSIONES.....	147
13. RECOMENDACIONES.....	149
BIBLIOGRAFÍA.....	150
ANEXOS.....	158

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Hallazgos relacionados con la postura de la muñeca al usar herramientas de corte manuales en cultivos de flores en la sabana de Bogotá.	40
Figura 2. Hallazgos relacionados con la percepción de esfuerzo en el uso de tijeras manuales de corte en cultivos de flores en la sabana de Bogotá.....	41
Figura 3. Conclusiones generales del uso de herramientas manuales de corte en cultivos de flores en la sabana de Bogotá.	42
Figura 4. Herramienta ergonómica enfocada al sector floricultor en registro de patente No. 160923.	44
Figura 5. Herramienta ergonómica cortadora de flores.....	44
Figura 6. Herramienta de corte de flores y frutos. Patente No. US 2013/0219722A1.....	45
Figura 7. Podadora para cortar la vegetación. Patente No. US 2003/0167640 A1.	46
Figura 8. Herramienta de corte: Retrieving Sehears. Patente No. US 2007/0157473 A1.....	47
Figura 9. Herramienta de corte con cuchillas circulares con acción de retención. Patente No. US5461784.	47
Figura 10. Tijeras, especialmente tijeras de mano para jardín o rama. Patente No. EP20010113343.	48
Figura 11. Tijeras de podar motorizada. Patente No. KR20150021029A.	49
Figura 12. Herramienta para podar Classic GARDENA.....	50
Figura 13. Tijeras Profesionales 3CL 307M 21.	51
Figura 14. Tijera Profesional Tramontina.....	52
Figura 15. Podadora Vinion.	52

Figura 16. <i>Podadora Koala</i>	53
Figura 17. Clasificación de tijeras según el tipo de corte.	54
Figura 18. Descripción de otros mecanismos a usarse en herramientas manuales.	56
Figura 19. Mapa de la ubicación y de sus instalaciones.	57
Figura 20. Porcentaje de trabajadores empresa	58
Figura 21. Visita al cultivo de claveles. Visita 7 de abril de 2017.	58
Figura 22. Estrategias puestas en marcha por la empresa para mitigar la aparición de desórdenes musculo esqueléticos.	59
Figura 23. Relación de los porcentajes de trabajadores que presentan una enfermedad de tipo ocupacional.	60
Figura 24. Postura del usuario al realizar el corte de flores. Visita 7 de abril de 2017.	60
Figura 25. Número de flores cortadas por hora de trabajo en la empresa Flores Aurora.	61
Figura 26. Tipos de tijeras utilizadas en el cultivo Flores Aurora.	62
Figura 27. Trabajadoras del Cultivo Aurora. Visita 7 de abril de 2017.	63
Figura 28. Actividad Brainstorming realizada el 28 de abril de 2017	69
Figura 29. Árbol de clasificación para los conceptos del sub problema “Energía.”	71
Figura 30. Árbol de clasificación para los conceptos del subproblema “Cortar más de una flor con un solo gesto.”	73
Figura 31. Tabla de combinación de conceptos sub problemas “Energía” y “Cortar más de una flor con un solo gesto.”	75
Figura 32. Alternativas de Mecanismos.	76
Figura 33. Árbol de clasificación para los conceptos del subproblema “Ergonomía (Agarre).”	77
Figura 34. Árbol de clasificación para los conceptos del sub problema “Aspecto Formal – estético.”	80
Figura 35. Interacción Usuario- Objeto.	82
Figura 36. Alternativa de mecanismo 'A.....	83

Figura 37. Alternativa de mecanismo 'B'.....	84
Figura 38. Alternativa de mecanismo 'C'.....	85
Figura 39. Ejemplo del ciclo de uso de una de las alternativas de mecanismo para la Herramienta manual.....	87
Figura 40. Participantes realizando evaluación de las 3 alternativas de mecanismo para la herramienta.....	88
Figura 41. Resultados - Prueba de evaluación de alternativas de mecanismos. Parte 1.	89
Figura 42. Resultados - Prueba de evaluación de alternativas de mecanismos. Parte 2.	90
Figura 43. Conclusiones - Prueba de evaluación de alternativas de mecanismos.	91
Figura 44. Rediseño del mecanismo seleccionado.....	92
Figura 45. Distancia de agarre óptimo para elementos de diseño de agarre de fuerza.....	94
Figura 46. Forma de agarre de fuerza.	96
Figura 47. Diseño del agarre.....	97
Figura 48. Modificaciones al mecanismo seleccionado.	98
Figura 49. Trabajadores del sector floricultor realizando evaluación de la alternativa del mecanismo.	100
Figura 50. Resultados - Prueba de evaluación de mecanismo seleccionado.	101
Figura 51. Conclusiones - Prueba de evaluación de mecanismo seleccionado. .	102
Figura 52. Participantes prueba de verificación 1: Agarre.	104
Figura 53. Resultados - Prueba de verificación: Agarre.....	106
Figura 54. Conclusiones - Prueba de verificación: Agarre.	107
Figura 55. Arquitectura propuesta para la herramienta.....	109
Figura 56. Vista explosionada de la herramienta propuesta.	111
Figura 57. Ciclo de vida del producto.....	114
Figura 58. Matriz MET del producto.....	116
Figura 59. Render de la herramienta propuesta.	117
Figura 60. Análisis Estático - Pieza Carcaza	118

Figura 61. Factor de seguridad - Pieza Carcaza.....	118
Figura 62. Prototipo Funcional Herramienta de Corte.....	119
Figura 63. Participantes prueba de verificación 2: Fuerza.	121
Figura 64. Resultados - Prueba de Verificación: Esfuerzo.....	122
Figura 65. Conclusiones - Prueba de Verificación: Esfuerzo.	123
Figura 66. Participantes prueba de Validación- Flores Aurora. 12 de octubre 2017.	126
Figura 67. Resultados - Prueba de Validación. Parte 1.	127
Figura 68. Resultados - Prueba de validación. Parte 2.....	128
Figura 69. Resultados - Prueba de validación. Parte 3.....	129
Figura 70. Resultados - Prueba de Validación. Parte 4.	130
Figura 71. Resultados - Prueba de Validación. Parte 5	131
Figura 72. Rediseño Carcasa.	132
Figura 73. Vistas de detalle de la herramienta de corte.....	133
Figura 74. Propuesta de mecanismo de retroceso.	134
Figura 75. Propuesta Final.....	135
Figura 76. Logo y Nombre de la Herramienta.....	136
Figura 77. Procesos - Piezas metálicas.....	138
Figura 78. Procesos - Piezas poliméricas.....	138
Figura 79. Procesos - Recubrimientos en silicona.....	139

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Trastornos de trauma acumulativo según la zona afectada.....	28
Tabla 2. Patologías Por Movimientos Repetitivos.....	29
Tabla 3. Distribución porcentual de la población diagnosticada con STC de acuerdo con la exposición de los factores de riesgo encontrados y su criticidad en cada una de las actividades del proceso de cultivo de flor.	32
Tabla 4. Requerimientos de Diseño.....	65
Tabla 5. Diagrama funcional de una herramienta de corte de flores que surge de una descomposición funcional.	70
Tabla 6. Tipos de Agarre de Abarcar.....	79
Tabla 7. Evaluación de las alternativas de mecanismos.....	85
Tabla 8. Medidas antropométricas agarre oblicuo.	94
Tabla 9. Medidas antropométricas de la mano - Antropometría laboral en empresas del sector floricultor masculino.	95
Tabla 10. Evaluación de la alternativa de mecanismo seleccionado	99
Tabla 11. Prueba de verificación 1: Agarre.....	103
Tabla 12. Rango de movimiento de la muñeca.....	105
Tabla 13. Clasificación de componentes.	112
Tabla 14. Análisis de Manipulación y de Ajuste.....	113
Tabla 15. Prueba de verificación 2: Fuerza	120
Tabla 16. Prueba de validación.....	124
Tabla 17. <i>Propiedades del PC/ABS</i>	140
Tabla 18. Propiedades del Acero Inoxidable 410.....	141
Tabla 19. Propiedades del Acero Inoxidable 340.....	141
Tabla 20. Descripción costos de manufactura	142

Tabla 21. Costo total de la herramienta propuesta.145

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Registro fotográfico observación de campo realizada el 7 de abril del 2017.....	158
ANEXO B. Registro fotográfico Actividad de Brainstorming realizada el 28 de abril de 2017.....	159
ANEXO C. Modelos funcionales de las alternativas de mecanismos.	160
ANEXO D. Autoreporte de la Prueba de evaluación de alternativas de mecanismos.....	161
ANEXO F. Registro fotográfico de la prueba de evaluación de la alternativa del mecanismo seleccionado.....	165
ANEXO G. Datos de la Prueba de Verificación 1: Agarre.....	166
ANEXO H. Registro fotográfico de la Prueba de Verificación 1: Agarre.	167
ANEXO I. Datos de la Prueba de Verificación 2: Fuerza	168
ANEXO J. Registro fotográfico de la Prueba de Verificación 2: Fuerza	169
ANEXO K. Autoreporte de la Prueba de Validación.....	170
ANEXO L. Registro Prueba de Validación en Flores Aurora, Octubre 7 de 017..	172
ANEXO M. Planos técnicos.	173

RESUMEN

TITULO: HERRAMIENTA DE CORTE DE FLORES QUE AUMENTA EL NÚMERO DE SEGADOS POR CADA GESTO DE APREHENSIÓN.*

AUTORES: DIEGO ALEJANDRO AFANADOR SILVA
LAURA MARCELA MUNIVE TERÁN**

PALABRAS CLAVE: Síndrome Del Conducto Carpiano; Ergonomía; Herramienta De Corte Manual; Floricultura; Salud Ocupacional; Clavel.

DESCRIPCIÓN:

Con este proyecto se buscó mejorar las condiciones laborales al realizar la tarea de corte de flores mediante el diseño de un prototipo funcional de una herramienta para el corte de flores que permita aumentar el número de segados por cada gesto de aprehensión, con el propósito de mitigar riesgo por repetición y en consecuencia reducir la probabilidad de aparición de diferentes patologías como el SCC. El diseño de la herramienta parte del plantear una descomposición del problema en cuatro arboles de clasificación o subproblemas para abordar de forma más detallada los aspectos que involucran el desarrollo de la herramienta; a) energía, b) cortar más de una flor con un gesto de aprehensión, c) ergonomía y d) aspecto formal estético. Con base en los dos primeros se realizó un minucioso estudio acerca de los tipos de mecanismos ya existentes para desarrollar posibles propuestas y así poder seleccionar la más indicada para incorporarse al diseño de la herramienta. De forma continua también se intervino la idea del proyecto con los otros dos aspectos; ergonomía y aspecto formal estético. Posterior a esto, se realizaron las pruebas de verificación en cuanto esfuerzo y agarre para hacer una rectificación funcional y técnica. Paso seguido se realizó la debida prueba de validación en un cultivo de flores con relación a un test de usabilidad para evaluar la herramienta en términos de eficiencia, eficacia y satisfacción en comparación a la herramienta convencional.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Directora: María Fernanda Maradei García, Doctora en Ingeniería Línea Ergonómica

ABSTRACT.

TITLE: CUT FLOWER TOOL THAT INCREASES THE NUMBER OF CUTS BY EACH GESTURE OF APPREHENSION.*

AUTHORS: DIEGO ALEJANDRO AFANADOR SILVA, LAURA MARCELA MUNIVE TERÁN**

KEYWORDS: CARPAL TUNNEL SYNDROME; ERGONOMICS; MANUAL CUTTING TOOL; FLORICULTURE; OCCUPATIONAL HEALTH, CARNATION.

DESCRIPTION:

The aim of this project was to improve working conditions by doing the flower cutting activity through the design of a functional prototype of a flower cutting tool that allows increasing the number of cuts for each gesture of apprehension, with the purpose of to mitigate risk by repetition and consequently to reduce the probability of occurrence of different pathologies like SCC. The design of the tool starts from the proposal of a decomposition of the problem in four classification trees or subproblems to approach in more detail the aspects that involve the development of the tool; a) energy, b) cut more than one flower with a gesture of apprehension, c) ergonomics and d) formal aesthetic aspect. With the first two, a detailed study was made of the types of existing mechanisms to develop possible proposals and to be able to select the most suitable to incorporate it into the design of the tool. The proposed mechanism of the project was continuously involved with the other two aspects; ergonomics and aesthetic formal aspect. Subsequent to this, the verification tests were carried out in terms of effort and grip to make a functional and technical rectification. Then, the validation test was developed in a flower culture in relation to a usability test to evaluate the tool in terms of efficiency, effectiveness and satisfaction compared to the conventional tool.

* Degree work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Industrial Design. Director: María Fernanda Maradei García, PhD in Engineering Ergonomic Line

INTRODUCCIÓN

Los comienzos del sector floricultor colombiano son recientes, ubicados según Marta Quirós, a finales de la década de los años sesenta y comienzos de los setenta, momento en el cual se vio en la floricultura una buena oportunidad de inversión y un futuro prometedor, convirtiéndolo en una de las llamadas agriculturas comerciales modernas, por ser un importante generador de empleo y de divisas. Este panorama ha mejorado con el paso del tiempo, ubicando actualmente a la floricultura colombiana en el segundo puesto entre los productos agrícolas de exportación y en el primer puesto a los productos no tradicionales¹. Sin embargo, existe la tarea de fortalecer la competitividad del sector, no sólo en la participación de nuevos mercados, sino en el desarrollo y sostenibilidad de la alta productividad y calidad que caracterizan a este sector que cada día demanda más el comercio internacional. Siendo de vital importancia el desarrollo de nuevas tecnologías y herramientas que aumenten la productividad sin sobrexponer y debilitar las empresas y las condiciones laborales del recurso humano.

Se plantea el presente proyecto con el que se busca mejorar las condiciones laborales de los trabajadores que realizan la tarea de corte de flores, a través el diseño de una herramienta de corte que permita aumentar el número de segados por cada gesto de aprehensión, con el propósito de mitigar el factor de riesgo por repetición mediante la caracterización de los factores posturales, de fuerza y de repetición más adecuados para realizar un gesto de aprehensión a partir de estudios científicos existentes y el análisis de los diferentes sistemas de segados existentes, que sirvan como guía para el desarrollo de una nueva propuesta de herramienta. Así, se puede diseñar un prototipo funcional de herramienta de corte de flores que mitigue el riesgo por repetición.

¹ QUIRÓS, M. La Floricultura en Colombia en el marco de la globalización: aproximaciones hacia un análisis micro y macroeconómico. Universidad EAFIT, 59-68. 2011

Por ello, se evaluará la propuesta de herramienta para el corte de flores comparándola con una herramienta presente en el mercado, en términos de postura de la muñeca, fuerza ejercida por la mano y número de segados por gestos de aprehensión para comprobar que lo propuesto es aplicable a la industria.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las exportaciones agrícolas no tradicionales, el sector floricultor ocupa el segundo puesto al nivel nacional, según Asocolflores², con más de 300 cultivos ubicados en la Sabana de Bogotá, Cundinamarca, Antioquia y la región Centro Occidente del país. Según Informes del Desempeño del Sector Floricultor del 2016 de la Delegatura de Asuntos Económicos y Contables de la Superintendencia de Sociedades, 194 empresas del sector registraron un crecimiento patrimonial significativo, donde Colombia representó el 17% de la exportación mundial de flores y el segundo exportador a nivel mundial en el 2015³.

Asimismo, este importante sector para la economía de Colombia es uno de los más afectados por la alta ocurrencia de enfermedades músculo-esqueléticas entre sus trabajadores, donde prevalecen justamente síntomas asociados a enfermedades como el síndrome del conducto carpiano (SCC). El segundo informe de enfermedad profesional en Colombia 2003 – 2005 del Ministerio de la Protección Social, demuestran que la floricultura es la actividad más afectada por esta patología con el 32.6%. Además, el 27% de las enfermedades laborales reportadas son debidas al SCC, siendo esta la primera causa de morbilidad profesional⁴.

Para el caso específico del proceso de corte, el SCC se da en esta actividad debido a que se presentan 3 factores de riesgo: postura, fuerza y repetición. Las dos primeras ya han sido abordadas en otros proyectos referenciados en el marco

² ASOCOLFLORES. Asocolflores. 26 de Octubre de 2016. Obtenido de <http://www.asocolflores.org>. [Último acceso: 21 de Octubre de 2016].

³ SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES. Informe del Desempeño del Sector Floricultor. Bogotá: Delegatura de Asuntos Económicos y Contables, Grupo de Estudios Económicos y Financieros. 2016

⁴ MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Guía técnica de vigilancia epidemiológica en prevención de desórdenes musculoesqueléticas en trabajadores en Colombia. Bogotá. 2008

teórico. Sin embargo, según Bernard⁵, la evidencia más fuerte de asociación con la aparición del SCC es del factor repetición (actuando solo) o la combinación de los otros 3. Los movimientos repetitivos en el sector floricultor colombiano, compuesto mayoritariamente por mujeres adultas, según Piñeda⁶, se observa en el corte de flores, en la siembra con el dedo, en el esqueje, en el banco de cosecha; sin embargo, la mayor demanda se hace en el corte de flores. Esto se evidencia por la cantidad de flores que debe cortar el trabajador diariamente, a quien se le exigen una cantidad mínima de flores al día. Por otro lado, el estudio realizado por Aldo Piñeda, reafirma la importancia de encontrar soluciones a esta problemática y hasta el momento no hay tecnología que sustituya las tijeras y el tipo de tareas realizadas.

Con base en lo anterior, este proyecto busca diseñar una herramienta que mitigue el riesgo por repetición, manteniendo los límites adecuados de postura y de fuerza, ya estudiados por el grupo de investigación GEPS, cuando se realiza el gesto de aprehensión.

PREGUNTA DE DISEÑO

¿En la herramienta de corte de flores propuesta, en cuánto se aumenta el número de segados por cada gesto de aprehensión en comparación con la herramienta tradicional?

⁵ BERNARD, B. Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. 1997

⁶ PIÑEDA, G. El túnel carpiano: Riesgo ergonómico en trabajadoras de cultivo de flores. Rev. Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información. 15-24. 2014

2. JUSTIFICACIÓN

El Ministerio de la Protección Social, desde el 2005, considera al síndrome del conducto carpiano como la primera causa de morbilidad profesional, la cual pasó de representar el 27% de todos los diagnósticos de enfermedades profesionales en el 2001, al 32% en el 2005 presentando una tendencia al incremento⁷. Además, esta patología se asocia a altos costos en cuanto a atención médica (entre días de incapacidad, cirugías e indemnización), haciendo que le cuesta al país alrededor de cinco billones de pesos al año.

En algunos casos el SCC obliga al trabajador a ser intervenido quirúrgicamente, a incapacitarse por muchos días y en casos extremos lo obliga a retirarse del trabajo debido al deterioro completo de las manos. Por lo tanto, estudios relacionados con las condiciones laborales, así como los medios y acciones requeridas para mejorar dichas condiciones, deben ser una prioridad. Igualmente, la creación de nuevos empleos basados en una producción en línea con tareas repetitivas, con un mercado como el sector floricultor que está en aumento y que cada año tiene estándares más altos de producción, exige a las empresas y al estado una atención en especial.

A partir de esto, se busca afrontar dicha problemática para mejorarla por medio de del planteamiento de un nuevo sistema de segado que permita mejorar el diseño de la tarea de corte, teniendo en cuenta que la postura y la fuerza ya han sido estudiadas por diferentes autores. Asimismo, el grupo GEPS ha solicitado una patente con relación a una herramienta que mitiga el factor postural y de fuerza, se espera que la variable principal del diseño de la herramienta de corte propuesta sea la repetición, debido a que a pesar de ser uno de los factores más

⁷ MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Guía de atención integral basada en la evidencia para desórdenes musculoesqueléticos (DME) relaciones con movimientos repetitivos en miembros superiores (GATI-DME). Bogotá. 2006. ISBN 978-958-98067-4-6. Bogotá. 2006

importantes, no existen muchas soluciones contemplen la optimización de la frecuencia de corte. Sin embargo, se mantendrán controlados los otros factores de fuerza y carga. Con base en esto, se buscó diseñar una herramienta de corte para flores que aumente el número de cortes y a su vez minimice la repetición de los gestos de aprehensión, aumentando la producción sin comprometer la salud del trabajador.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una herramienta para el corte de flores que permita aumentar el número de segados por cada gesto de aprehensión, con el propósito de mitigar el factor de riesgo por repetición.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los factores posturales, de fuerza y repetición más adecuadas para realizar un gesto de aprehensión a partir de estudios científicos existentes.
- Analizar los diferentes sistemas de segados existentes, que sirvan como guía para el desarrollo de una nueva propuesta de herramienta de corte de flores.
- Diseñar un modelo funcional de herramienta de corte de flores que mitigue el riesgo por repetición.
- Evaluar la propuesta de herramienta para el corte de flores comparándola con una herramienta presente en el mercado, en términos de postura de la muñeca, fuerza ejercida por la mano y número de segados por gesto de aprehensión.

4. ALCANCES

La presente investigación tiene por objeto el diseño de una herramienta para el corte de flores que permita aumentar el número de segados por cada gesto de aprehensión, dirigida especialmente a mujeres que desempeñan esta labor en el sector floricultor, elaborada en materiales aproximados a los planteados, con la evidencia del proceso de investigación, diseño y validación. Se espera reducir el riesgo asociado a la repetición cuando se realiza el gesto de aprehensión necesario para el corte de flores.

5. MARCO TEÓRICO

El síndrome del conducto carpiano (SCC), es la enfermedad profesional que se diagnostica con mayor frecuencia en el país (822 casos en el 2007) en el ámbito laboral colombiano; 3 de cada 4 consultas por dicha enfermedad están relacionadas con mujeres y tienen como causa operaciones manuales altamente repetitivas. En los cultivos de flores existe un gran riesgo por carga física relacionado especialmente con las actividades de corte, esto debido a la gran cantidad de tallos que puede llegar a cortar una operaria en un solo día (de 12.000 a 19.000).⁸

El SCC como otras patologías, son parte de un grupo de enfermedades conocidas como trastornos de trauma acumulativo (TTA)⁹. De esta forma, en la literatura se puede encontrar un número importante de patologías derivadas de la exposición a movimientos repetitivos, como se muestra en la siguiente clasificación según la zona afectada (tabla 1) y en la tabla 2:

Tabla 1. Trastornos de trauma acumulativo según la zona afectada.

EN MANO Y MUÑECA	<ul style="list-style-type: none">• Tendinitis.• Tenosinovitis.• Síndrome del túnel carpiano.• Síndrome del canal de Guyon.
EN BRAZO Y CODO	<ul style="list-style-type: none">• Epitrocleítis.• Síndrome del cubital.• Síndrome del túnel radial.• Tenosinovitis del extensor largo 1º dedo.
EN HOMBROS	<ul style="list-style-type: none">• Tendinitis del manguito de rotadores.

⁸ EL TIEMPO. Crecen enfermedades profesionales. 2004. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1500126>

⁹ GEOSALUD. Salud ocupacional. Obtenido de <http://www.geosalud.com/salud-ocupacional/Ergonomial.htm>

Tabla 2. Patologías Por Movimientos Repetitivos.

TENDINOSAS		
TENDINITIS.		<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzos repetitivos con la muñeca en extensión o flexión o en desviación cubital.
TENOSINOVITIS.		<ul style="list-style-type: none"> • Trabajos manuales. • Empujar con muñeca en extensión y desviación radial o en supinación. • Maniobras de presión con la palma, estando la muñeca en flexión o extensión. • Torsión rápida de la muñeca.
DEDO EN GATILLO.		<ul style="list-style-type: none"> • Flexo extensión forzada de falanges.
TENOSINOVITIS DE QUERVAIN.		<ul style="list-style-type: none"> • Combinar agarres fuertes con giros o desviaciones cubitales y radiales repetidas de la mano.
EPITROCLEITIS.		<ul style="list-style-type: none"> • Movimientos de impacto o sacudidas, supinación o Pronación repetida del brazo y movimientos de flexo extensión forzados de la muñeca.
TENDINITIS BICIPITAL.		<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzos repetitivos con la muñeca en extensión o flexión o en desviación cubita.
SÍNDROME DE MANGUITO ROTADOR.		<ul style="list-style-type: none"> • Es una fuente común de dolor en el hombro. El dolor puede ser el resultado de: <ul style="list-style-type: none"> - Tendinitis: Los tendones del manguito rotador pueden sufrir irritación o daño. - Bursitis: La bolsa puede inflamarse e hincharse con más líquido, causando dolor. - Compresión: Cuando usted levanta su brazo a la altura del hombro, se reduce el espacio entre el acromion y el manguito rotador. El acromion puede frotar contra (o "comprimir") el tendón y la bolsa, causando irritación y dolor.
TENOSINOVITIS DEL EXTENSOR LARGO 1º DEDO.		<ul style="list-style-type: none"> • Originado por movimientos rotatorios repetidos del brazo.
COMPRESIÓN NERVIOSA.		
SÍNDROME CARPIANO.	TÚNEL	<ul style="list-style-type: none"> • Flexión o extensión repetida de la muñeca. • Torsión repetida de la muñeca. • Desviación radial o cubital. • Esfuerzos repetitivos de la muñeca en posturas forzadas. • Maniobras de presión con la palma o con los dedos. • Pronación-supinación de mano.
SÍNDROME TÚNEL DE GUYON.		<ul style="list-style-type: none"> • Flexión y extensión prolongada de la muñeca y por presión repetida en la base de la palma de la mano.
SÍNDROME DEL RADIAL.		<ul style="list-style-type: none"> • Pronación-supinación de mano
SÍNDROME DEL CUBITAL.		<ul style="list-style-type: none"> • Flexión y extensión de codo

Fuente: (Great American Insurance Group)

El TTA ha sido abordado por diferentes autores, según Viikari, el SCC se define como “*La tenosinovitis de los tendones flexores de la cara palmar de la muñeca, puede producir el atrapamiento del nervio mediano en su trayecto a través de la muñeca, dando lugar al síndrome del túnel del carpo*”¹⁰. Otra definición útil para este trabajo es la de Silverstein, Fine y Armstrong: “*La repetición frecuente de movimientos en el trabajo y las demandas elevadas de fuerza en la mano son poderosos factores de riesgo, sobre todo cuando se dan conjuntamente*”.¹¹. Con base en la información recopilada por este proyecto, se establece que las lesiones asociadas a los trabajos con actividades repetitivas son resultado de la exposición a tres factores predominantes: la fuerza, la repetitividad y la postura. Las dos primeras se relacionan de tal manera, que al combinar la alta repetitividad con fuerzas elevadas pueden ampliar el riesgo¹². Para el caso de la postura, según ¹³ los datos médicos y los experimentales indican que las posturas extremas aumentan el riesgo de lesiones.

La revisión realizada también encontró que, las lesiones provocadas por un movimiento repetitivo son lesiones que ocurren debido al exceso de esfuerzo sobre una parte del cuerpo, el resultado es una leve inflamación (dolor e hinchazón) en la zona, que desemboca en sistemas musculares lesionados o daños en los tejidos¹⁴. En consecuencia, existen diferentes patologías relacionadas con el MER (movimientos y esfuerzos repetitivos). Estos inciden de forma predominante sobre los miembros superiores afectando comúnmente tendones, músculos y los nervios del hombro, antebrazo, muñeca y mano¹⁵. Por

¹⁰ RIIHIMÄKI, H., & VIKARI, E. Sistema musculo esquelético, antebrazo, muñeca y mano. En Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo (pág. Capítulo 6). Madrid: Ministerio de trabajo y asuntos sociales. 1999

¹¹ Ibid.

¹² UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALÉNCIA. Instrucción operativa - ergonomía 01: Manipulación manual de cargas.

¹³ CILVETI, S., & IDOATE, V. Movimientos repetidos de miembro superior. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo. 2000

¹⁴ LUTTMAN, A., & GRIEFAHN, B. Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el lugar de trabajo. Organización Mundial de la Salud. 2004

¹⁵ CILVETI, & IDOATE, Op. Cit.

tanto, cabe aclarar que en este proyecto se considera que el trabajo repetitivo por el miembro superior es producto de una prolongada ejecución de ciclos de trabajo parecidos; donde cada ciclo se asemeja al siguiente en una secuencia temporal, con respecto a un estándar de fuerzas y a las características gestuales del movimiento.¹⁶

5.1 REVISIÓN SOBRE LOS FACTORES DE RIESGO EN EL CORTE DE FLORES.

En el ámbito científico existen investigaciones como la de Bernard (1997), que resaltan una estrecha relación entre las lesiones musculoesqueléticas a causa de diversos factores, entre ellos los movimientos repetitivos, los cuales se dan de manera continua durante un determinado trabajo e implican al mismo conjunto osteomuscular provocando fatiga muscular, dolor y por último lesión. En el corte de flores, se presenta el uso de la tijera de forma repetitiva; el usuario debe cortar un tallo leñoso puede ser de medio centímetro hasta casi dos. Se sabe que estos movimientos repetitivos, crean dolencias como el síndrome del túnel del Carpio, síndrome de manguito rotador y epicondilitis entre otros desordenes musculoesqueléticos.¹⁷ Basado en un estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia, la mayoría de los casos diagnosticado con el SCC en actividades laborales evidencian que los principales factores de riesgo son los movimientos repetitivos, fuerza, posturas forzadas de los miembros superiores por un largo tiempo y un alto ritmo de trabajo.

¹⁶ *Ibíd.*

¹⁷ GEOSALUD. Salud ocupacional. 2016. Obtenido de <http://www.geosalud.com/salud-ocupacional/Ergonomial.htm>

Específicamente se encuentra que las actividades desarrolladas involucran en el proceso de cultivo y/o pos cosecha, movimientos de agarre que demandan contracciones enérgicas de los flexores de dedos y manos. Asimismo, en todas las labores de trabajo del sector floricultor, la repetitividad exige la flexo extensión de dedos y manos¹⁸. En este estudio también se encontró que la carga física de trabajo de tipo estática es uno de los factores determinantes; el mantenimiento de flexión de dedos, flexión o extensión de muñecas y flexión de codos por periodos prolongados en una misma postura. En la tabla 3, se observa que el factor de riesgo definido como repetitividad de movimientos de miembro superior derecho es el segundo más crítico, el cual está relacionado con tareas de corte y poda.

Tabla 3. Distribución porcentual de la población diagnosticada con STC de acuerdo con la exposición de los factores de riesgo encontrados y su criticidad en cada una de las actividades del proceso de cultivo de flor.

ÁREA	FASE DEL PROCESO	CONDICIONES DE TRABAJO (PUNTUACIÓN SEGÚN CHECK LIST DEL MÉTODO OCRA)																NIVEL DE RIESGO (OCRA)	INTERPRETACIÓN DEL RIESGO (OCRA)			
		EXPUUESTOS														ORGANIZACIÓN						
		CARGA DINÁMICA							CARGA ESTÁTICA													
		N.	%	VIBRACIÓN	TEMPERATURAS EXTREMAS	MOVIMIENTOS REPETITIVOS (ACCIONES TÉCNICAS REALIZADAS POR MINUTO)	AGARRE CON FUERZA EJERCIDA CON LAS MANOS)	POSTURA DE HOMBROS (POSICIONAMIENTO DE HOMBROS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO)	POSTURA DE CODOS (POSICIONAMIENTO DE CODOS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO)	POSTURA DE MUÑECAS (POSICIONAMIENTO DE MUÑECAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO)	POSTURA DE MANOS (POSICIONAMIENTO DE MANOS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO)	FALTA DE AUTONOMÍA EN EL RITMO DE TRABAJO			MSD	MSI	MSD			MSI		
CULTIVO (PRODUCCIÓN)	ENMALLE ROSA	14	34,1	AUSENTE	AUSENTE	2	2	AUSENTE	12	12	4	4	4	4	4	4	4	3	28	28	ALTO	ALTO
	PODA MINI ROSA	8	19,5	AUSENTE	AUSENTE	4,5	0	24	12	12	8	4	4	4	4	4	4	5	37,5	33	ALTO	ALTO
	CORTE DE ASTROMIELLA	2	4,9	AUSENTE	AUSENTE	2	4,5	8	2	1	8	2	4	4	8	8	3	26,3	28,5	ALTO	ALTO	
	SELECCIÓN DE ASTROMIELLA	2	4,9	AUSENTE	AUSENTE	8	4	4	1	1	4	2	2	2	4	4	3	21,3	17,8	MEDIO	MEDIO	
	CORTE DE CLAVEL	15	36,6	AUSENTE	AUSENTE	2,5	0	6	2	2	2	2	4	4	4	4	3	13,3	11,7	LEVE*	LEVE*	
	DESBOTONE DE CLAVEL	15	36,6	AUSENTE	AUSENTE	6	4	AUSENTE	1	1	2	2	2	2	8	8	3	9,1	10,4	MUY LEVE*	MUY LEVE*	
	DESHIERBE DE CLAVEL	15	36,6	AUSENTE	AUSENTE	3	3	8	1	1	2	2	4	4	8	8	AUSENTE	14,3	14,3	MEDIO*	MEDIO*	
POS-COSECHA	BONCHON DE ROSA	10	24,4	AUSENTE	AUSENTE	4	3	4	12	6	4	2	4	4	8	8	4	37,9	38,8	ALTO	ALTO	
	CLASIFICACIÓN DE CLAVEL	8	19,5	AUSENTE	AUSENTE	2	2	32	1	1	4	4	4	4	4	4	4	22,8	23	ALTO	ALTO	

N: 41.
MSD: MIEMBRO SUPERIOR DERECHO.
MSI: MIEMBRO SUPERIOR IZQUIERDO.
* Sólo se permite un tiempo de exposición máximo de 2 horas realizando esta actividad, posteriormente el trabajador debe realizar otra, rotar. Esto puede influir en la calificación del riesgo.

Fuente: HERNÁNDEZ, A., & WILDER y ORJUELA, M. E. Factores Laborales y extralaborales de floricultores con Síndrome del Túnel del Carpo. Medicina y seguridad del trabajo. 2016

¹⁸ HERNÁNDEZ, A., & WILDER y ORJUELA, M. E. Factores Laborales y extralaborales de floricultores con Síndrome del Túnel del Carpo. Medicina y seguridad del trabajo. 2016

Es importante destacar que la repetición de estos movimientos puede causar otras patologías como la inflamación de otros tejidos blandos, como la vaina sinovial. Asimismo, Mattioli¹⁹ encontró un alto riesgo en la combinación de factores de riesgo biomecánicos como repetitividad y fuerza sostenida, con un mayor riesgo por alta repetitividad y larga flexión y extensión de muñeca sustancialmente cuando es acompañada de agarres fuertes.

Palmer (2007) resalta de forma concluyente que la utilización prolongada de herramientas o instrumentos manuales vibrantes duplican excesivamente el riesgo de contraer dicha patología. También, se han podido encontrar que los riesgos están asociados a la flexión y extensión de la muñeca, durante largos ciclos en un régimen altamente repetitivo y sobre todo cuando el movimiento va seguido de una fuerza prensil²⁰.

Con base en la revisión realizada, se identifica que, para el desarrollo del diseño de una herramienta de corte de flores, es esencial mitigar el factor repetición y mantener controlados los factores postura y fuerza. Al analizar cada factor de riesgo, se tiene que la carga física se divide en dos tipos de trabajo muscular, que son: el estático y el dinámico. El trabajo muscular estático se exterioriza a través de las posturas mantenidas que toma el trabajador durante una actividad y el dinámico representa el esfuerzo muscular y el manejo de cargas (Fundación Mapfre, 2001). Asimismo, el factor de riesgo por requerimiento de fuerza es en síntesis la tensión que generan los músculos cuando la persona realiza un esfuerzo para desempeñar una tarea. Por último, el riesgo aumenta en actividades repetitivas con tiempos de descanso insuficientes y sobre todo si dicho esfuerzo es de tipo estático (Ministerio de la Protección Social, 2007).

¹⁹ MATTIOLI, S. Risk Factors for Operated Carpal Tunnel Syndrome: a Multicenter Population-Based case-Control Study. *BMC Public Health*, 343-357. 2009

²⁰ ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Documento de información técnica sobre las enfermedades que plantean problemas para su posible inclusión en la lista de enfermedades profesionales que figura como anexo de la recomendación sobre la lista de enfermedades profesionales. Ginebra. 2004

Igualmente, la literatura sugiere que la postura ideal del antebrazo a tener en cuenta en el diseño de una herramienta para realizar la tarea de corte de flores es la pronación, debido a que el esfuerzo necesario para realizar dicha tarea es menor²¹, además se indica realizar el corte a una altura baja de flor, es decir con el brazo con una flexión de 45°. Sin embargo, la altura del corte no influye en la fuerza generada en el gesto de aprehensión.

Con relación a la repetitividad, según la Organización Mundial de la Salud²² el trabajo repetitivo se determina por la frecuencia (número de veces), el grado de esfuerzo, rapidez, velocidad, posición, movimientos reforzados y periodos de descanso insuficiente de la actividad o tarea realizada. A partir de esto, una de las definiciones de repetitividad más aceptadas según investigadores, es la de Silverstein²³, la cual considera como trabajo repetitivo a las actividades cuyo ciclo de realización sea inferior a 30 segundos o aquellos trabajos en los que se repitan los mismos movimientos elementales durante más de un 50% de la duración del ciclo. Igualmente existen otros criterios que parametrizan el número de movimientos con relación al tiempo y al esfuerzo:

- Cuando se realizan entre 7.600 y 12.000 movimientos que requieran fuerza por un periodo de un día.^{24, 25}
- Cuando se producen 1.500 movimientos de la muñeca en una hora ²⁶
- El método OCRA refiere a movimientos de brazos no muy rápidos (30 acciones/minuto), movimientos de brazos moderados y constantes (31-39

²¹ MARADEI GARCÍA, M. F., & DELGADO GAMBOA, A. C. Influencia de la postura durante el corte de flores en la fuerza de aprehensión. 2012

²² ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2004. Obtenido de <http://www.who.int/whr/2004/annex/esp/>.

²³ SILVERSTEIN BA, F. L. Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. 1986

²⁴ CILVETI, & IDOATE, Op. Cit.

²⁵ PIÑEDA, Op. Cit.

²⁶ *Ibíd.*

acciones/minuto) y movimientos de brazos rápidos y constante (40 o más acciones/minuto)²⁷.

- El Método RULA penaliza por igual aquellas acciones que se repitan 4 o más veces por minutos o aquellas posturas estáticas que duran más de 1 minuto.²⁸

Basados en el documento de Mapfre (2001), el trabajo repetitivo se ejecuta habitualmente con las partes distales de las extremidades superiores (muñeca, mano y dedos), mientras que el hombro y el brazo se realiza un trabajo más estático. Además, se debe tener en cuenta que los trabajos repetitivos (ciclo menor de 30 segundos) y una fuerza alta asociada (> de 4 kilogramos), presentan acontecimientos relacionado directamente con lesiones músculo-esqueléticas, 15 veces superiores a las que se presentan asociadas a trabajos con repetitividad y fuerzas bajas.

Respecto al género de los trabajadores que realizan labores de corte de flores, se ha encontrado que hay una prevalencia del SCC en trabajadores del sexo femenino, debido a que hay una preferencia de los empleadores por contratar a mujeres²⁹. En este sentido, los estudios demográficos muestran que efectivamente la mayoría de la población trabajadora en este sector son mujeres con educación básica primaria, casadas o que viven en unión libre y con más de 2 hijos. Ubicadas en un rango de edades entre los 28 a 54 años.³⁰

Por otra parte, con relación a las demandas de trabajo en el sector de la floricultura, hay más números de casos de patologías músculo esqueléticas según Morillo³¹, en el proceso de pos cosecha, ya que existe una gran asociación entre

²⁷ ASEPEYO. Mutua de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la seguridad social. 2008.

²⁸ *Ibíd.*

²⁹ *Ibíd.*

³⁰ HERNÁNDEZ, & WILDER y ORJUELA, 2016. Op. Cit.

³¹ MORILLO ROBLE, M. d. Incidencia de Tendinitis de muñeca de una florícola de Tabacundo: Determinación de su asociación con el uso repetitivo de herramientas manuales por largos periodos de tiempo. Quito. 201

las herramientas manuales utilizadas en dicha etapa como lo son la pinza-grapadora y las tijeras, y la tarea repetitiva por largos periodos de tiempo.

En este sentido, un estudio realizado por Barrero³² con apoyo de Asocolflores en empresas productoras de rosa en Cundinamarca y Antioquia, encontró que en la operación de corte de flores se realizan ciclos entre 4,2 y 8,4 cortes por minuto, y entre 9,4 y 12,6 movimientos por minuto en tareas de clasificación y boncheo, respectivamente. Aunque estos ciclos no fueron tomados en períodos de demanda de producción pico, se consideran repetitivos, pero menores a los ciclos observados en otras operaciones industriales altamente repetitivas. También existen posturas extremas, principalmente de pronosupinación 30° pronación -39° supinación, específicamente durante las tareas de corte de rosas. Los requerimientos de aplicación de fuerza de la operación de corte con frecuencia son elevados en relación con otras tareas industriales consideradas como demandantes, con promedios de activación de músculos del antebrazo entre el 3,6 y 24% de la fuerza máxima de contracción voluntaria (%MVC), afectando principalmente los músculos que ayudan con la generación de movimientos de extensión y desviación ulnar de la mano.³³

5.2 CONCLUSIONES SOBRE LOS FACTORES DE RIESGO EN EL CORTE DE FLORES.

Una vez estudiado los aspectos ergonómicos involucrados en el proyecto, se concluye que se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

³² CACERES, F. G., CABALLERO, C., & BARRERO. Hand anthropometry of the Colombian floriculture workers of the Bogotá Plateau. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2012

³³ *Ibíd.*

- El riesgo por fuerza aumenta si dicho esfuerzo es de tipo estático y en actividades repetitivas con tiempos de descanso insuficientes.
- La postura que debe tomar el usuario al agarrar la herramienta es pronación, conjuntamente se indica realizar el corte a una altura baja de flor, es decir con el brazo con una flexión de 45°.
- El ciclo de realización debe ser inferior a 30 segundos y los movimientos elementales no se deben repetir más de un 50% de la duración del ciclo.
- Los niveles de frecuencia de repetitividad deben encontrarse por debajo 4 repeticiones por minuto.
- El proceso de pos cosecha es donde más se dan casos de SCC por el factor repetición.
- La población más afectada es el sexo femenino debido a demandas propias del trabajo y no por sus características fisiológicas. Por tanto, no se debe desvincular del proyecto a los trabajadores masculinos.

5.3 ASPECTOS SOBRE EL DISEÑO DE HERRAMIENTAS MANUALES.

A partir de una revisión realizada sobre consideraciones y lineamiento para el diseño de herramientas no energizadas de uso manual, en especial para herramientas de dos mangos para actividades de fuerza, se ha llegado a las siguientes conclusiones. Con base en las consideraciones de Acevedo, recopiladas en el documento en línea *Ergonomía de las herramientas de la mano*³⁴, se tiene que para el desarrollo de una herramienta manual ergonómica se resaltan los siguientes aspectos:

³⁴ ACEVEDO, M. Ergonomia. 17 de Abril de 2016. Obtenido de http://www.ergonomia.cl/eee/Inicio/Entradas/2016/4/17_Ergonomia_de_las_herramientas_de_mano.html

- a) Para un agarre fácil una geometría ligeramente contorneada, con el fin de tener una posición cómoda de la mano.
- b) Debe haber una desviación mínima de la muñeca, para ello la dirección de la fuerza en dirección horizontal debe estar en línea con el antebrazo y la muñeca³⁵.
- c) Respecto a la fuerza de aprehensión, teniendo en cuenta que esta depende de la fuerza aplicada y el grado de apertura de la mano, a fin de obtener la fuerza máxima la distancia entre los mangos abiertos debe ser de 50-60mm para mujeres y 55-65mm para hombre³⁶.
- d) Con relación al acoplamiento, para agarres de fuerza en mangos cilíndricos, debe tener una longitud entre 100 – 150mm³⁷, un diámetro de empuñadura de 30 a 50mm, además con estar recubierto con materiales antideslizantes y no conductores.
- e) Por último³⁸ aconseja diseñar una herramienta que pueda ser usada por cualquier mano, al ser la mano predominante la más fuerte, diestra y rápida.

³⁵ UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y EDUCACIÓN DEL SERVICIO DE CONSULTA DE CAL/OSHA. Ergonomía Fácil: Una guía para la selección de herramientas de mano no-energizadas. Cincinnati: Departamento de Relaciones Industrial y el Insitituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional. 2004

³⁶ FRANSSON, C., & WINKEL, J. Hand strength: The influence of grip span and grip type. 1991

³⁷ INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Herramientas manuales: criterios ergonómicos y de seguridad para su selección. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). 2016

³⁸ CHAROENCHAI, N. Non-powered hand tools design, selection and use to alleviate.

6. ESTADO DEL ARTE.

6.1 REVISIÓN TECNOLÓGICA.

Con el fin de prevenir el SCC, en el campo de diseño se ha intentado de manera continua, dar mejoras a las condiciones laborales del trabajador ofreciendo mejores herramientas y tecnologías.

En la revisión realizada se identifican algunas pautas de diseño elaboradas por diferentes autores. Un proyecto realizado bajo la modalidad de proyecto de grado por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito³⁹, realiza una revisión sobre el tema, donde se enuncian pautas de diseño de herramientas manuales usadas por mujeres que realizan el corte en cultivos de flores en la sabana de Bogotá. La síntesis de los hallazgos se encuentra en las figuras 1,2 y 3.

³⁹ SUAREZ GIL, Y. A. Caracterización de pautas de diseño de herramientas manuales usadas por mujeres que realizan el corte de rosas en cultivos de flores en la sabana de Bogotá. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. 2015

Figura 1. Hallazgos relacionados con la postura de la muñeca al usar herramientas de corte manuales en cultivos de flores en la sabana de Bogotá.

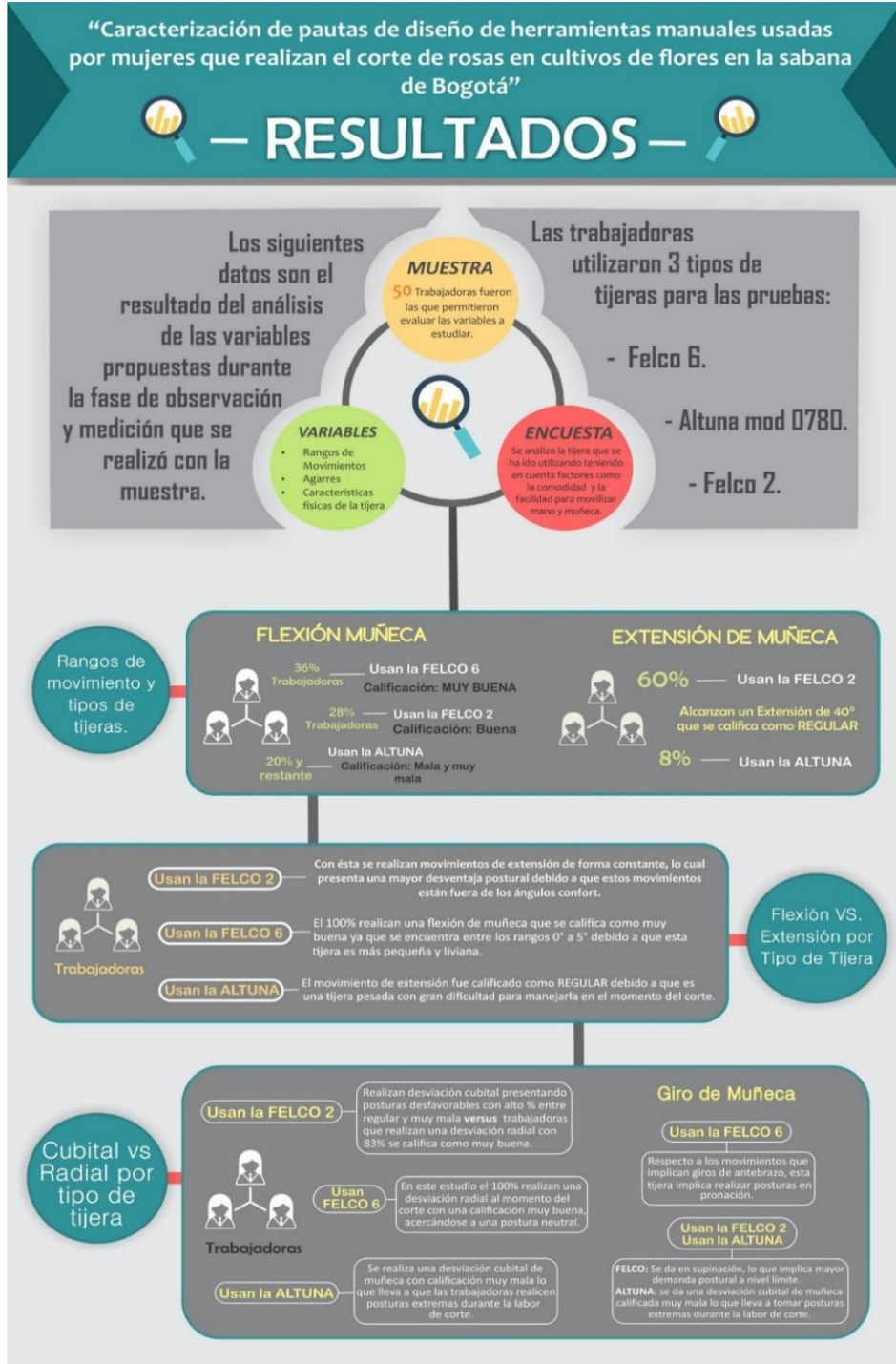


Figura 2. Hallazgos relacionados con la percepción de esfuerzo en el uso de tijeras manuales de corte en cultivos de flores en la sabana de Bogotá.

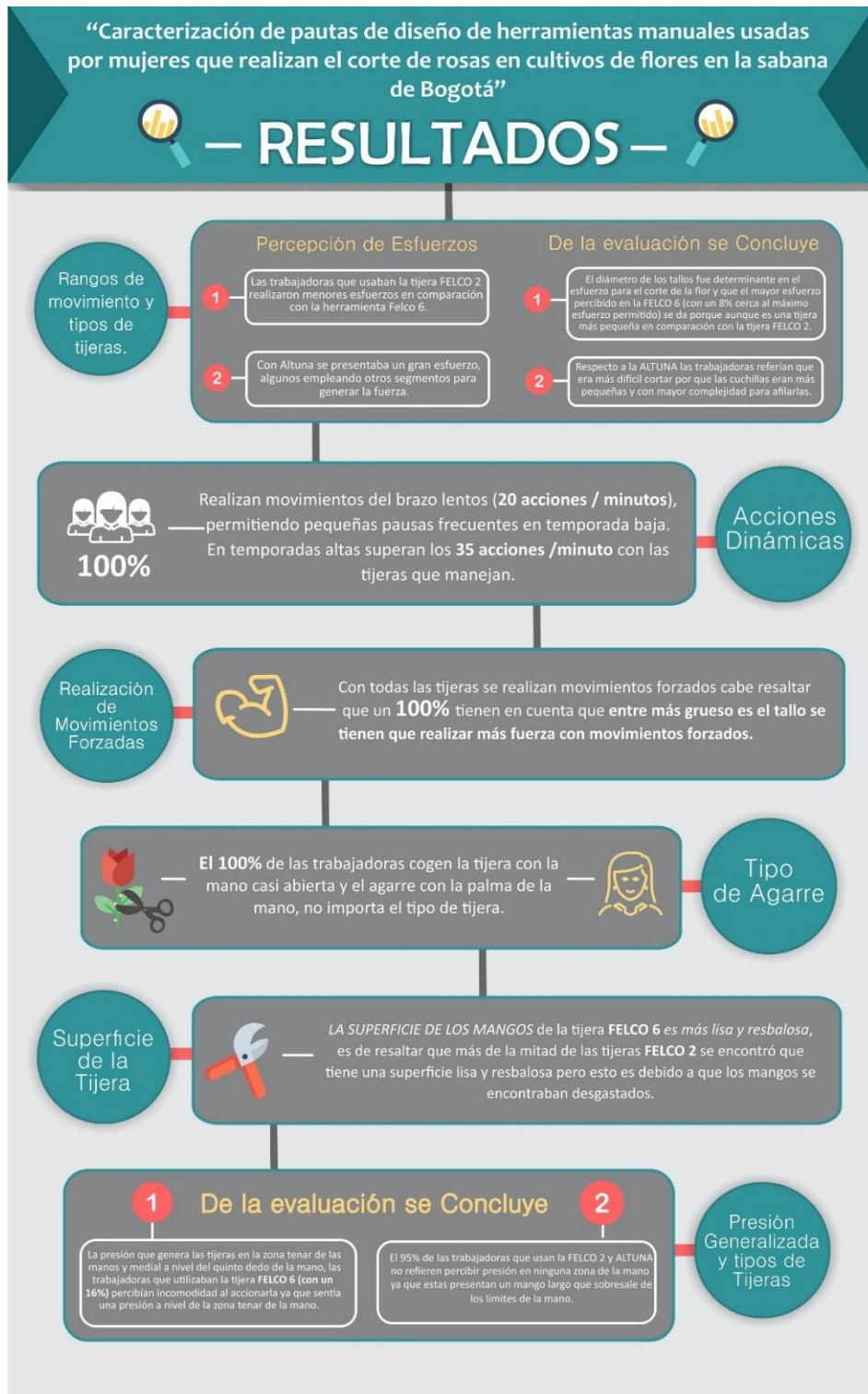


Figura 3. Conclusiones generales del uso de herramientas manuales de corte en cultivos de flores en la sabana de Bogotá.

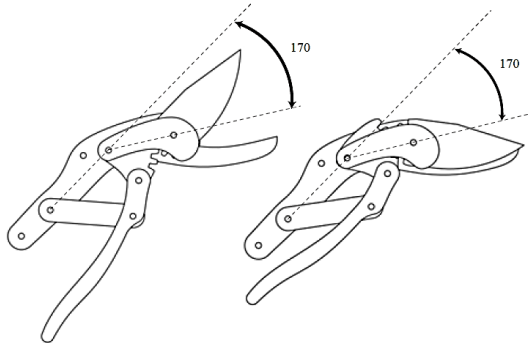


Por otra parte, bajo la premisa de desarrollar nuevas tecnologías, el Servicio Nacional de Aprendizaje⁴⁰, planteó el diseño y construcción de la herramienta manual para el corte de tallos maderosos, considerando la presencia de tensión muscular, expresando que “a mayor repetitividad, mayor prevalencia de lesiones”. Dicho proyecto se encuentra en la fase de desarrollo del prototipo, pero presentan que los beneficios serían: la disminución y estandarización del esfuerzo para realizar en el corte, la reducción de la frecuencia y los cambios posturales; para obtener dichos beneficios, las soluciones contempladas son: reducir la fuerza empleada manteniendo óptimamente afiladas las herramientas, distribuir la fuerza, implementar mangos largos, de acuerdo la medida de la mano y facilitar el uso de grupo musculares potentes. En consecuencia, la herramienta busca mitigar el factor de riesgo de fuerza.

Asimismo, la Universidad Industrial de Santander ha estudiado nuevas posibilidades de herramientas para el corte de flores. Una de las soluciones encontradas es una herramienta ergonómica para la corte de flores, diseñada por la escuela de Diseño Industrial, la cual buscaba mitigar el esfuerzo del gesto de aprehensión sobre la herramienta. El objetivo del invento fue proporcionar una herramienta de corte que mitigara el factor de riesgo de fuerza, por tanto, al realizar la acción de aprehensión, el mecanismo de la herramienta permite que todos los dedos conserven las curvas descritas por las articulaciones de los metacarpo falángicos de los dedos meñique, anular, medio e índice y así disminuir la fuerza ejercida por cada uno de los dedos al realizar el corte. (*Figura 4*)

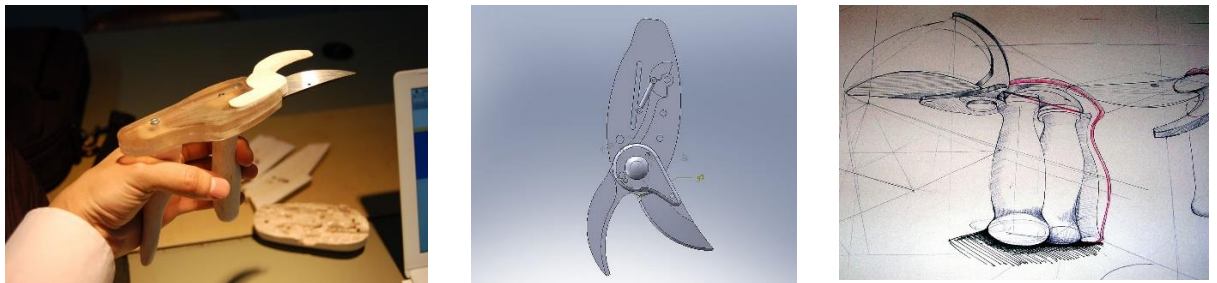
⁴⁰ CASTILLO, G. Diseño y construcción de una herramienta manual para corte de tallos maderosos en la industria floricultora de la sabana de Bogotá. Soacha: Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA. Centro Industrial y de Desarrollo Empresarial. 2014

Figura 4. Herramienta ergonómica enfocada al sector floricultor en registro de patente No. 160923.



La Universidad Nacional de Colombia también diseñó una herramienta cortadora de flores ergonómica, que buscó solucionar principalmente el factor de riesgo postural. Se logró por medio de un estudio del ángulo del elemento, en donde la mano permanece en posición perpendicular y la cuchilla que realiza el corte se encuentra a 45°. Es una herramienta mecánica y más liviana que las actuales, además de que no se relaciona con una tijera convencional, debido a que su funcionamiento es similar al de un taladro o una pistola. Además, expresan que su mecanismo permite limitar la repetitividad del trabajo, por que restringe al trabajador hacer un número determinado de cortes por unidad de tiempo. (Figura 5).

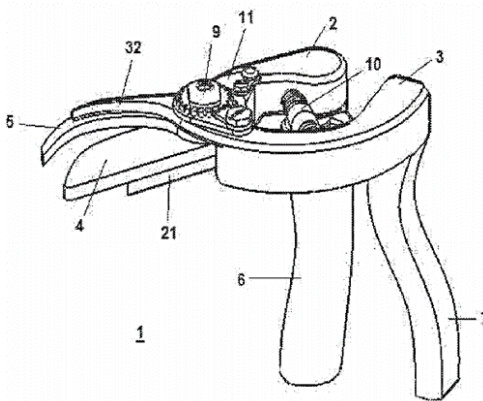
Figura 5. Herramienta ergonómica cortadora de flores.



Fuente: Herramienta de ergonómica cortadora de flores. Universidad Nacional de Colombia.

También en el factor de riesgo postural, se enfocó la herramienta de corte de flores y frutos, desarrollada por el Centro de Estudios de Ergonomía (CEE) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Javeriana⁴¹. Dicha herramienta se basa en el concepto en que los elementos de corte se encuentran en el plano horizontal del instrumento, mientras que los mango permiten agarrarla en el plano vertical, manteniendo la muñeca recta al momento de cortar, disminuyendo así posibles lesiones y haciendo más productiva la labor. (Figura 6).

Figura 6. Herramienta de corte de flores y frutos. Patente No. US 2013/0219722A1.

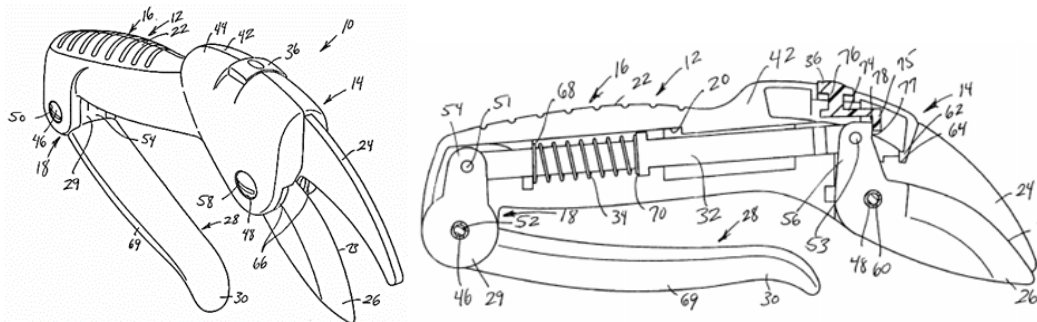


En el ámbito internacional, la revisión encontró herramientas enfocadas en el aspecto ergonómico, como una podadora para cortar la vegetación inventada por los estadounidenses Edward A. Heck, Belpre, y John R. Grishaber. Desarrollaron una podadora accionada manualmente caracterizada por su diseño tipo alicate, donde el índice y los dedos medios de la mano del trabajador están relativamente cerca al punto de pivote central y el dedo anular y el dedo meñique de la mano

⁴¹ UNIVERSIDAD JAVERIANA. Universidad Javeriana obtiene nueva patente. ¿Qué hay de nuevo?, 2013. Obtenido de www.javeriana.edu.co/pesquisa/wp-content/uploads/Pesquisa25_07.pdf.

están relativamente lejos del punto de pivote central, dando el mayor grado de ventaja mecánica que tienen los dedos (Figura 7).

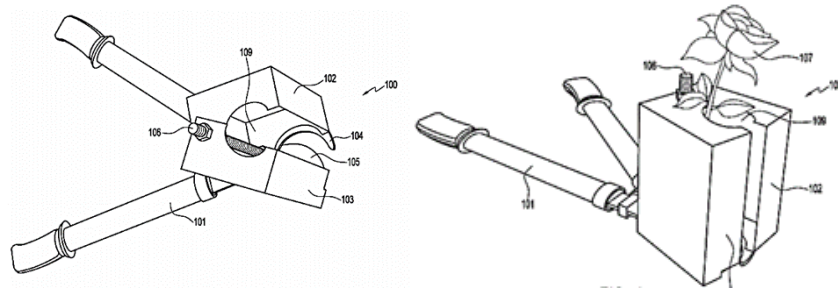
Figura 7. Podadora para cortar la vegetación. Patente No. US 2003/0167640 A1.



Se encontró también una herramienta enfocada en las acciones de recoger y sostener la flor después de ser cortada, además de proteger al operario de espinas y superficies irritantes; herramienta de corte *Retrieving Shears*⁴², inventada por Donald Varnell de Estados Unidos. El invento consiste en un dispositivo de poda mejorado, el cual es capaz de cortar y recoger plantas sin que sean dañados y sin que caigan sobre el usuario o fuera de su alcance, siendo recuperados fácilmente por dos mordazas que se juntan para cortar y almacenar la flor que puede estar en distancias difíciles de alcanzar (Figura 8).

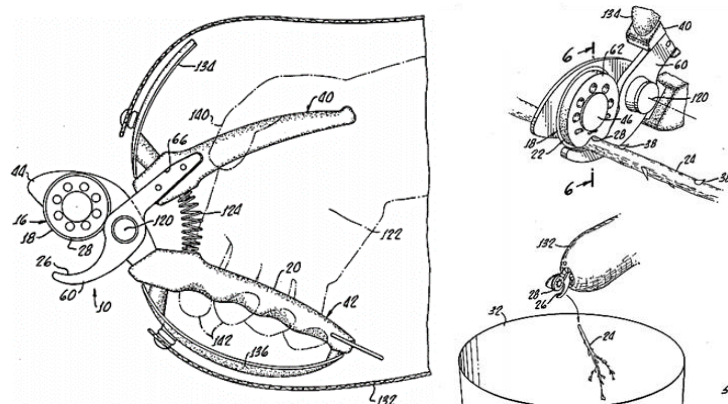
⁴² VARNELL, D. Estados Unidos Patente n° US 2007/0157473 A1

Figura 8. Herramienta de corte: Retrieving Shears. Patente No. US 2007/0157473 A1.



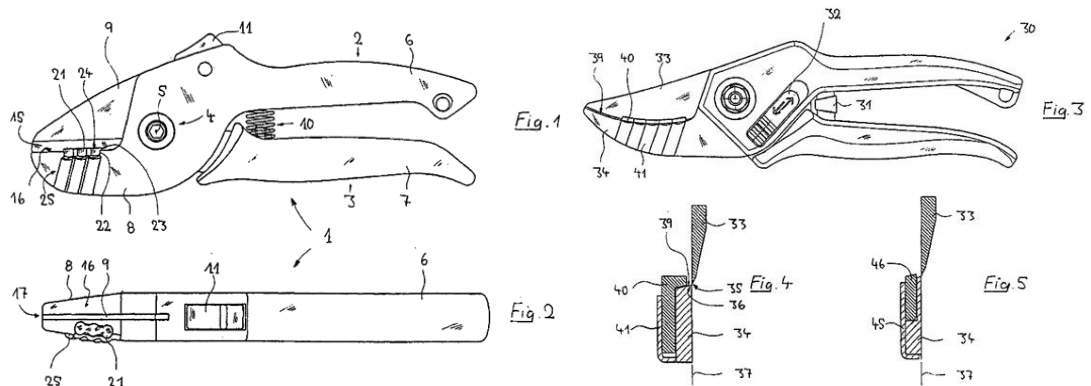
El estadounidense Joseph Baron (1997), soluciona el mismo problema, por medio de una herramienta de corte con cuchillas circulares con acción de retención, esta herramienta incluye un mecanismo para asegurar una rama cortada de una planta desde el momento en que se corta la rama hasta que el usuario elige liberar la rama, además se incluyó protectores diseñados para proteger la mano y el brazo de un usuario de lesiones resultantes de contacto con plantas dañinas (Figura 9).

Figura 9. Herramienta de corte con cuchillas circulares con acción de retención. Patente No. US5461784.



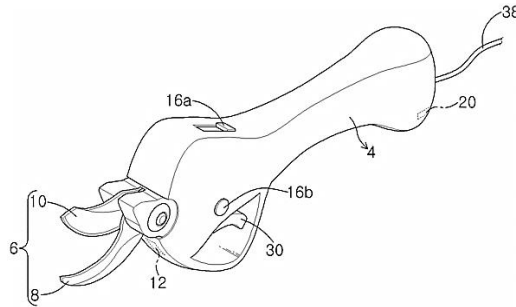
Otro de los problemas recurrentes en herramienta de corte como las tijeras para podar, es la alta resistencia de corte, que exige indirectamente una repetición del gesto de aprehensión. Por ejemplo, al corta un vástago de flor, este tiende a ser empujado hacia fuera de la tijera al cerrarla, obligando a repetir la acción para completa un corte. La patente de una tijera de mano para jardín o rama (2005), buscó darle solución a este problema con una herramienta, que tiene dos cuchillas alrededor de un eje, pivotado contra cada uno de los otros elementos de tijera que han de proporcionar acoplamiento mutuo, con una forma que limita el estado abierto de las tijeras desde el eje de pivote que normalmente se extiende continuamente en la abertura de tijera (Figura 10).

Figura 10. Tijeras, especialmente tijeras de mano para jardín o rama. Patente No. EP20010113343.



Además de herramientas manuales, también se le ha dado solución a la poda de flores por medio de herramientas eléctricas, como el invento del coreano Hoon (2016), con el invento de una tijera podadora motorizada, con que se buscó mejorar la eficiencia y la estabilidad del trabajo, controlando eléctricamente el funcionamiento del corte (Figura 11).

Figura 11. Tijeras de podar motorizada. Patente No. KR20150021029A.



Otra herramienta de corte de flores que se encaminó en encontrar una forma de adaptarse a la mano para facilitar el corte sin forzar la posición y sin obligar a realizar grandes esfuerzos, fue la tijera para podar Classic Gardena diseñada por la empresa Gardena⁴³, la cual se basó en el estudio de la posición bípeda, de forma bimanual con modos operatorios en miembros superiores. El fin era obtener un instrumento de corte que se adaptara a la mano, obligando al trabajador a adoptar las posturas realmente adecuadas y así hacer que la herramienta funcione como un artefacto de corte repetitivo y no como una tijera convencional. Las cuchillas de la cabeza de corte inclinada tienen un revestimiento antiadherente y un afilado de precisión. Gracias a las empuñaduras ergonómicas, las tijeras se adaptan de forma óptima a la mano. Las dos posiciones de agarre permiten un corte potente y rápido. Con el cierre de seguridad con una sola mano, las tijeras se pueden bloquear fácilmente y guardar con seguridad. Cortan ramas de un diámetro máximo de 18 mm. (Figura 12).

⁴³ GARDENA. 2016. Obtenido de <http://www.gardena.com/agr/>

Figura 12. Herramienta para podar Classic GARDENA.



Fuente: GARDENA. 2016. Obtenido de <http://www.gardena.com/agr/>

6.2 CONCLUSIONES SOBRE LA REVISIÓN TECNOLÓGICA.

- Las soluciones encontradas relacionadas con el corte de flores, en su mayoría están basadas en mejorar las condiciones del operario y otras apoyadas en optimizar los factores técnicos, o el cuidado de la flor.
- No se encontraron herramientas que basen su diseño en la optimización de la frecuencia de corte, siendo este uno de los factores más importantes junto con la vibración, para el desarrollo de patologías como el SCC.

6.3 REVISIÓN COMERCIAL DE LO EXISTENTE.

Entre las herramientas encontradas en el mercado, se destacan las siguientes:

Tijeras de poda profesional 3CL 307M-21.

Características:

- Tijera de poda semi profesional
- Largo: 21.5 cm
- Producción: forja en caliente
- Hoja intercambiable de acero carbono F-1150/C55
- Cuerpo: de aluminio forjado
- Dureza: hoja HRc 60 Rockwell
- Mango: recubrimiento con PVC
- Con muelle

Figura 13. Tijeras Profesionales 3CL 307M 21.



Fuente: HERRAMIENTA AGRICOLA. Obtenido de [http:// www.herramientagricola.com/3claveles.php](http://www.herramientagricola.com/3claveles.php)

○ **Tijera de podar profesional Tramontina.**

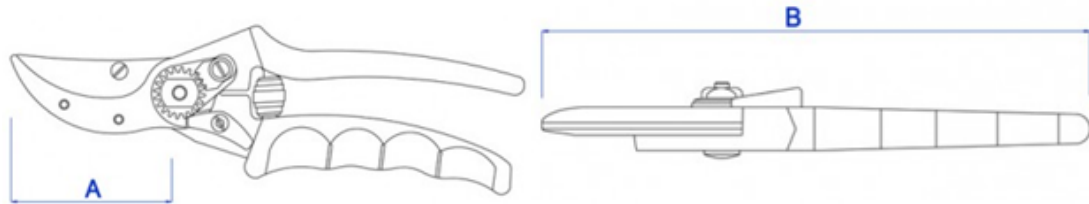
La tijera es apropiada para la poda de árboles frutíferos, flores y plantas ornamentales.

Características:

- Lámina templada en acero ligado cromo vanadio para un corte preciso y suave.
- El afilado hecho por máquinas CNC resulta en un excelente filo en las piezas.
- Estructura maciza en aluminio inyectado.

- Tiene mango giratorio que acompaña el movimiento de la mano proporcionando mayor confort al operador;
- Posee traba de seguridad con accionamiento en un único botón.

Figura 14. Tijera Profesional Tramontina



Fuente: TRAMONTINA. Tijera de podar profesional. Obtenido de <http://www.tramontina.com.br/productos/52119-tijera-de-podar-profesional>

○ **Podadora Vinion.**

La tijera VINION funciona con una batería de bolsillo 150, ligera y compacta, o con una batería de 250 que permite conectar dos herramientas PELLENC al mismo tiempo para realizar trabajos alternos. Gracias a que su sujeción está adaptada a todos los usuarios, el diámetro de corte grueso aporta mucho confort a la poda. Posee batería de bolsillo 150P, y otra de batería 250 que permite conectar dos herramientas PELLENC al mismo tiempo.

Figura 15. Podadora Vinion.



Fuente: TECNIAGRO. PODADORAS VINION. Obtenido de <http://www.tecniagro2000.com/es/herr.-electro-portatiles-%B7-podadoras-vinion---prunion.zhtm>.

- **Tijeras profesionales para podar jardines, árboles y frutos.**
 - Tipo de herramienta: Podadora.
 - Nombre de marca: Koala.
 - Característica: Antideslizante, Plegado, Telescópico, fácil de usar, cuchilla reversible, precisa injerto, optimo corte.
 - Acabado: Sin recubrimiento.
 - Número de modelo: et1002.

Figura 16. Podadora Koala.



Fuente: Aliexpress. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/w/wholesale-professional-pruning-shears.html>

6.4 CONCLUSIONES SOBRE LA REVISIÓN COMERCIAL DE LO EXISTENTE.

A cerca la investigación de mercado, se concluye, que las herramientas de corte de flores revisadas varían en el funcionamiento del mecanismo de palanca, las tijeras tipo bypass y tipo yunque. Según MAYA⁴⁴, las tijeras tipo bypass tienen una sola cuchilla curva, pero ésta corta cruzándose sobre una parte fija, llamada contra

⁴⁴ MAYA, M. A. Poda e injerto de frutales. Malaga. 2013

cuchilla. La tijera tipo yunque, tiene una sola cuchilla recta que corta contra la parte fija llamada yunque.

Figura 17. Clasificación de tijeras según el tipo de corte.

Según el tipo de Corte pueden ser:	
<i>Corte by Pass.</i>	<i>Corte por Yunque.</i>
	
<p>TIENE una hoja cortante y una contrahoja que sujeta la rama.</p> <p>Son recomendables para tallos verdes puesto que realizan un corte más limpio, rápido y preciso.</p>	<p>TIENE una hoja cortante y yunque que soporta la rama que se va a cortar. Indicadas sólo para cortar maderas duras o muertas ya que comprimen las ramas antes de cortarlas.</p>

6.5. REVISIÓN DE SISTEMAS Y MECANISMOS PARA EL CORTE.

A partir de la revisión Tecnológica y la revisión Comercial acerca de lo existente, se pudo observar que la mayoría de estas herramientas de corte están constituidas por un mecanismo de palanca de primer orden doble. Donde el punto de apoyo de ésta se encuentra ubicado entre la fuerza de potencia y la de resistencia⁴⁵. Por ende, cualquier fuerza aplicada a la palanca hará girar ésta con respecto al punto de apoyo; es el principio básico de las tijeras y alicates. Para el caso de las herramientas de corte existentes, estas tijeras tienen variaciones para aprovechar mejor la fuerza ejercida, son utilizados resortes y pivotes.

⁴⁵ GARDOQUI, J. d. Lecciones de física médica. 1845

Debido a que el mecanismo de palanca de primer grado realiza un corte por cada accionamiento, se ha indagado en otros mecanismos y sistemas que puedan complementar la herramienta para así solucionar el problema central, el corte de más de una flor con un solo gesto de aprehensión. Entre los mecanismos estudiados se encuentra, el mecanismo de trinquete que permite mediante a un engranaje girar hacia un lado, pero le impide hacerlo en sentido contrario. Por medio del trinquete se podría realizar palanca paulatinamente accediendo a varios cortes ejerciendo una sola vez la fuerza. El mecanismo de levas también resulta muy útil porque se puede conseguir un movimiento lineal alternativo o uno oscilante a partir de uno giratorio, acompañado de un sistema de recuperación como un muelle o resorte. Además, con un diseño adecuado de la leva se podrían lograr varios puntos máximos en un solo ciclo, aplicado a una herramienta, varios cortes en el ciclo.

6.6. CONCLUSIONES SOBRE REVISIÓN DE SISTEMAS Y MECANISMOS PARA EL CORTE.

- En base a los mecanismos nombrados anteriormente, una solución para la problemática planteada podría ser la combinación de mecanismos de modificación de movimiento como el trinquete, leva y biela – manivela y mecanismos de acumulación energía como el del resorte y a partir de ellos sacar varios cortes en un ciclo.

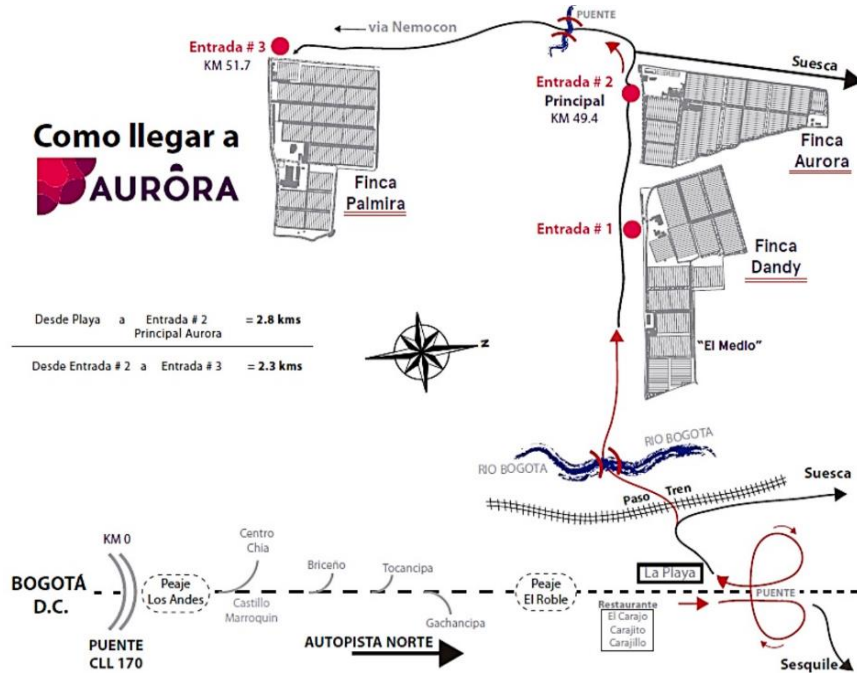
Figura 18. Descripción de otros mecanismos a usarse en herramientas manuales.



6.7 OBSERVACIÓN DE CAMPO.

El día 7 de abril de 2017 se realizó una visita a los cultivos de la empresa colombiana Flores Aurora, ubicada en Suesca, Cundinamarca, con el propósito de comprender la tarea de corte de flores e identificar determinantes de tipo ergonómico que permitan el diseño de la herramienta a proponer.

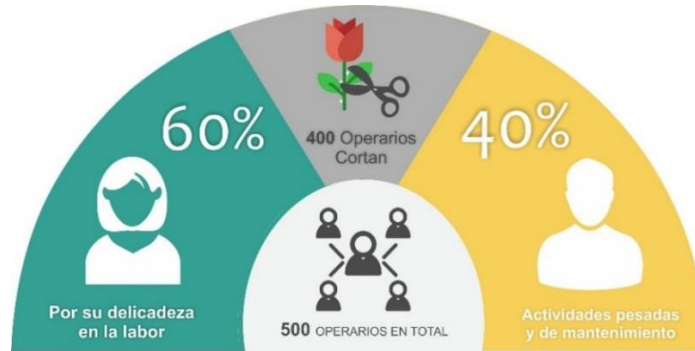
Figura 19. Mapa de la ubicación y de sus instalaciones.



Fuente: FLORES AURORA S.A.S. Obtenido de <https://www.floresaurora.com/>

Flores Aurora es una empresa que lleva en el mercado floricultor 32 años, exportando flores principalmente a Europa, parte de Asia, Australia, Japón y China. Se compone de 33 hectáreas de las cuales 10 son de cultivo de rosas y 22 hectáreas de cultivo de claveles. En promedio hay 500 trabajadores vinculados con la empresa, pero en temporada alta la cifra puede aumentar a 650 empleados. Específicamente en el proceso de corte trabajan aproximadamente 400 empleados de los cuales un 60% son mujeres y 40% hombres.

Figura 20. Porcentaje de trabajadores empresa



La empresa manifiesta que en su mayoría son mujeres por la delicadeza y el detalle que se requiere para tratar las flores y para los hombres se dejan las actividades más pesadas y las de mantenimiento. Trabajan todo el año, excepto los domingos y festivos, en jornadas extensas de 8 horas en temporada baja desde las 6:30 am hasta las 3:00pm y en picos (temporada alta) puede llegar a ser hasta de 10 horas, extendiendo la jornada hasta las 5:00pm. Realizan pausas de 10 minutos cuando requieren ir al baño, de 2 minutos para el cambio de cama o para ordenar las flores y una pausa de una hora en el almuerzo.

Figura 21. Visita al cultivo de claveles. Visita 7 de abril de 2017.



Desde el aspecto de salud ocupacional, el cultivo cuenta con una profesional en seguridad y salud, un médico laboral y la asesoría de una ARL. La profesional informa que actualmente hay presentes 30 casos de enfermedades laborales que representan un 7,5% de todos los casos de la empresa, donde de las principales afecciones son el Síndrome del Conducto Carpiano con el 50% de los casos presentes (la mayoría en empleados que llevan más de 10 años realizando el corte de flores), 30% son lesiones del manguito rotador y el 20% otras (Figura 23).

Entre las estrategias para contrarrestar las jornadas extensas y disminuir las lesiones en los empleados, se realizan el mantenimiento constante de las herramientas, la orientación por parte de la ARL sobre el manejo adecuado de la herramienta, las pausas activas y la rotación de labores; ésta última consiste en alternar la actividad de corte, con otras como las actividades de pos cosecha (Figura 22).

Figura 22. Estrategias puestas en marcha por la empresa para mitigar la aparición de desórdenes musculo esqueléticos.



Figura 23. Relación de los porcentajes de trabajadores que presentan una enfermedad de tipo ocupacional.

% de Casos de Enfermedades.

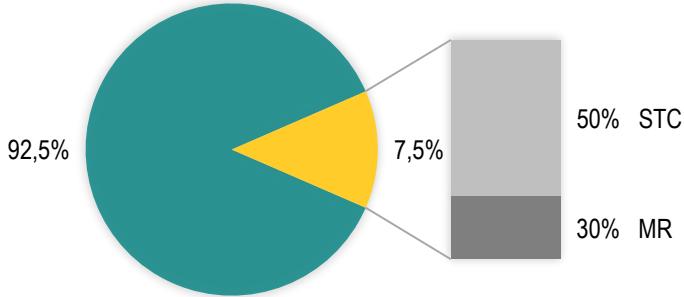
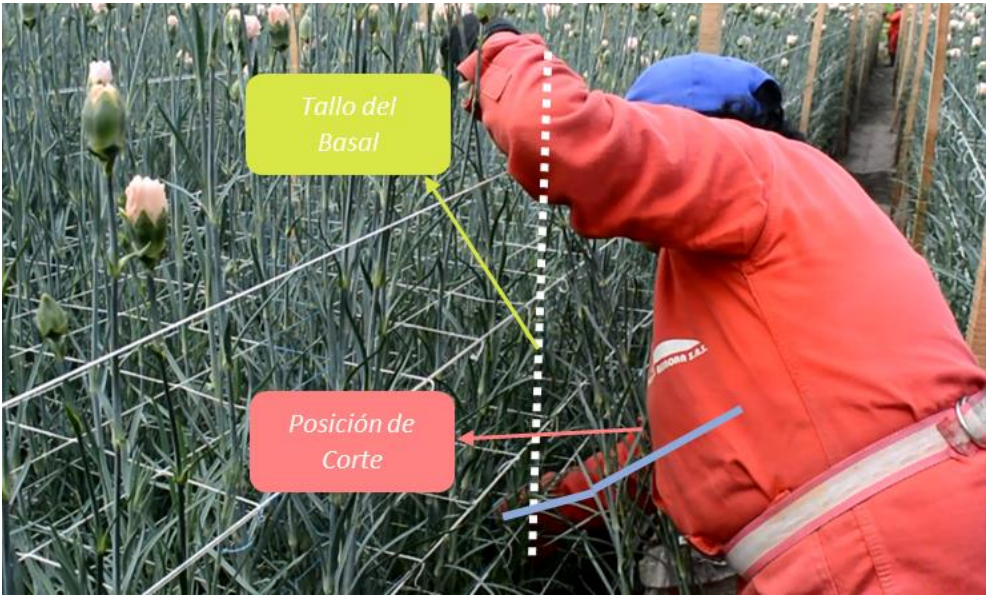


Figura 24. Postura del usuario al realizar el corte de flores. Visita 7 de abril de 2017.



Con relación a las actividades como la recolección de flores, el retiro de material seco y de tallos negros, los hombres son los que principalmente las realizan ya que son tareas con demandas de trabajo pesado. Además, en estas tareas la tijera utilizada es distinta a la del corte de flores debido a que la utilizada por ellos posee el sistema de corte tipo yunque, el cual sirve para cortar maderas leñosas o muertas y por ende no es aconsejable para cortar maderas vivas puesto que su diseño tiende a machucar el tallo de esta clase de madera.

Para el caso de la rosa, un empleado puede cortar aproximadamente entre 180 y 220 tallos por hora y en el caso de los claveles, se cortan aproximadamente de 300 a 400 claveles por hora. Además, se encontró que en este último cultivo es donde más se presentan los casos de síndrome de conducto carpiano debido a que los movimientos repetitivos son mayores en el corte de claveles comparado con el corte de rosas y a que las herramientas que usan para los claves son aún muy rudimentarias (Figura 25).

Figura 25. Número de flores cortadas por hora de trabajo en la empresa Flores Aurora.



La herramienta utilizada para el corte de rosas es la **Tijera Felco 2** de diseño y fabricación suiza. Respecto a la Felco 2, los trabajadores indicaron que era muy buena, porque al compararla con otras que han utilizado ésta es más liviana y resistente; “después de casi 7 años de uso, con mantenimiento funciona muy bien, pero deseáramos una más liviana y práctica”. Para el caso de los claveles, la herramienta es distinta, algunos utilizan cuchillas y quienes usan tijera, usan la **Tijera Zuoviola**, la cual por ser liviana y pequeña les permite un mejor manejo. Sin embargo, no cuenta con ningún mecanismo de resorte o muelle que dé una apertura asistida a las cuchillas, aumentando el esfuerzo de la mano para abrir la tijera y cerrarla con precisión.

En estos momentos se tiene a prueba una herramienta que cuenta con sistema de muelle, pero manifiestan que, a pesar de ser más cómoda, los mangos son muy largos para manejarla con más facilidad (Figura 26).

Figura 26. Tipos de tijeras utilizadas en el cultivo Flores Aurora.

TIPOS DE TIJERAS UTILIZADAS EN EL CULTIVO.	
	<p>TIJERA FELCO2.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manijas cómodas, ligeras y robustas en aluminio forjado. • Hoja y cuchilla tipo yunque remachada en acero endurecido de alta calidad, lo cual permite un corte preciso. • Todas las piezas son reemplazables. • La protección en las manos es proporcionada por el amortiguador, ya que éste posee un recubrimiento antideslizante.
	<p>TIJERA ZUIVIOLA.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tijera pequeña que permite un factible manejo entre las plantas. • Posee un recubrimiento de pasta sobre sus manijas para proporcionar comodidad. • Cuchilla liviana y resistente en acero, la cual permite un corte fácil y preciso.

Además, se encontró que en ocasiones anteriores a la empresa se les han propuesto implementar herramientas eléctricas con baterías, pero afirman que no se han implementado porque los costos de adquisición y mantenimiento son muy altos, sin contar que en caso de presentar averías o falla eléctrica que imposibilite cargar las baterías estarían obligados a suspender sus labores, situación que no pasa con las herramientas manuales. (Anexo A)

6.8 CONCLUSIONES DE LA OBSERVACIÓN DE CAMPO.

De la visita técnica realizada el 7 de abril del 2017 a los cultivos de Flores Aurora en Suesca, Cundinamarca se pudieron concluir algunos aspectos y se ratifica otros, que se muestran a continuación:

Figura 27. Trabajadoras del Cultivo Aurora. Visita 7 de abril de 2017.



- Se ratifica al sexo femenino como el sexo predominante en los trabajadores que realizan las actividades de corte de flores.
- La principal causa de enfermedades laborales en este cultivo es el síndrome del conducto carpiano, seguido por el manguito rotador, coincidiendo con las estadísticas nacionales.

- La mayoría de casos de Síndrome de Conducto Carpiano se presentaron en el cultivo de claveles. A pesar de ser frágil y débil el tallo del clavel, existe más demanda de movimientos repetitivos en éste en comparación al cultivo de rosas, lo que conlleva a que el trabajador tenga que realizar más cortes en su jornada de trabajo.
- Sobre el cultivo de rosas se observó, que la herramienta de corte es más especializada en esta tarea, en relación con la usada en el cultivo de claveles, debido a que, si bien el trabajador no recoge tantas flores al día, la dificultad para cortar un tallo de rosa es mayor, produciendo más desgaste en la mano y antebrazo por esfuerzo.
- Con el fin de disminuir el número de casos de enfermedades laborales, la empresa trabaja en proyectos de prevención en conjunto con la ARL Sura, un médico laboral y un profesional en seguridad y salud de planta.
- Para la empresa por razones de costos, mantenimiento y seguridad es más atractivo una herramienta de corte manual.
- Con relación a las herramientas usadas, la empresa sugiere tener especial cuidado por las cuchillas y el mango por ser los primeros componentes en presentar desgaste.
- En cuanto a los aspectos ergonómicos, la empresa sugiere herramientas ambidiestras y dimensiones de anchura y largura de mano adecuadas ya que la apertura de estas herramientas suele ser excesiva. Así, por ejemplo, en el caso de la herramienta Zuoviola, el mango es muy corto y con el tiempo lastima la palma de la mano.

7. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Tabla 4. Requerimientos de Diseño.

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.			
ASPECTO	REQUERIMIENTO	DETERMINANTE	PARÁMETRO
ERGONÓMICOS	<i>Peso Adecuado.</i>	- Peso neto en (gr) para cargar y manejar para adultos de 18 a 59 años.	- Menos de 240 gr.
	<i>Segmentos Corporales Adecuadas.</i>	- Segmentos corporales según parámetros antropométricos de del sector floricultor de población masculina de 18 a 59 años.	- Medida de un agarre oblicuo. - Medida anchura palmar. - Medida longitud de la mano - Medida longitud de los dedos. - Medida anchura mano. - Medida circunferencia de la mano. - Medida circunferencia palmar. Fuentes: (Ávila, Prado, & Gonzáles, 2007) (Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 1998)
	<i>Posición de Uso.</i>	- Angulo de agarre en (°) - Versatilidad de uso.	- Debe permitir que el antebrazo tome una inclinación de 45° al agarrarla. - Diseño ambidiestro.
	<i>Frecuencia de repetitividad.</i>	- Frecuencia en (repeticiones/minuto)	- Más de 10 repeticiones/min. (Kilbom, 1994)
TÉCNICOS	<i>Fácil Mantenimiento.</i>	- Número de piezas. - Configuración formal.	- Máximo 7 piezas. - Diseño de piezas intercambiables. - Conceptos de diseño: Unidad y equilibrio.
	<i>Energía.</i>	- Fuente de energía	- Debe ser de uso manual.

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.			
ASPECTO	REQUERIMIENTO	DETERMINANTE	PARÁMETRO
	<i>Acabados.</i>	- Materiales.	- Mecanismo en metal con acabado liso. - Revestimientos antideslizantes en mangos.
	<i>Resistencia.</i>	- Diámetro de tallos a cortar. - Materiales resistentes a ambientes con alto grado de humedad.	- Debe cortar un diámetro mínimo de 18 mm. - Materiales inoxidables y resistentes a la corrosión. - Materiales con una vida útil prolongada.
	<i>Ciclo de Vida</i>	- Ciclo de vida acorde a las herramientas del mercado.	- Mínimo de 10 años en condiciones de uso normales.
	<i>Prefabricación.</i>	- Piezas. Semi-transformadas - Unión.	- Uso de piezas semi-transformadas como tornillos, tuercas, remaches y resortes. - Uniones desmontables atornilladas a piezas fijas. - Uniones móviles deslizantes y giratorias para las piezas que requieran movimiento.
	<i>Costo.</i>	- Costo de venta en relación a las herramientas del mercado.	- Precio máximo de venta de \$150.000 COP.
USO	<i>Lenguaje de Uso Claro.</i>	- Formas y texturas que faciliten la identificación de las partes.	- Uso de colores convencionales. - Uso de iconos convencionales. - Uso de texturas en zonas de contacto.
	<i>Pasos.</i>	- Número desde la obtención de la flor seguida por el corte y la colocación de la flor en el sistema de recolección.	- Máximo 5 pasos.
	<i>Cortes.</i>	- Relación de cortes por gesto de aprehensión.	- Mínimo 2 cortes por gesto de aprehensión.

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.			
ASPECTO	REQUERIMIENTO	DETERMINANTE	PARÁMETRO
SEGURIDAD	<i>Asepsia.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Configuración formal. - Material no poroso empleado en las superficies de contacto. - Texturas que permitan limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño que permita el afilado de la cuchilla, el engrase, desarmado y limpieza de la herramienta. - Polímeros. - Metales. - Lisa y/o rugosa.
	<i>Formas Agresivas.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Configuración formal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bordes redondeados y pulidos. - Uso de formas curvas. - Uso de transición de formas. - Superposición de formas.
	<i>Disminuir Accidentes.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - La cuchilla no debe estar expuesta, mientras la herramienta no esté en uso. - Mangos antideslizantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elemento protector de la cuchilla. - Materiales con superficies antideslizantes.
	<i>Normas Técnicas.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de normas técnicas para herramientas manuales. - Aplicación de normas técnicas colombianas – ICONTEC. 	<ul style="list-style-type: none"> - NTP 391: Herramientas manuales (I): Condiciones generales de seguridad. - NTP 392: Herramientas manuales (II): Condiciones generales de seguridad. - NTP 393: Herramientas manuales (III): Condiciones generales de seguridad. - NTC 2313: Seguetas de hoja para metales. ICONTEC.

CLASIFICACIÓN:  Taxativo  Deseable  Opcional

8. DEFINICIÓN DE LA IDEA DE PROYECTO.

8.1. BRAINSTORMING.

Es una herramienta de trabajo grupal, la cual facilita el surgimiento de ideas y nuevas opiniones en un entorno neutro, teniendo en cuenta los aportes de cada uno de los participantes hacen parte de diferentes áreas y contextos⁴⁶.

Teniendo en cuenta esto, se buscó que los aportes creativos externos vinieran de diferentes puntos de vista para resolver el problema de diseño con una visión interdisciplinaria. El grupo de trabajo para esta actividad estuvo conformado por:

- Jean Pierre Saavedra: *Estudiante de Ingeniería Mecánica.*
- Sara Fernanda Ariza: *Estudiante de Medicina.*
- María Angélica Rueda: *Estudiante de Medicina.*
- Giovanni Alberto Badillo: *Estudiante de Diseño Industrial.*
- Maritza Sánchez: *Estudiante de Diseño Industrial.*
- Leydy Ariza Cortes: *Estudiante de Diseño Industrial.*
- Jhon Daniel Quiroga: *Estudiante de Diseño Industrial.*

La pregunta clave para la ejecución de la actividad fue *¿De qué manera se podría cortar más de una flor con una herramienta manual?* Con base en ésta, se dio un tiempo de 25 minutos para desarrollar un mínimo de 10 ideas totalmente libres. Las ideas de cada uno de los participantes se evaluaron con valores de 1 a 5 teniendo en cuenta los siguientes criterios:

⁴⁶ FERRARO, R. y. ¿Qué es qué en tecnología? 1997

1. Debe ser original (no copia).
2. Debe poder desarrollarse en máximo 1 año.
3. Debe ser rentable.
4. Debe ser manual.
5. Debe realizarse con un solo movimiento.

El total de ideas expuestas en la actividad fueron 40, de las cuales se seleccionaron 5 para ser analizadas a mayor profundidad, ya que tuvieron los puntajes más altos. (Anexo B).

Figura 28. Actividad Brainstorming realizada el 28 de abril de 2017

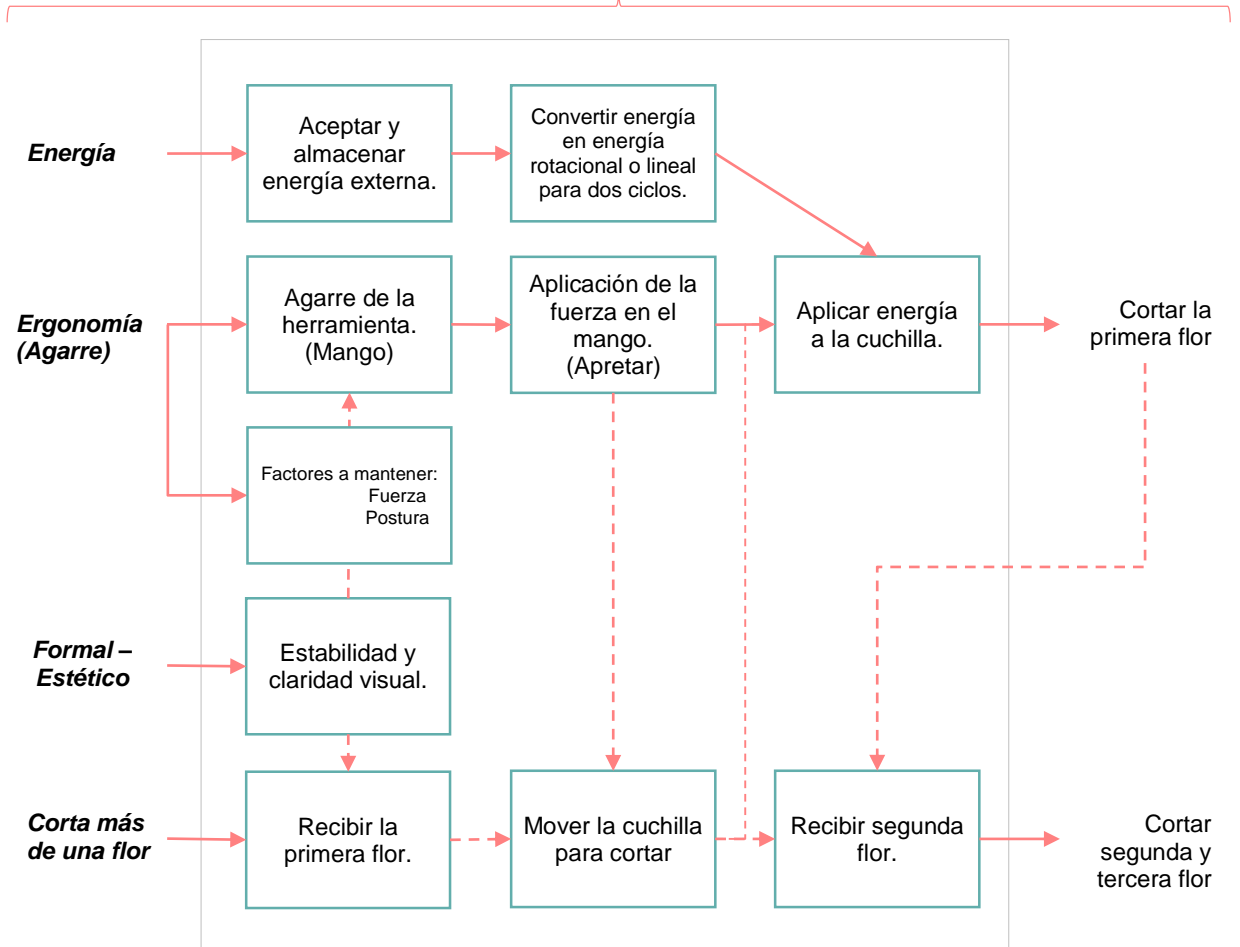


8.2. DESCOMPOSICIÓN DEL PROBLEMA.

Para poder abordar de manera más completa cada uno de los aspectos que involucran el desarrollo de la herramienta de corte, se ha descompuesto el problema en 4 árboles de clasificación basados en el texto *Diseño y Desarrollo de Productos* de Ulrich y Eppiger.

Tabla 5. Diagrama funcional de una herramienta de corte de flores que surge de una descomposición funcional.

Problema: Diseño de una herramienta de corte de flores que aumenta el número de sesgados por cada gesto de aprehensión.



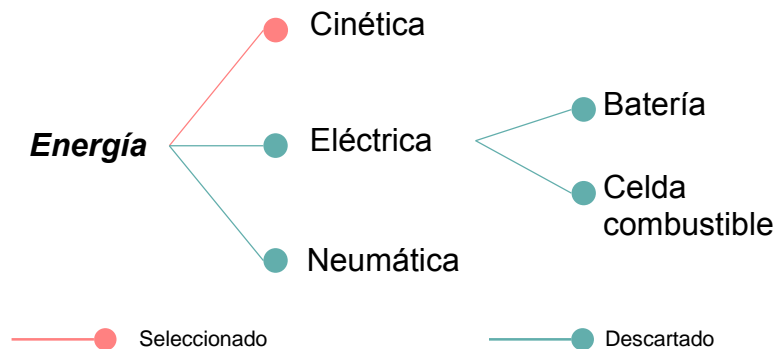
Una vez identificados cada uno de los aspectos más críticos dentro del problema general, se dio paso a segmentarlo en 4 sub problemas para poder ofrecer una solución completa e innovadora. Inicialmente el trabajo se enfocó en darle solución a los sub problemas: “energía y cortar una flor con un solo gesto de aprehensión”, ya que, con base en estos dos, el instrumento de corte recibe y almacena la energía producida por la aprehensión de la herramienta. Por ende, para el

desarrollo de un posible mecanismo se enlazó la información de cada uno de estos árboles para poder desarrollar 3 posibles propuestas que ofrecieran soluciones de acuerdo con el problema planteado. Una vez desarrolladas, se llevará a cabo el proceso de evaluación de las 3 alternativas, para poder seleccionar el mecanismo más indicado.

8.3. EXPLORACIÓN SISTEMÁTICA.

Teniendo en cuenta el desarrollo del Brainstorming que aportó una concepción holística del problema y a su vez la debida indagación con expertos en el tema, se proyectaron los siguientes árboles explicativos de los subproblemas “Energía” y “Cortar más de una flor con un solo gesto” presentados en los siguientes gráficos.

Figura 29. Árbol de clasificación para los conceptos del sub problema “Energía.”



Para el subproblema **Energía**, la opción **Cinética** fue la que se escogió debido a que la energía cinética de un objeto es la que éste tiene a consecuencia de su movimiento, ejecutando un trabajo sobre cualquier cosa que toque y de esa manera cuantificar la cantidad de trabajo que el cuerpo realiza como resultado del movimiento que ejecuta.

Se descartó el uso de energía neumática porque en este caso un sistema neumático consta de diversos componentes los cuales destinados a cumplir tres funciones fundamentales:

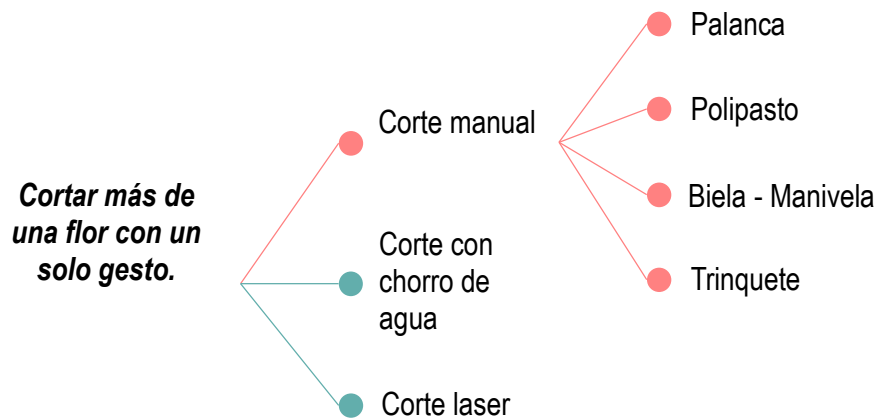
1. La producción, acondicionamiento y distribución del aire comprimido: Esta involucra un compresor de aire, un depósito para almacenar el aire comprimido, una unidad de mantenimiento para acondicionar el aire comprimido, compuesta por filtros, reguladores, lubricadores y tuberías de distribución.
2. Control del aire comprimido: Esta comprende válvulas que monitorean el funcionamiento del circuito neumático, permitiendo, interrumpiendo o desviando el paso del aire comprimido.
3. Utilización del aire comprimido: La parte final del circuito está compuesta por los actuadores neumáticos, que funcionan mediante tecnología neumática.

Con base en esto, los equipos como compresor, válvulas, tuberías y demás, pueden ser un sistema complejo para el desarrollo de una herramienta de corte para flores, ya que en el sistema floricultor la actividad se realiza en el campo, en grandes extensiones de tierra. Otras desventajas son: El funcionamiento de los sistemas neumáticos tiende a ser excesivamente ruidoso ya que el aire comprimido se expulsa al exterior una vez sea utilizado y en este caso no hay que pensar en una sino en varios instrumentos de corte. Otra desventaja es que la tecnología que maneja un sistema neumático es mucho más costosa que la tecnología eléctrica.

El uso de energía eléctrica fue descartado también por:

1. El cultivo de flores se encuentra en lugares expuestos a demasiada humedad y manejar herramientas eléctricas se convierte en un factor de riesgo a considerar.
2. El uso de fuentes de energía como baterías o celdas combustibles aparte de implicar más gastos ya sea por la instalación de dicho sistema o por el consumo que podría generar. La falta de energía eléctrica puede generar también retrasos en la producción.

Figura 30. Árbol de clasificación para los conceptos del subproblema “Cortar más de una flor con un solo gesto.”

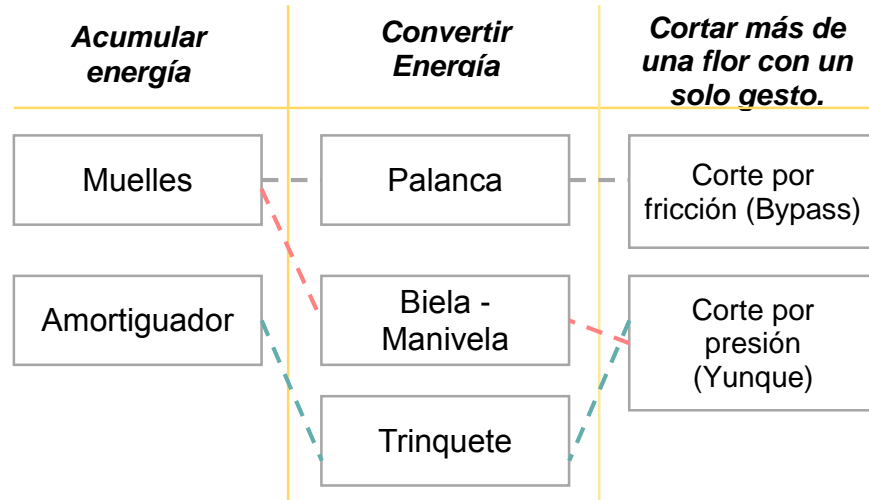


Con base en el sub problema “**Energía**”, se decidió realizar la respectiva indagación acerca de las formas de corte expuestas para seleccionar la más indicada.

Por lo cual, en el subproblema “**Cortar más de una flor con un solo gesto**” se favorece la rama de corte manual. Se llega a esto prácticamente por el hecho de que las dos anteriores no son las viables para desarrollar una herramienta de corte teniendo en cuenta lo siguiente:

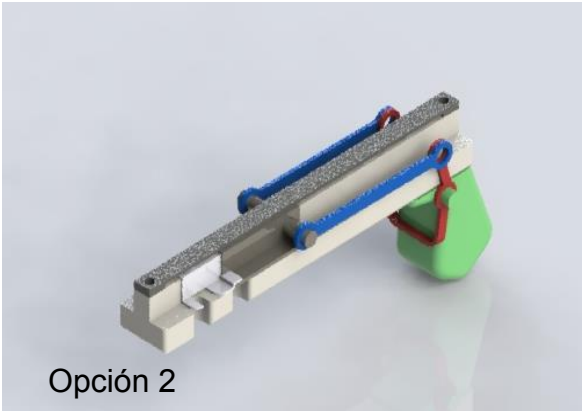
- Corte laser: Se descartó de manera inmediata ya que básicamente su rayo láser es una combinación de calor y presión que produce la acción de corte, por lo cual a la hora de ejecutarlo la flor se deshidrata, afectando la durabilidad de la misma, por tanto, afecta el producto para exportación. A su vez, sería necesario tener una fuente de energía eléctrica para poder usarla, lo cual prácticamente alzaría los costos en cuanto a su uso prolongado debido al tiempo que demanda la actividad de corte de flores y también en lo que concierne a la cantidad que se deban obtener para todos los cortadores. Hay que tener en cuenta que estos cultivos son zonas que están expuestas a grandes cantidades de humedad, esta condición aumenta el riesgo a una exposición de sistemas eléctricos.
- Corte por Chorro de Agua: Es un proceso de índole mecánico mediante el cual se logra cortar cualquier material, haciendo impactar sobre éste un chorro de agua a gran velocidad para producir el acabado deseado efectuando un corte limpio, el cual mantiene las condiciones físicas del elemento que corta siendo un proceso reciclable. Sin embargo, para efectuar este tipo de corte se necesitan motobombas y compresoras de mucha potencia para poder adecuar un sistema completo de canalización de agua en cada una de las naves.

Figura 31. Tabla de combinación de conceptos sub problemas “Energía” y “Cortar más de una flor con un solo gesto.”



Los conceptos básicos seleccionados de los árboles anteriores se llevaron a una tabla de combinación de conceptos para obtener una serie de alternativas, específicamente mecanismos, a los dos sub problemas principales.

Figura 32. Alternativas de Mecanismos.

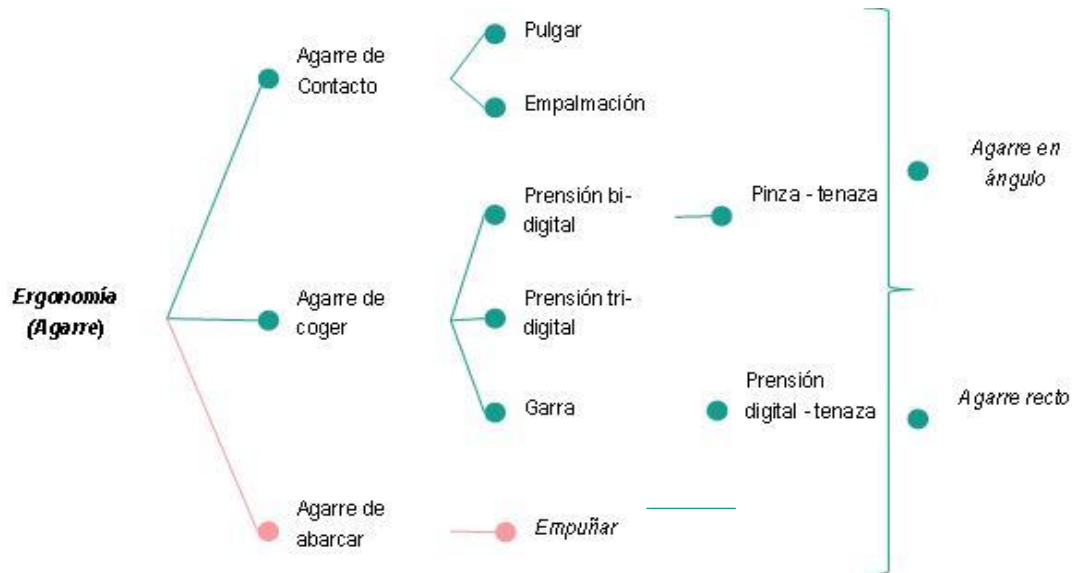


Con base a la información que enmarca la Figura 31 se desarrollaron tres opciones de mecanismos para la herramienta (explicadas con más detallada en el siguiente capítulo), las cuales tendrán su respectiva evaluación, con base en los criterios necesarios para obtener un mecanismo que cumpla a cabalidad con la función que resuelva el problema de diseño. (Anexo C)

Para el sub problema “Ergonomía”, se tienen en cuenta los tres factores de riesgo: *Repetición*, *Postura* y *Fuerza*. El factor por *Repetición* será abordado con el desarrollo del mecanismo y el factor *Fuerza* es una constante para tener en cuenta en el diseño del mecanismo. Luego se abordará el factor *postural*, el cual sugiere que el corte se realice con la mano y el antebrazo en pronación.

Para el desarrollo del mango, se tendrá en cuenta el tipo de agarre para que maneje un equilibrio entre la fuerza para accionar la herramienta y un adecuado nivel de precisión que permita el manejo de ésta.

Figura 33. Árbol de clasificación para los conceptos del subproblema “Ergonomía (Agarre).”



Se descartan los agarres de contacto debido a que se enfocan en manejar o recoger pequeños objetos, sin aportar precisión y fuerza. En cuanto a los agarres de coger, estos son indicados para trabajos finos y de mucha precisión para herramientas que no requieran mucha fuerza.⁴⁷

Es seleccionado el **Agarre de abarcar**, al ser el más adecuado para actividades de fuerza, además de optimizar el uso de la extremidad superior, en especial de la mano. En este agarre se enfatiza en la variación de empuñadura donde los dedos de la mano están alrededor del objeto, excepto el dedo pulgar, que se encuentra en la parte trasera del mango, obteniéndose un agarre de fuerza con una componente de precisión, necesaria para la actividad de corte.

En la tabla 6 se ejemplifican los agarres más representativos.

⁴⁷ PATKIN, M. A check-list for Handle Design. Australia. 2001

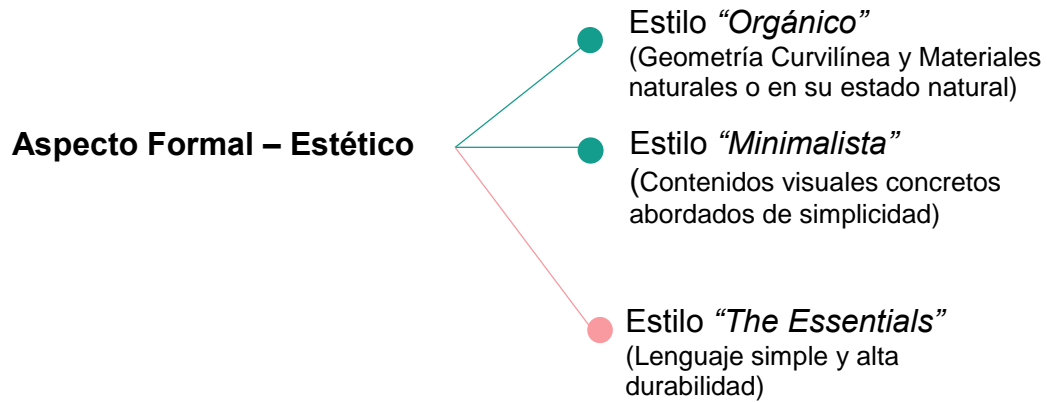
Tabla 6. Tipos de Agarre de Abarcar.

Agarre de Abarcar	
	2 dedos
	3 dedos
	4 dedos
	mano

Fuente: ALDANA, L., GALVIS, A., MORENO, L., & ROMERO, J. emaze.com. 2017. Obtenido de <https://www.emaze.com/@ACITQQFL/CASO-CL%C3%8DNICOPR%C3%81CTICA>

El proyecto busca además de un objeto con características funcionales, un objeto estético- formal que evoque sentimientos a los futuros consumidores. Por tanto, se realizó un árbol de conceptos formal estéticos, orientado en tendencias de diseño con las cuales se busca reunir algunas de las preferencias formales de los consumidores.

Figura 34. Árbol de clasificación para los conceptos del sub problema “Aspecto Formal – estético.”



Se seleccionó un **Estilo “*The Essentials*”** para desarrollar el diseño formal estético de la herramienta ya que se buscó destacar cada uno de los aspectos fundamentales del producto de forma detallada, clara y con un aspecto formal estético impecable que transmitiera la información necesaria para ser usado con facilidad sin generar una posible fatiga mental. Este estilo se fundamenta en el *buen diseño*, objetos que resuelvan necesidades funcionales y emocionales, representado en formas curvas, colores no estridentes y acabados perfectos.⁴⁸

Los tipos de materiales, texturas, construcción controlada de la forma, relieves, contrastes, signos y demás, son algunos de los criterios estéticos y psicológicos que experimenta el usuario al interactuar con el objeto. Por consiguiente, se busca que en la percepción de la herramienta el mensaje sea claro y sencillo, a partir de un sentido de la estética substancioso, directo y único. El resultado ideal es un producto de mayor pureza y simplicidad.

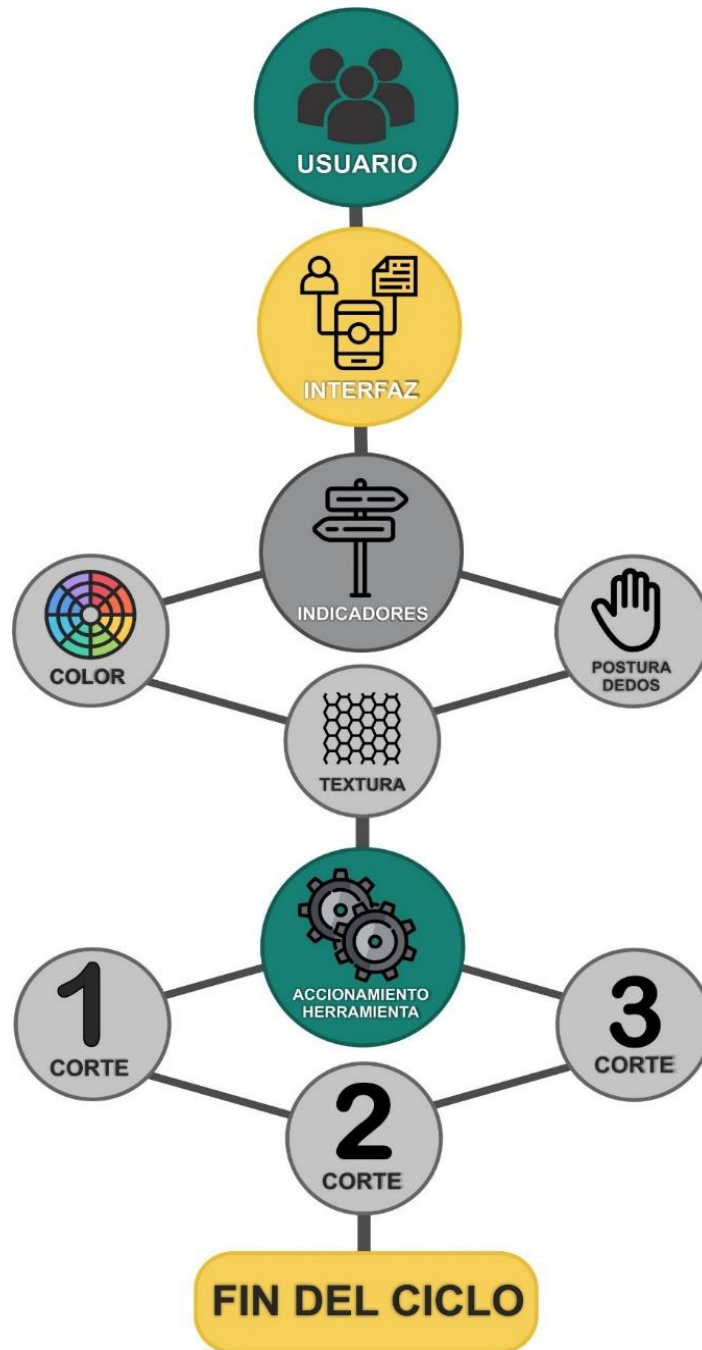
⁴⁸ GOBERT, D., RODRIGUEZ, S., CASADO, P., JOVER, C., GÁLVEZ, R., NAVARRO, J., . . . CRITISTINA, R. Cuaderno de Tendencias del Habitat 2010 / 2011. Comunidad Valenciana. 2010

8.4. INTERACCIÓN USUARIO- PRODUCTO.

La Figura 35 muestra el esquema de interacción usuario-máquina según los siguientes elementos:

1. **Usuario:** usuario que maneja la herramienta para corte de flores.
2. **Interfaz:** interacción usuario- herramienta- contexto
3. **Indicadores:** Información que sirve de guía para entender las funciones de cada una de las partes que conforman la pieza. Permiten crear un modelo mental de uso.
 - a) *Color:* Tiene como objetivo diferenciar las partes de la herramienta según la función que cada una de estas tenga con respecto al manejo del utensilio.
 - b) *Comisuras lineales:* Indica donde se deben posicionar los dedos a la hora del agarre de la herramienta a través de sus mangos.
 - c) *Texturas:* Cumple la función de antideslizante sobre el material que recubre los mangos.
4. **Accionar la herramienta:** ejecución del gesto de aprehensión sobre la herramienta para iniciar los cortes de las flores. El gesto, parte del agarre donde participan el dedo pulgar y el resto de los dedos, que están colocados de forma opuesta y rodean el mango de la herramienta. Consiste en **un movimiento de cierre** entre el dedo pulgar y el resto de los dedos, acompañado de la flexión de las articulaciones interfalángicas proximales y distales de estos últimos. Así, este proyecto busca que con un movimiento de cierre (gesto de aprehensión) se generen varios cortes de flores.
5. **Final del Ciclo:** Después de ejecutado los cortes, termina el uso de la herramienta y se empieza de nuevo.

Figura 35. Interacción Usuario- Objeto.



9. DESARROLLO Y VERIFICACIÓN.

9.1. DESARROLLO DEL MECANISMO.

9.1.1 Alternativas de mecanismos. Las siguientes alternativas de mecanismos que dan respuesta principalmente a los problemas de “Energía” y “Cortar más de una flor con un solo gesto.”, se basan en la combinación de conceptos, especificados en la exploración sistemática del capítulo anterior.

Figura 36. Alternativa de mecanismo 'A'

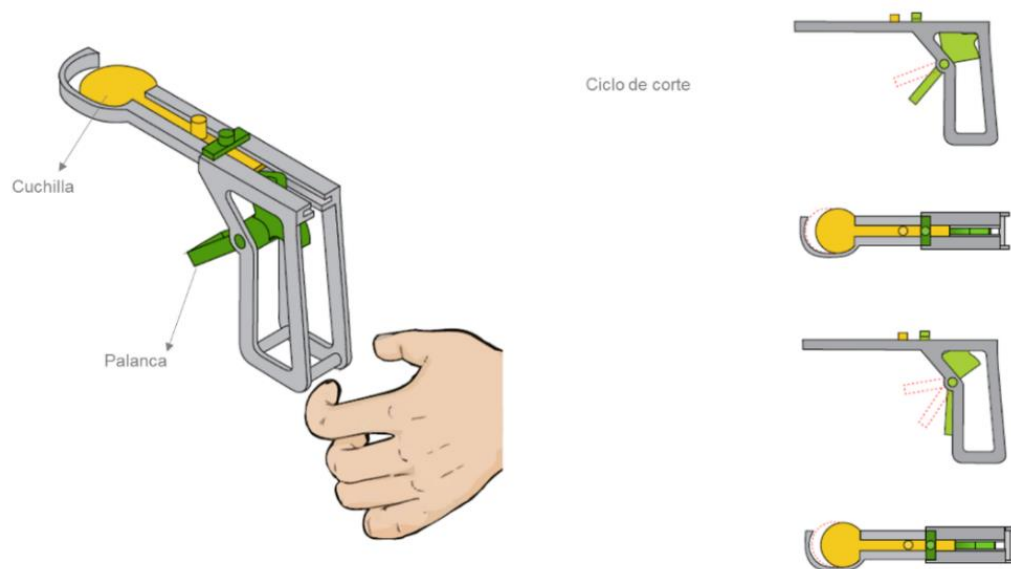
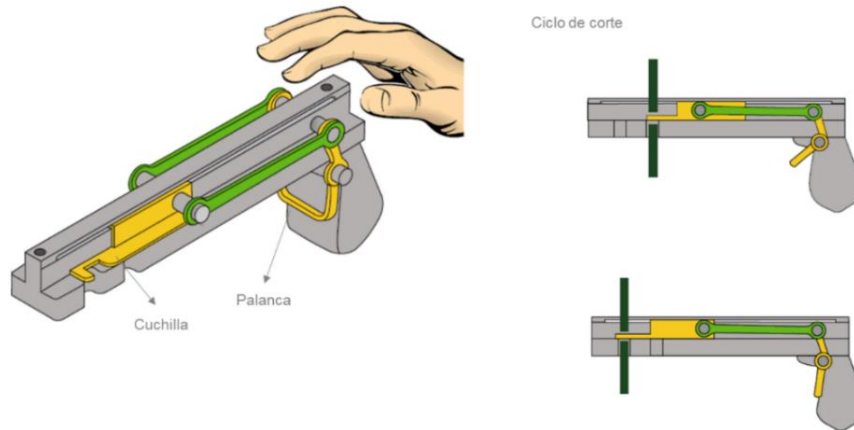


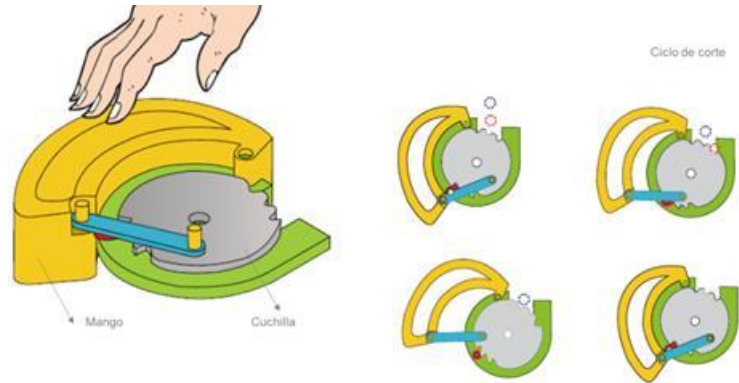
Figura 37. Alternativa de mecanismo 'B'.



Esta alternativa es una composición de palanca de primer grado y trinquete. Esta alternativa permite hacer dos cortes con un solo gesto de aprehensión a medida que se va oprimiendo gradualmente la palanca, con el fin de que en un solo ciclo se completen los dos cortes. Posee un gatillo que al ser presionado devuelve el trinquete y deja la herramienta lista para iniciar un nuevo ciclo de cortes. Éste realiza el corte por guillotina, dando como resultado un corte limpio y rápido.

Este mecanismo se caracteriza por ser ambidiestro. Su sistema se basa en una adaptación del principio de biela – manivela, el cual con la ayuda de un resorte amortiguador devuelve el sistema para iniciar un nuevo ciclo de cortes. Éste permite que por cada gesto de aprehensión que se realice se puedan generar dos cortes por fricción por izquierda o por derecha.

Figura 38. Alternativa de mecanismo 'C'.



La última alternativa es la combinación de los principios mecánicos de palanca de segundo grado y un trinquete, donde por un gesto de extensión graduado se realizan dos cortes a presión por ciclo. Al final del ciclo, por acción del resorte se devuelve el sistema a su estado inicial.

9.1.2 Evaluación de alternativas de mecanismos.

Tabla 7. Evaluación de las alternativas de mecanismos.

PROTOCOLO EXPERIMENTAL.	
<p><i>Objetivo del estudio.</i></p> <p>Seleccionar entre las tres alternativas de mecanismos de corte, el más óptimo en términos de solucionar eficientemente el problema planteado, involucrando de forma conjunta los siguientes aspectos: Reducción del número gestos de aprehensión y de extensión por corte de flor, eficacia de corte y viabilidad de fabricación a gran escala.</p>	<p><i>Participantes.</i></p> <p>En este estudio participaron 6 expertos: 2 profesionales en ingeniería mecánica para que aporten su concepto sobre la eficacia del mecanismo y viabilidad de fabricación; 2 profesionales en ingeniería metalúrgica para que den su concepto productivo y el ciclo de vida, y por último, 2 profesionales en diseño industrial que puedan dar un juicio general al visualizarlo como una herramienta manual.</p>
<p>Variable Independiente</p>	

PROTOCOLO EXPERIMENTAL.

El factor a estudiar es el sistema funcional de la herramienta de corte, representado en tres tratamientos de los cuales se busca seleccionar uno. La descripción de esta variable se presenta en el punto 9.1.1 de la página

- Tratamiento 1: Mecanismo de la alternativa A.
- Tratamiento 2: Mecanismo de la alternativa B.
- Tratamiento 3: Mecanismo de la alternativa C.

Respuesta a Medir

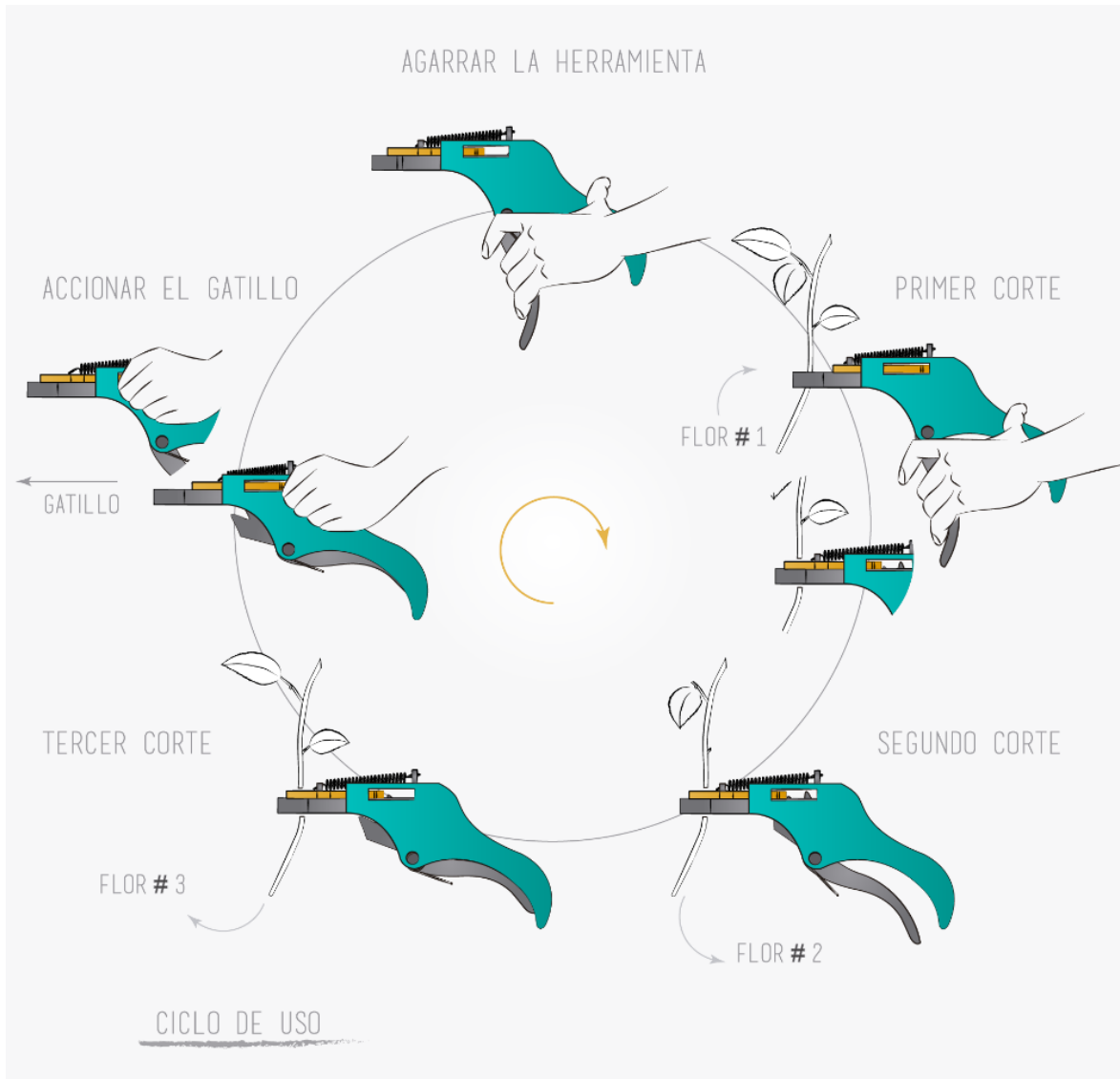
Los factores a evaluar son: número de movimientos de aprehensión de la mano necesarios para cortar una flor, eficacia de corte y viabilidad de fabricación a escalas industriales. Un movimiento de aprehensión de la mano es aquel que inicia en una acción que permite la extensión de los dedos y finaliza con la flexión de los mismos o cierre de la mano. Figura 39.

Equipo de Medida	Indicadores
- Autoreporte. (- ANEXO D)	Evalué un número del 1 al 5, teniendo en cuenta que 1 es el peor valor (nada) y 5 es el mejor valor (mucho).

Procedimiento

A cada participante, se le provee de forma aleatoria una alternativa de mecanismo, que manipulará y accionar, además de una hoja de respuesta para evaluar dicha alternativa, que consiste en evaluar 8 afirmaciones según los indicadores. El mismo procedimiento se realiza con los dos tratamientos restantes.

Figura 39. Ejemplo del ciclo de uso de una de las alternativas de mecanismo para la Herramienta manual.



RESULTADOS OBTENIDOS.

Los datos numéricos obtenidos representan la evaluación a las afirmaciones (todas de igual grado de importancia) registradas en la hoja de respuesta. Los datos registrados corresponden a diferentes profesionales de áreas como ingeniería mecánica, ingeniería metalúrgica y diseño industrial, con un rango de

edades de 22 a 40 años. Para el tratamiento de datos, se promedió la valoración de todos los participantes sobre cada afirmación en cada tratamiento, para conocer la valoración y saber específicamente, ventajas y desventajas. Por último, se promediaron los resultados en cada tratamiento con el fin de saber globalmente, que tratamiento había tenido la mejor valoración. (Anexo E)

Figura 40. Participantes realizando evaluación de las 3 alternativas de mecanismo para la herramienta.



Figura 41. Resultados - Prueba de evaluación de alternativas de mecanismos. Parte 1.

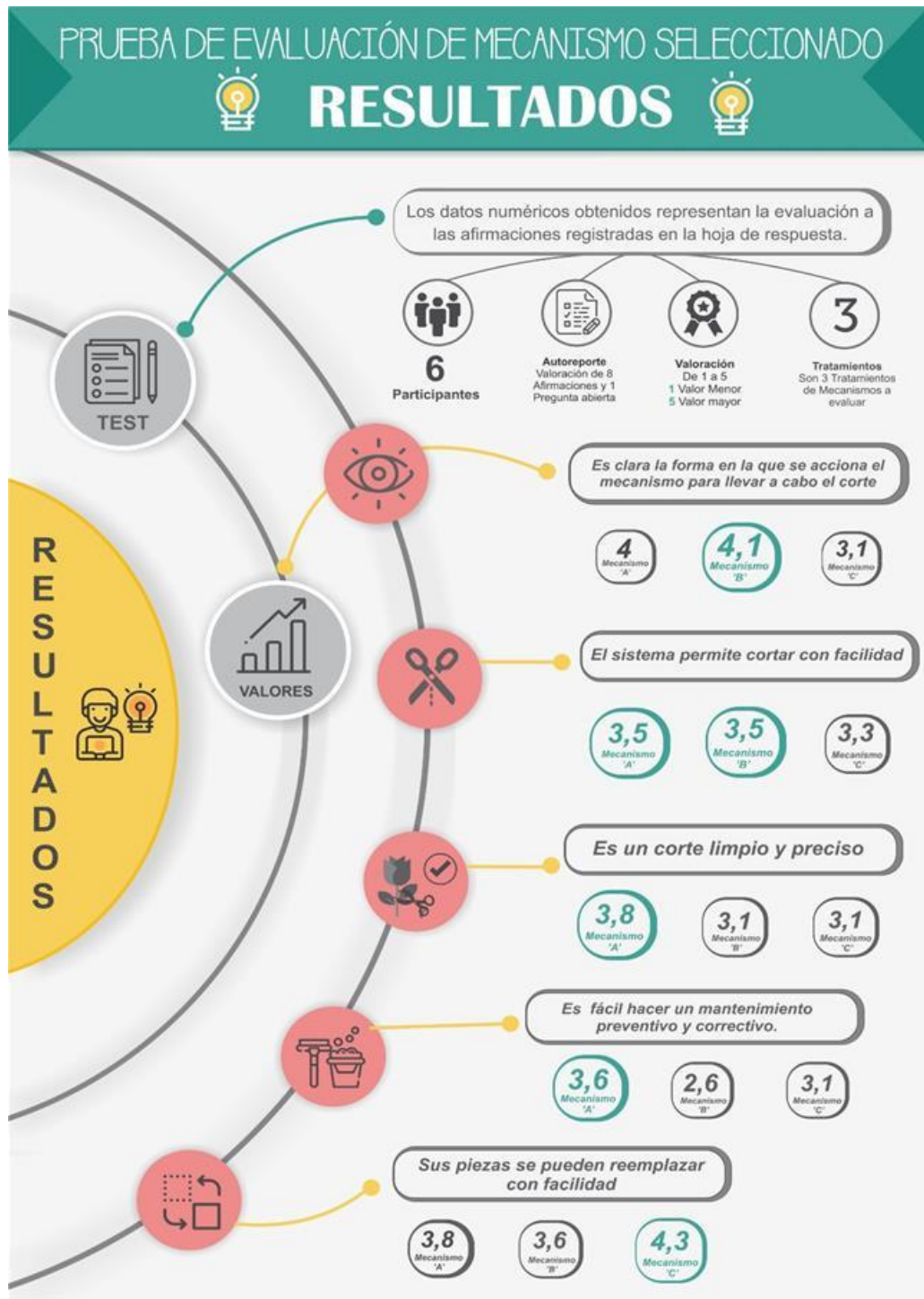


Figura 42. Resultados - Prueba de evaluación de alternativas de mecanismos. Parte 2.

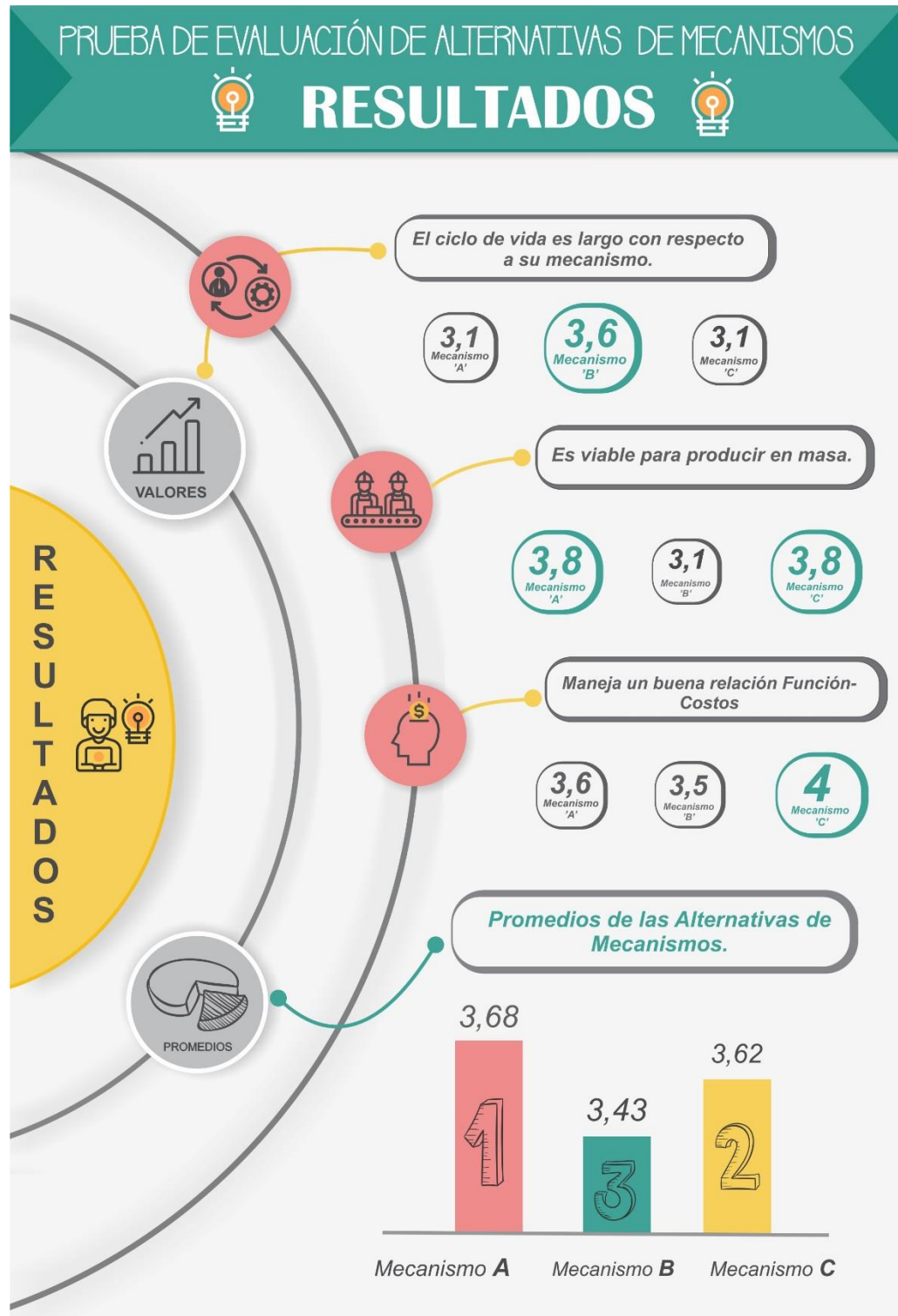


Figura 43. Conclusiones - Prueba de evaluación de alternativas de mecanismos.



9.1.3 Mecanismo seleccionado. Los cambios realizados al mecanismo teniendo en cuenta las conclusiones obtenidos en la evaluación se muestran en el siguiente gráfico.

Figura 44. Rediseño del mecanismo seleccionado.



9.2 DESARROLLO ERGONÓMICO.

Para el desarrollo del árbol de conceptos del subproblema “Ergonomía”, se tuvo en cuenta las siguientes premisas dadas por ⁴⁹ para el diseño de una herramienta ergonómica.

⁴⁹ MONDELO, P., GREGORI, E., BLASCO, J., & BARRAU, P. Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Barcelona: Mutua Universal. 1998

- Fomentar el uso de ambas manos (herramienta ambidiestra) que atenúe los problemas de las personas zurdas y el cansancio de la mano dominante cuando está está fatigada.
- Enfocar el diseño de la herramienta para ser utilizada por el grupo muscular adecuado. Procurando reducir la precisión que la herramienta impone, que se pueda usar con todos los dedos de la mano, además preferir movimientos que cierren la mano, debido a que estos músculos son más fuertes que los usados para abrir la mano.

A partir de lo anterior, respecto a la forma de sujeción de la herramienta, se contemplan los factores fuerza y la superficie de contacto, donde la superficie es la variable que manipular, la cual debe ser lo suficientemente amplia para reducir la compresión y para distribuir las presiones.

Para las medidas del mango se manejará el percentil 50 (para medidas perimetrales) y el 95 para largura, teniendo como base las tablas de medidas antropométricas del sector floricultor colombiano para el sexo masculino, medidas que se reducen en un 20% por el uso de guantes⁵⁰. De las tablas antropométricas de⁵¹ se seleccionó el percentil 50 de la distancia de medida de un agarre oblicuo. La Tabla 7 respaldada por la

Figura 45. Distancia de agarre óptimo para elementos de diseño de agarre de fuerza.

de Fransson & Winkel⁵² evidencia que un agarre óptimo para mujeres debe medir entre 50-60mm y 55-65mm para hombre.

⁵⁰ MARADEÍ, M. F., & ESPINEL, F. Ergonomía para el Diseño. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2009

⁵¹ MONDELO, GREGORI, BLASCO, & BARRAU, Op. Cit.

⁵² FRANSSON, & WINKEL, Op. Cit.

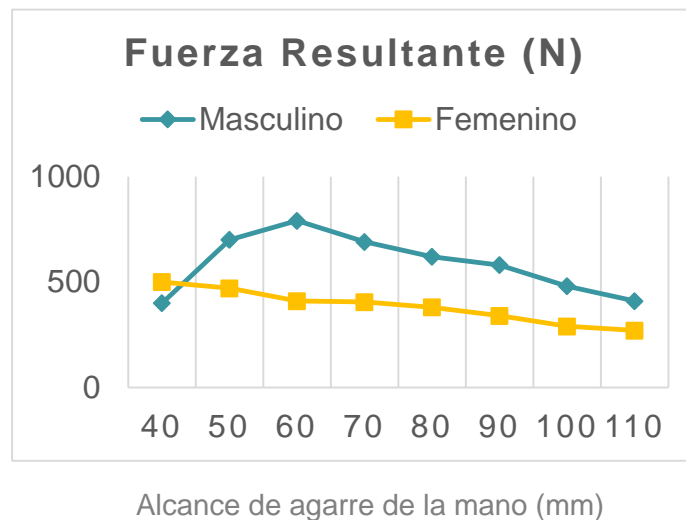
Tabla 8. Medidas antropométricas agarre oblicuo. Fuente: (Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 1998)



Agarre de Fuerza Oblicuo

Distancia en cm (pulgadas) 50/50 Hombre Mujer			
	5 Percentil	50 Percentil	95 Percentil
	3,6 (1,4)	4,5 (1,8)	5,8(2,3)
Máximo	9,5 (3,7)	11,0 (4,3)	13,0 (5,1)

Figura 45. Distancia de agarre óptimo para elementos de diseño de agarre de fuerza.



Fuente: FRANSSON, C., & WINKEL, J. Hand strength: The influence of grip span and grip type. 1991

De las tablas de Antropometría laboral en empresas del sector floricultor masculino⁵³ se seleccionaron las dimensiones de anchura palmar, longitud de la mano, longitud de los dedos, anchura de la mano, circunferencia de la mano y circunferencia palmar. (Tabla 8.)

Tabla 9. Medidas antropométricas de la mano - Antropometría laboral en empresas del sector floricultor masculino.

DIMENSIONES (CM)	PERCENTIL		
	D.E	50	95
<i>Anchura palmar</i>	0.55	9.20	
<i>Longitud de la mano</i>	0.85		19.60
<i>Longitud de los dedos</i>	0.80		13.28
<i>Anchura de la mano</i>	0.57	10.50	
<i>Circunferencia de la mano</i>	1.19	25.30	
<i>Circunferencia palmar</i>	1.07	22.50	

Fuente: ÁVILA, R., PRADO, L., & GONZÁLES, E. Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara. 2007

A partir del árbol de clasificación para los conceptos del subproblema “Ergonomía (Agarre)” y de los fundamentos⁵⁴ al ser una herramienta que se acciona por presión palmar y tener un mango de fuerza, el tipo de agarre seleccionado fue el de abarcar oblicuo, con cuatro dedos de un lado y el pulgar rodeándolo por el otro lado⁵⁵, el cual se puede incluir en la categoría de mangos de pistola, donde la fuerza se lleva a cabo a lo largo del antebrazo.

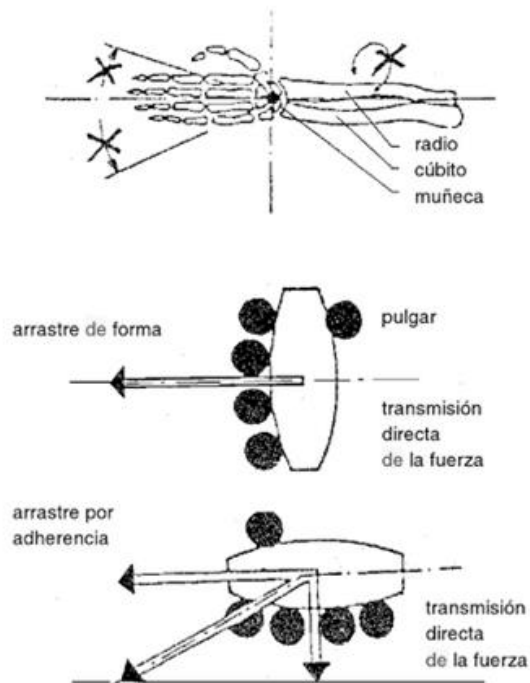
⁵³ ÁVILA, R., PRADO, L., & GONZÁLES, E. Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara. 2007

⁵⁴ MONDELO, GREGORI, BLASCO, & BARRAU, Op. Cit.

⁵⁵ MARADEÍ, M. F., ESPINEL, F., & VALENCIA, A. A study on the influence of grip span on the strength exerted by each finger. Revista De Salud Publica ISSN: 0124-0064, 18, 935 - 945. 2016

Respecto a la forma del mango será troncocónico que consiste en un mango donde varían los diámetros progresivamente, con el fin de solucionar el problema de las diferencias de manos de los operarios.

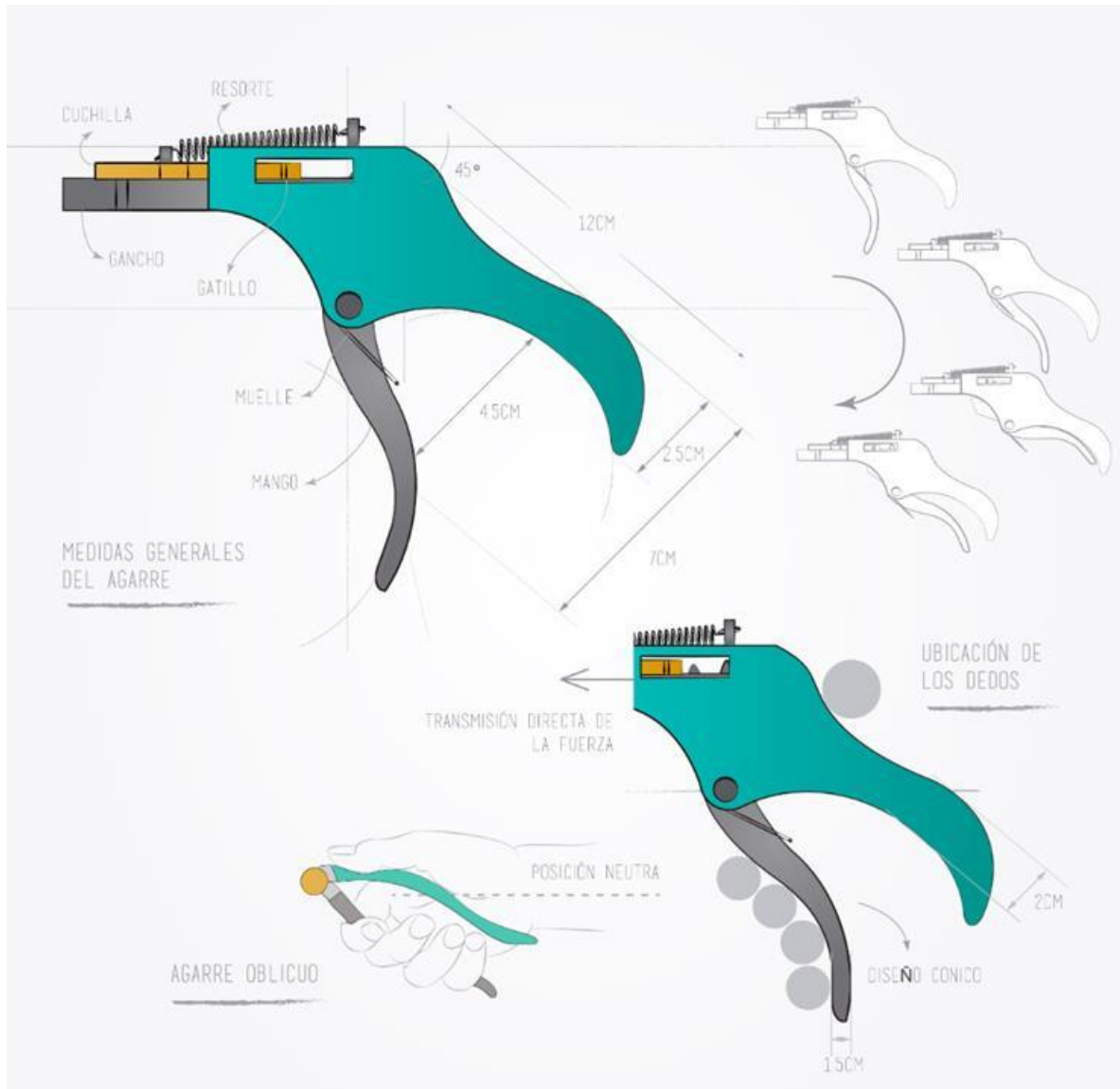
Figura 46. Forma de agarre de fuerza.



Fuente: MONDELO, P., GREGORI, E., BLASCO, J., & BARRAU, P. Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Barcelona: Mutua Universal. 1998

Con el fin de proporcionar al usuario un mango más anatómico y adaptivo a la tarea de corte, el siguiente gráfico presenta la propuesta de sujeción, aplicando los conceptos ergonómicos explicados con anterioridad y las recomendaciones dadas en la evaluación.

Figura 47. Diseño del agarre.

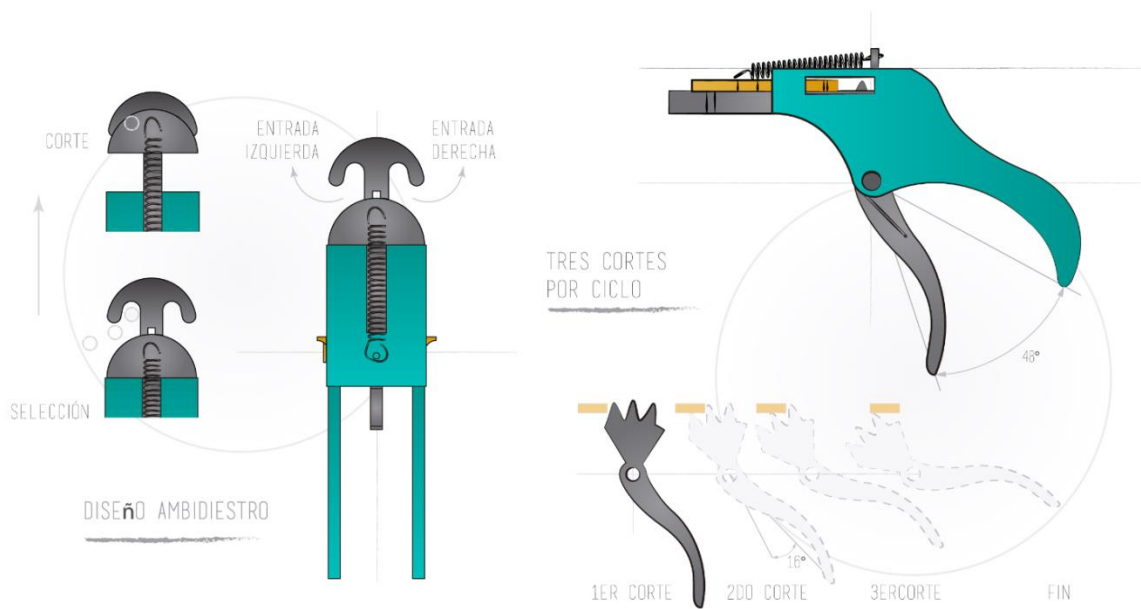


9.3 PROPUESTA DE LA HERRAMIENTA

En el siguiente gráfico se muestra un boceto general de la herramienta con las modificaciones sugeridas en la evaluación, así como la modificación para hacer la herramienta ambidiestra, otra modificación con respecto al mecanismo para

aumentar el número de cortes a tres, por un gesto de aprehensión. Para la evaluación del mecanismo seleccionado se hicieron dos variaciones en el sistema de corte: Una de dos cortes y otra de tres cortes por gesto de aprehensión. De éstas se escogerá una a partir de una evaluación realizada a trabajadores del sector floricultor.

Figura 48. Modificaciones al mecanismo seleccionado.



9.3.1 Prueba de evaluación de la alternativa de mecanismo seleccionado.

Tabla 10. Evaluación de la alternativa de mecanismo seleccionado

PROTOCOLO EXPERIMENTAL	
Objetivo del estudio	Participantes
<p>Evaluar el mecanismo de corte seleccionado, involucrando los siguientes aspectos: Reducción del número gestos de aprehensión por corte de flor, eficacia de corte y percepción de la facilidad de realizar mantenimiento y remplazo de piezas.</p>	<p>En este estudio participaran 6 trabajadores del sector floricultor que den un concepto de las alternativas desde su experiencia en la labor de corte de flores.</p>
Variable Independiente	
<p>El factor por estudiar es el sistema funcional de la herramienta de corte, representado en dos tratamientos de los cuales se busca seleccionar uno.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento 1: Trinquete de 2 Cortes - Tratamiento 2: Trinquete de 3 Cortes 	
Variable Dependiente	
<p>Los factores por evaluar son: Reducción de número de movimientos, eficacia de corte y percepción de la facilidad de realizar mantenimiento y remplazo de piezas.</p>	
Equipos	Indicadores
-Autoreporte.	<p>Evalúe un número del 1 al 5, teniendo en cuenta que 1 es el peor valor (nada) y 5 es el mejor valor (mucho).</p>
Procedimiento	
<p>A cada participante, se le provee las el modelo del mecanismo el cual difiere en el trinquete, además de una hoja de respuesta para evaluar la alternativa seleccionada valorando 6 afirmaciones de 1 a 5 y una pregunta abierta con el fin de comparar los dos trinquetes.</p>	

RESULTADOS OBTENIDOS.

Los datos cuantitativos obtenidos representan la valoración de las afirmaciones (todas de igual grado de importancia) registradas en la hoja de respuesta, las cuales poseen un rango de evaluación de 1 a 5, siendo 1 el menor valor y 5 el máximo. Los datos registrados corresponden a trabajadores del sector floricultor, con un rango de edades de 22 a 50 años. Se tomaron 6 muestras, con 2 tratamientos. Para el tratamiento de los datos, se promedió la valoración de todos los participantes sobre cada afirmación, para conocer la valoración general de cada una y así saber específicamente ventajas y desventajas de los tratamientos. (Anexo F)

Figura 49. Trabajadores del sector floricultor realizando evaluación de la alternativa del mecanismo.



Figura 50. Resultados - Prueba de evaluación de mecanismo seleccionado.

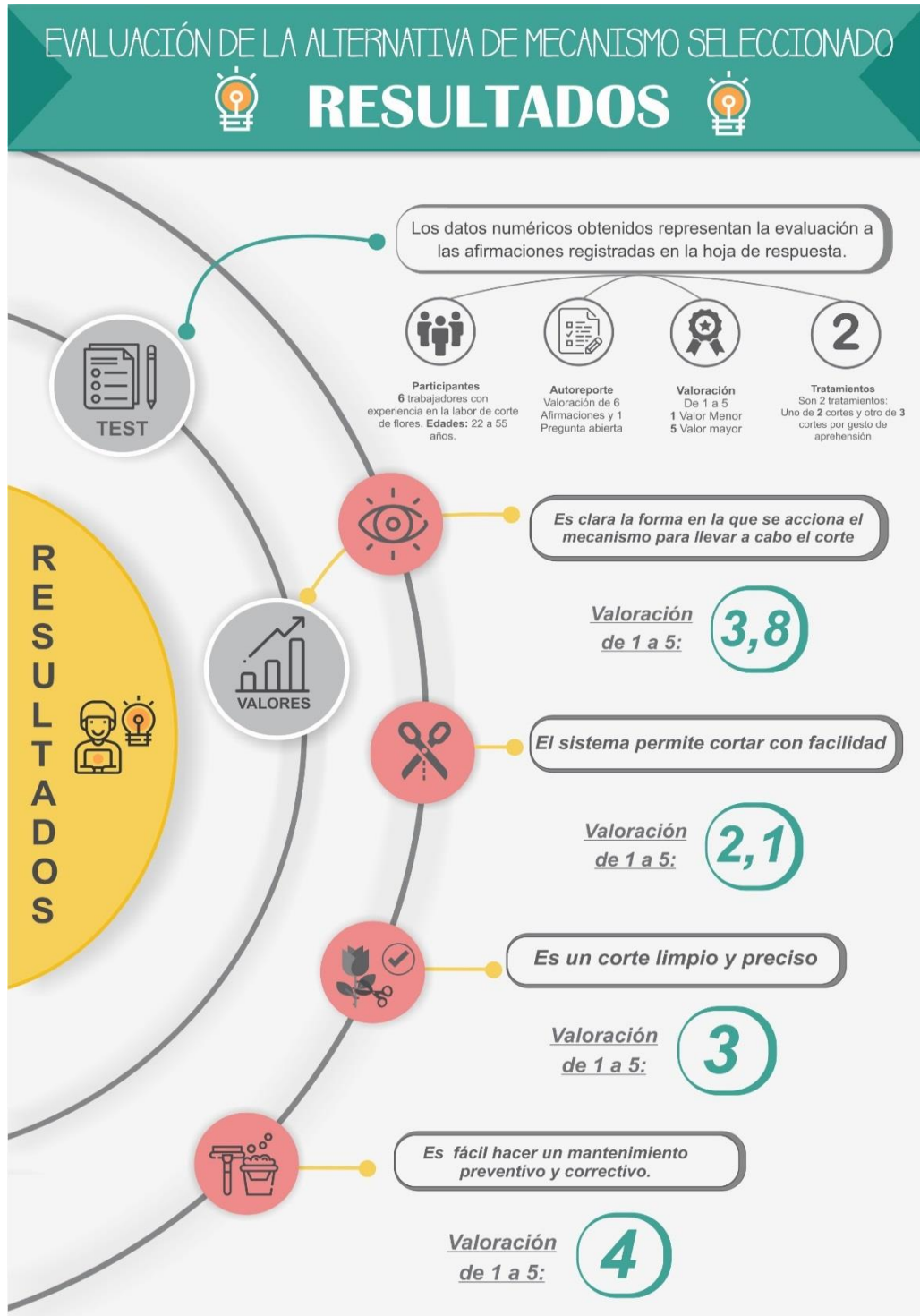
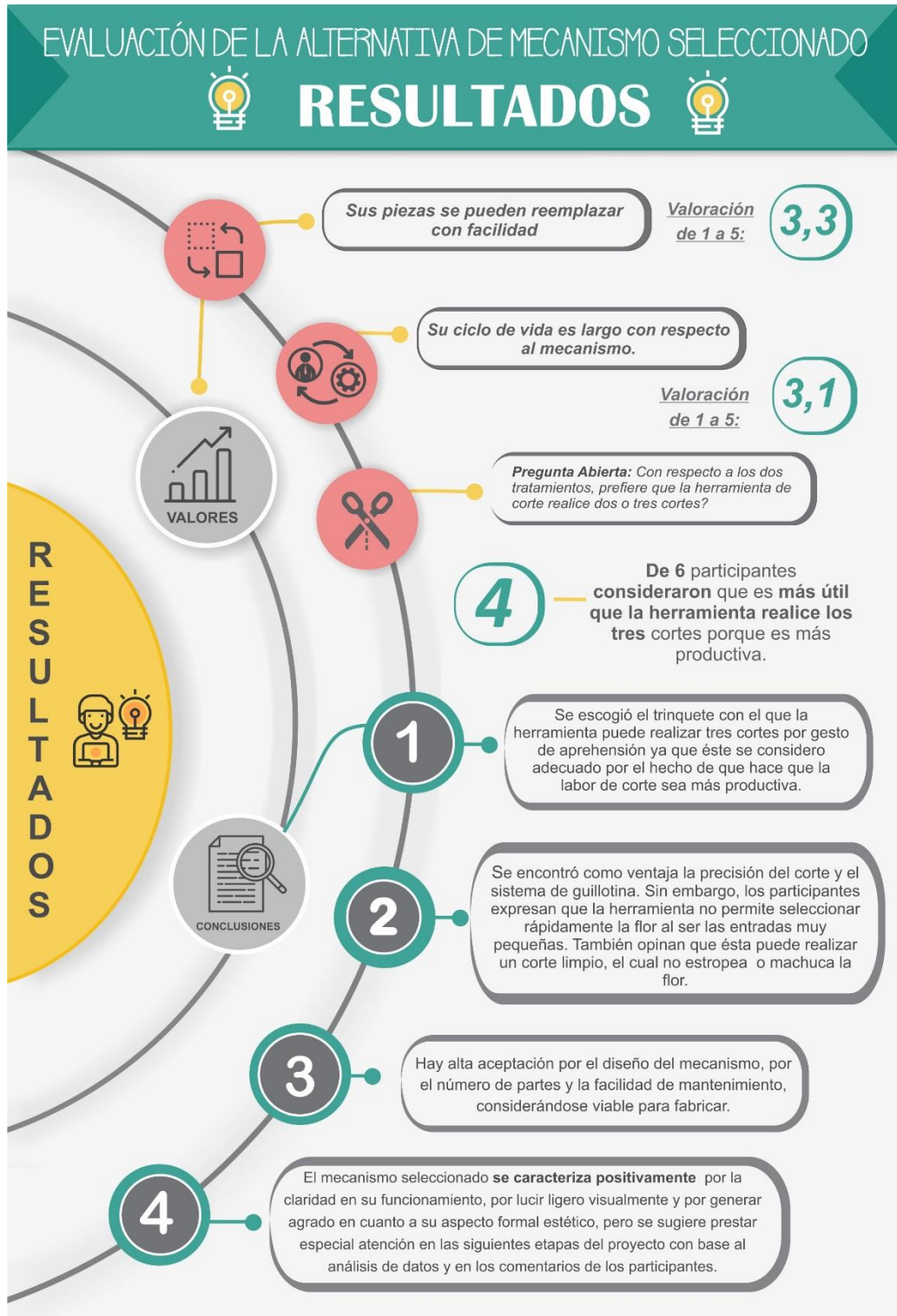


Figura 51. Conclusiones - Prueba de evaluación de mecanismo seleccionado.



9.3.2 Prueba de verificación 1: agarre.

Tabla 11. Prueba de verificación 1: Agarre

PROTOCOLO EXPERIMENTAL	
Objetivo del estudio	Participantes
Verificar el diseño del agarre, específicamente las dimensiones, el ángulo de agarre y manejo de la herramienta.	Para este estudio, participaran 20 personas en edades productivas correspondientes a 12 mujeres y 8 hombres, representando el porcentaje de mujeres y hombres que trabajan en el corte de flores (60% mujeres y 40% hombres).
El factor para estudiar es el agarre de la herramienta, el cual comprende la palanca de accionamiento de la herramienta.	
Respuesta a Medir	
El factor para verificar es el agarre de la herramienta, evaluando si las dimensiones y el ángulo propuesto son los adecuados para mantener una postura neutra de la muñeca al accionar la herramienta.	
Equipos de Medida	Indicadores
- Electro goniómetro.	Posición neutra de la muñeca: <ul style="list-style-type: none"> - Extensión de muñeca. - Flexión de muñeca. - Desviación Ulnar. - Desviación Radial Mayor.
Procedimiento	
Para esta prueba se medirá la postura la muñeca en dos alturas básicas en el corte: <ul style="list-style-type: none"> - Corte Basal (corte inferior): La persona flexiona su cuerpo para realizar el corte a aprox. 10cm de la cama, es decir, desde el suelo a aprox. a 45cm de altura. - Corte apical (corte superior): la persona extiende su brazo para realizar el corte a aprox. 25 cm de la cama, es decir, desde el suelo aprox. 60cm de altura. 	

RESULTADOS OBTENIDOS

En este estudio se obtuvo los grados de desviación de los principales movimientos de la muñeca al usar la herramienta, a partir de cuatro indicadores, la desviación radial, desviación ulnar, flexión y extensión. Los datos obtenidos son de 20 personas en edades productivas correspondientes a 12 mujeres y 8 hombres, representando el porcentaje de mujeres y hombres que trabajan en el corte de flores, 60% mujeres y 40% hombres. (Anexo H) El tratamiento de datos consistió en promediar los ángulos obtenidos en cada indicador durante la manipulación de la herramienta, para así obtener los ángulos por individuo y por último se promediaron los valores de todos los participantes para conocer los ángulos de cada movimiento en los dos tratamientos. (Anexo G)

Figura 52. Participantes prueba de verificación 1: Agarre.



Para el análisis de los datos se tienen en cuenta los rangos de movimiento considerado como postura neutral de ARMSTRONG, FOULKE, GOLDSTEIN, & JOSEPH⁵⁶.

Tabla 12. Rango de movimiento de la muñeca.

Movimientos de la muñeca	Rango de postura neutral
Desviación Radial	5° a 0°
Desviación Ulnar	15° a 0°
Flexión	15° a 0°
Extensión	15° a 0°

Fuente: ARMSTRONG, T., FOULKE, J., GOLDSTEIN, S., & JOSEPH, B. Analysis of cumulative trauma disorders and work methods.

⁵⁶ ARMSTRONG, T., FOULKE, J., GOLDSTEIN, S., & JOSEPH, B. Analysis of cumulative trauma disorders and work methods.

Figura 53. Resultados - Prueba de verificación: Agarre.

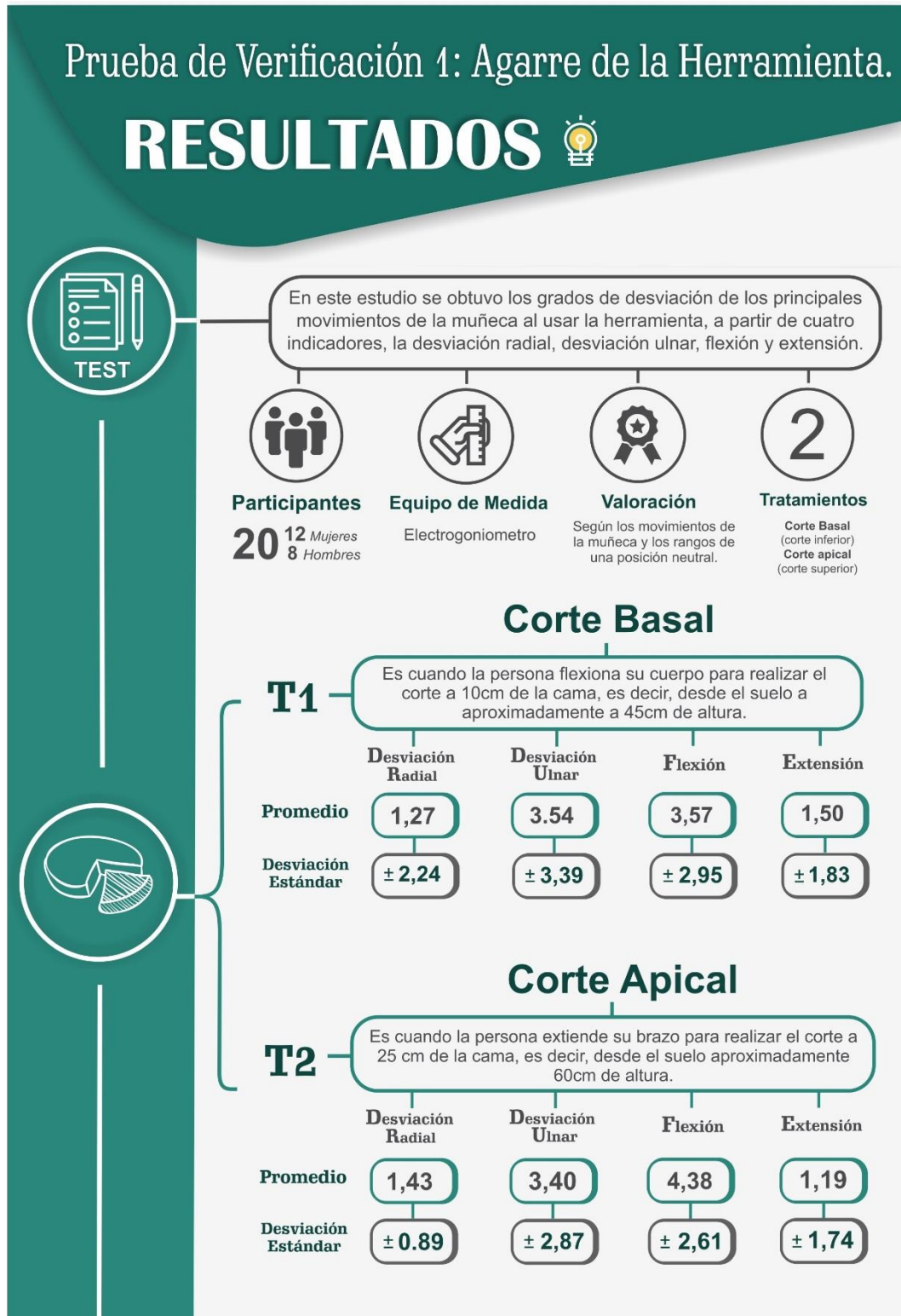


Figura 54. Conclusiones - Prueba de verificación: Agarre.



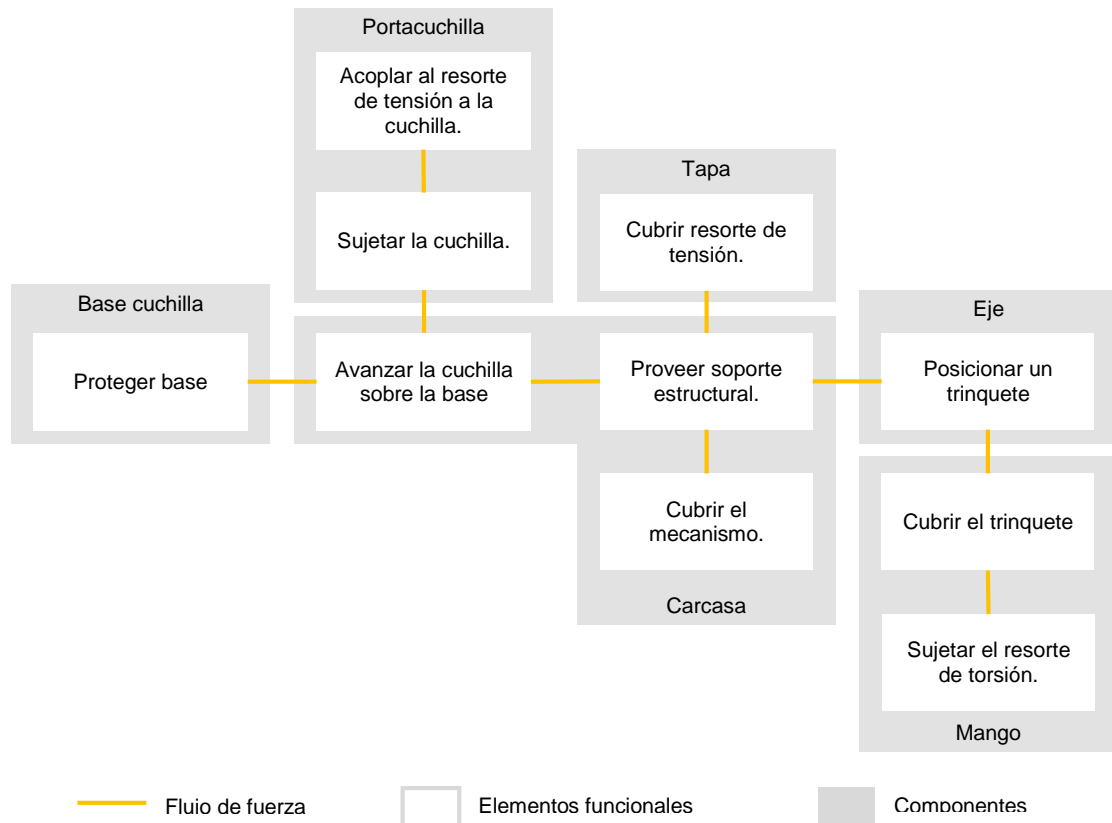
10. PROTOTIPO FUNCIONAL.

10.1 DISEÑO DE DETALLE.

Para crear la arquitectura del producto y definir los componentes físicos de la herramienta se tomó como guía los lineamientos expuesto⁵⁷, teniendo en cuenta aspectos como la arquitectura modular de ranura, donde están formalmente definidas las interacciones de los componentes, bajo esta premisa se diseñó una herramienta que se pudiese manipular como un todo, pero con la idea de que cualquiera de sus piezas se pudiera cambiar, ya sea para el mantenimiento de las piezas, como para sustituir alguna de estas según la necesidad, por ejemplo extraer la cuchilla para afilarla, cambiar alguno de los resortes, o cambiar su trinquete para aumentar o disminuir el número de cortes.

⁵⁷ ULRICH, K., & EPPINGER, S. Diseño y desarrollo de productos. . McGraw Hill. 2013

Figura 55. Arquitectura propuesta para la herramienta.



El diseño de la herramienta comprende las siguientes 6 componentes esenciales:

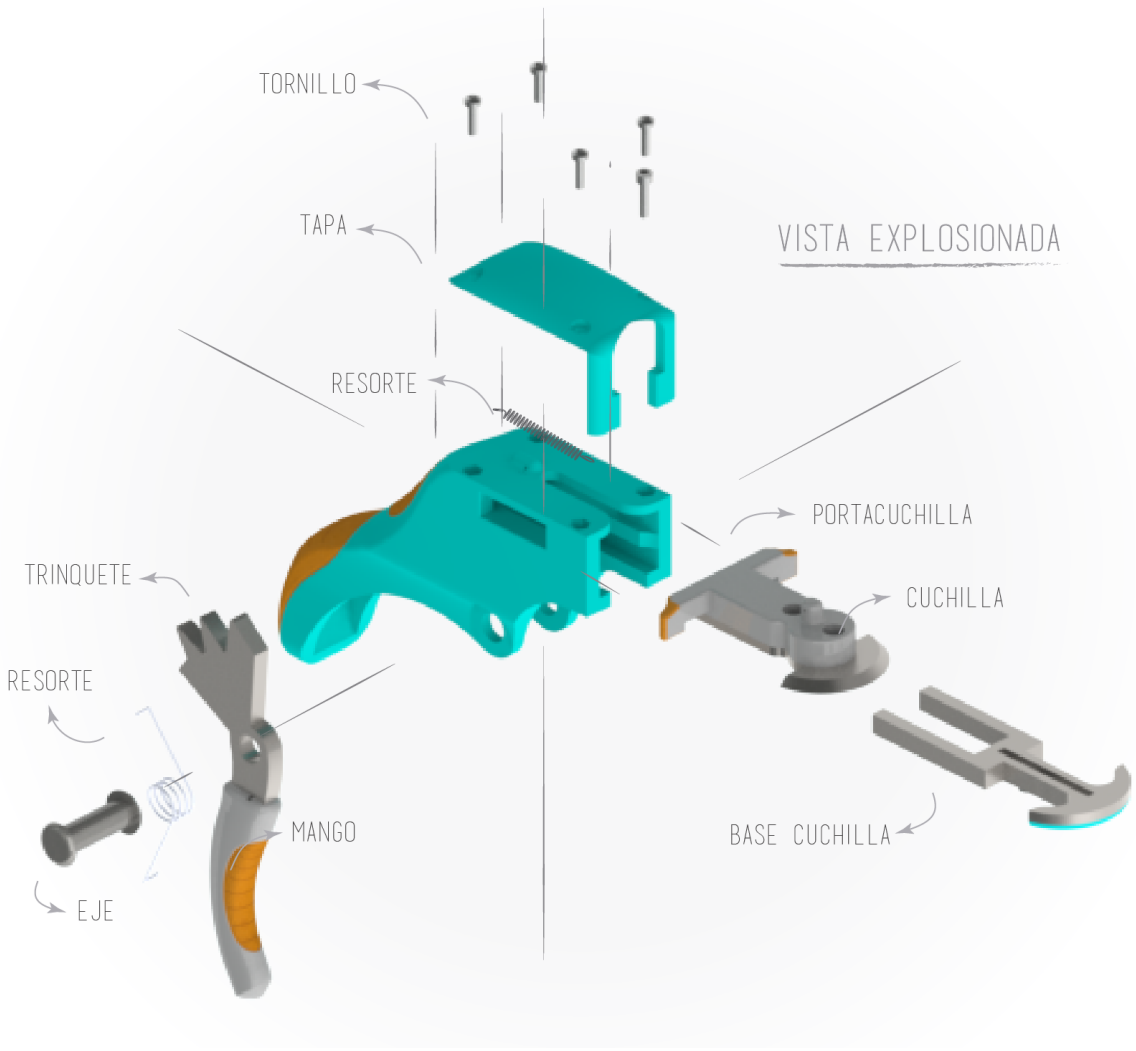
1. **CARCASA PRINCIPAL:** Es la pieza principal de la herramienta elaborada en ABS-PC a la cual se articulan las otras cuatro partes. La carcasa posee un agarre troncocónico el cual resalta por sus formas curvas y suavizadas que al mismo tiempo generan ligereza visual. Al interior está situado el trinquete, el resorte de torsión, la cuchilla, la base de ésta y en la parte superior se encuentra el resorte de tensión.
2. **MANGO:** Está comprendido por el trinquete en acero inoxidable en su parte superior y por un mango desarrollado en ABS-PC que posee una curvatura para

que se adapten las falanges medias y proximales y un resorte de torsión adjunto al interior el mango.

- 3. BASE:** Comprendida por una pieza en acero inoxidable 340 en la superior y otra de la misma geometría en ABS-PC al inferior con el fin de proteger al usuario al momento de tener contacto.
- 4. PORTACUCHILLA:** Está fabricada en ABS-PC cumple la labor de gatillo gracias a sus agarres laterales y sujeta la cuchilla elaborada en acero inoxidable 410.
- 5. TAPA:** El fin de la tapa es recubrir y proteger el resorte y la parte interna de la herramienta de agentes externos, fabricada en ABS-PC.
- 6. EJE:** Es un elemento que permite la rotación del trinquete. Está fabricado en acero inoxidable 340.

Las piezas **1**, **2** y **4** poseen contexturas en silicona en sus zonas de agarre para dar comodidad a los dedos y a la palma evitando que la herramienta se resbale.

Figura 56. Vista explosionada de la herramienta propuesta.



10.1.1. Método DFA (Design for Assembly) de Lucas. Este esquema de 6 componentes está apoyado en la metodología de Diseño para manufactura (DPM) y analizado por el Método DFA de LUCAS, del cual se aplicó el análisis funcional, el análisis de manipulación y alimentación y el análisis de ajuste e inserción, para así evaluar la viabilidad de las piezas para fabricación y ensamblaje.^{58,59}

Por medio del análisis funcional, se calculó el porcentaje de eficiencia del diseño (*E*), dando como resultado 61,5%, concluyéndose que el diseño es eficiente respecto al diseño para ensamblaje, al superar el porcentaje recomendado por el método LUCAS del 60%.

Tabla 7. Clasificación de componentes.

Componentes Esenciales (A)	Componentes no esenciales (B)
1. Carcasa	7. Tornillos (5)
2. Mango	
3. Base	
4. Portacuchilla	
5. Tapa	
6. Eje	
7. Resorte de tensión	
8. Resorte de torsión	

- *Cálculo del porcentaje de eficiencia (E):*

$$E = A \times 100 / (A + B)$$

$$E = 8 \times 100 / (8+5)$$

$$E = \mathbf{61,5\%} > 60\%$$

⁵⁸ CHAN, V., & SALUSTRI, F. DFA: El método Lucas. 2005. Obtenido de deed.ryerson: <http://deed.ryerson.ca/~fil/t/dfmlucas.html>

⁵⁹ HERNÁNDEZ, J. Proceso de industrialización local de prototipos funcionales. Medellín. 2014

El análisis de manipulación y alimentación dio como resultado un índice por componente inferior al 1,5, lo cual indica que las piezas no requieren rediseño y respecto al índice alimentación global (H), el cual fue de 1,3 inferior a la relación de alimentación ideal del 2,5 mostrando que el diseño en general cumple con los tiempos de manipulación y alimentación de la pieza adecuados.

Para el análisis de ajuste e inserción los índices de ajuste de cada componente se encontraron por debajo del ideal que es 1,5 cumpliendo con los tiempos de ajuste, al igual el diseño en general tuvo un índice de ajuste global (F) de 1,1 por debajo del sugerido por el método LUCAS de 2,5.

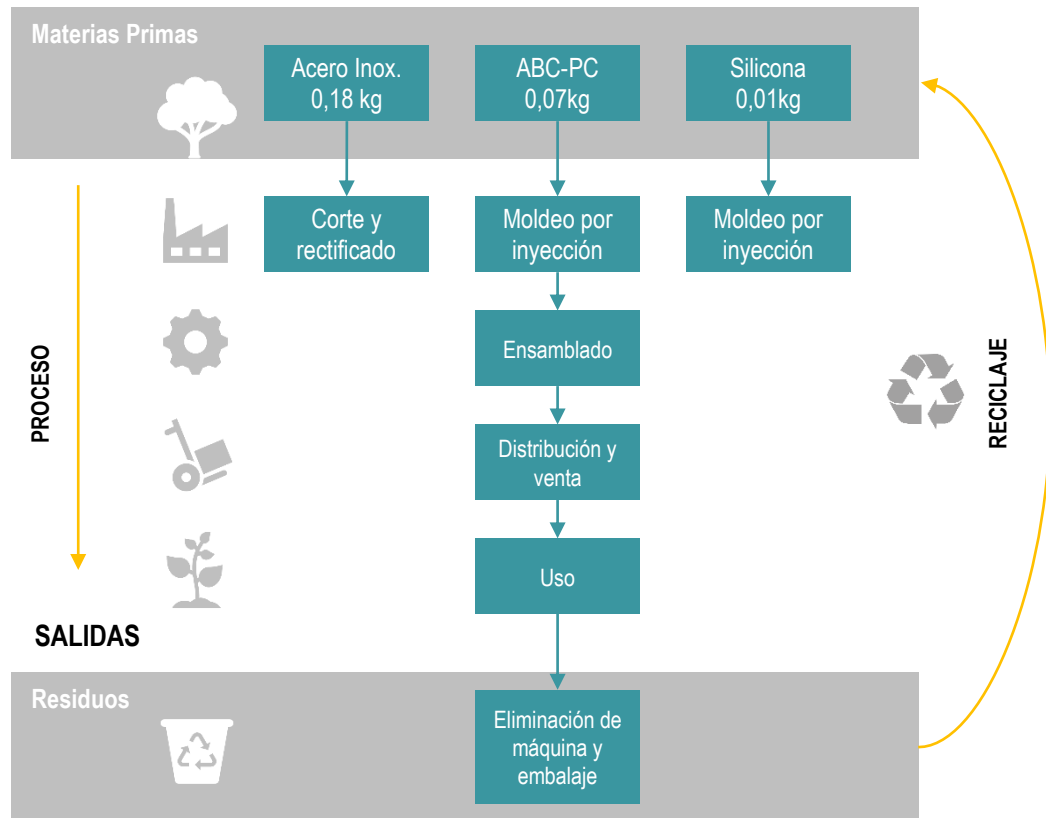
Tabla 8. Análisis de Manipulación y de Ajuste.

No	Nombre del componente	Análisis de manipulación y alimentación				H_i	Análisis de ajuste e inserción.						F_i
		A	B	C	D		A	B	C	D	E	F	
1	Carcasa	1	0	0	0,2	1,2	1,3	0	0	0	0	0	1,3
2	Mango	1	0	0	0,2	1,2	1	0	0	0	0	0	1
3	Base	1	0,3	0	0,2	1,5	1	0	0	0	0	0	1
4	Portacuchilla	1	0,3	0	0,2	1,5	1	0	0	0	0	0	1
5	Tapa	1	0	0	0,2	1,2	1,3	0	0	0	0	0	1,3
6	Eje	1	0	0	0,2	1,2	1	0,1	0	0	0	0	1,1
Total		6	0,6	0	1,2	H= 1,3	6,6	0,1	0	0	0	0	F= 1,1

10.1.2 Análisis del ciclo de vida por la matriz MED. Con el compromiso de diseñar para un mundo sustentable, se encuentra diseñar para disminuir la huella del producto en los ecosistemas, el gasto de los recursos naturales y el impacto directo en la salud humana.

Para ello se analizó el ciclo de vida del producto, para identificar cómo mediante las entradas (materiales y energía) y salidas (residuos y emisiones) se puede mitigar el impacto ambiental que produce la fabricación del producto.⁶⁰

Figura 57. Ciclo de vida del producto.



⁶⁰ MULDER, K. Desarrollo sostenible para ingenieros. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. 2007

El análisis se realizó por medio del método cualitativo, matriz MET, la cual ofrece una perspectiva global rápida del ciclo de vida del producto referente a tres parámetros: a) consumo de materiales (M), b) utilización de la energía (E) y c) las emisiones tóxicas (T)^{61,62}. Con respecto al parámetro Materiales, se observó que se debe controlar el uso del ABS-PC y promover el reciclaje de este, debido a que este puede tardar hasta 100 años en degradarse, además de emitir gases tóxicos en el proceso de fundición. Por otro lado, se incentiva el uso de acero inoxidable, por ser uno de los metales ambientalmente más amigables. Respecto al uso de energía, el gasto energético es alto por el uso de maquinaria industrial, recomendando el uso controlado de esta, programando la producción.

Y, por último, las emisiones tóxicas, provenientes principalmente del procesamiento de materiales y la distribución de materiales, se sugiere el uso de biocombustible, como el biodiesel y el bioetanol.

⁶¹ SANZ, F. Ecodiseño, un nuevo concepto en el desarrollo de productos. . Universidad de La Rioja. 2014

⁶² CUERVO, O. Herramientas de ecodiseño: Matriz MET y Rueda LiDS. 2013

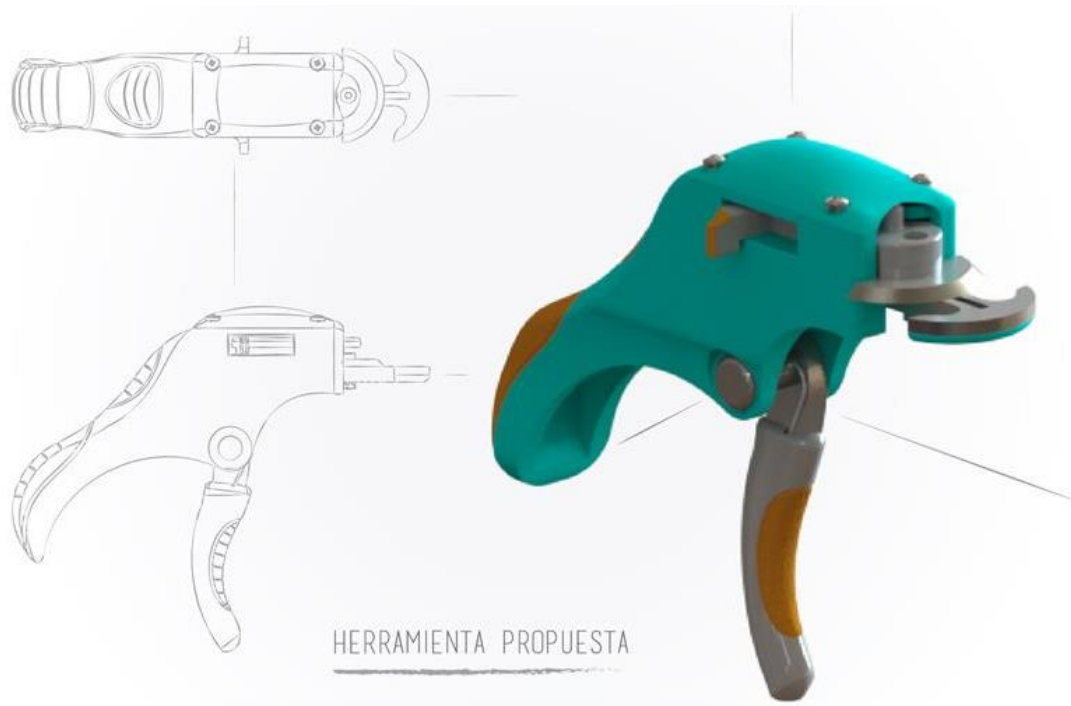
Figura 58. Matriz MET del producto.

	USO DE MATERIALES	USO DE ENERGÍA	EMISIONES TÓXICAS
Obtención de materias primas y Componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Piezas en acero inoxidable. - Piezas poliméricas. - Piezas en silicona. 	<ul style="list-style-type: none"> - Energía utilizada en el procesamiento de los materiales. - Energía requerida para transportar los materiales a la fábrica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones resultantes del procesamiento de materiales.
Producción y ensamblado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Corte a chorro de agua. - Maquinado - Moldeo por inyección. 	<ul style="list-style-type: none"> -Maquinas metalmecánicas. - Inyectora. - Servicios públicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Residuos del corte de acero. - Residuos de piezas inyectadas.
Distribución. 	<ul style="list-style-type: none"> - Empaque de termoformado en polietileno. - Embalaje en cajas de cartón 	<ul style="list-style-type: none"> - Combustible para el transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones producidas por el combustible para el transporte.
Uso. 	Desgaste del material por el uso.		
Gestión de residuos. 			Reciclar <ul style="list-style-type: none"> - Piezas de acero. - Piezas poliméricas. - Polímero de empaque. - Cartón de embalaje.

10.2 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.

10.2.1 Modelado 3D. La Figura 2 es una representación virtual de la herramienta con las dimensiones y materiales reales, que permita observar los detalles de la herramienta y hacer análisis estáticos aproximados al diseño.

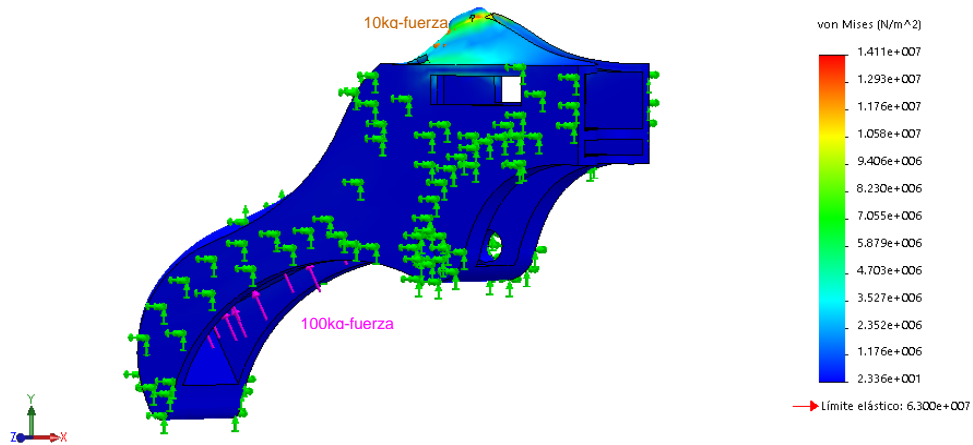
Figura 59. Render de la herramienta propuesta.



10.2.2 Análisis por el método de elementos finitos (Fem, Finite Elements Method). Con el fin de valorar las características, propiedades y viabilidad del diseño, se realizó una simulación del diseño en el computador para realizar un análisis por el método de desplazamiento de elementos finitos y así calcular desplazamientos, deformaciones y tensiones de los componentes con cargas internas y externas. Dicho análisis se realizará en la pieza que recibe más carga; la carcasa.

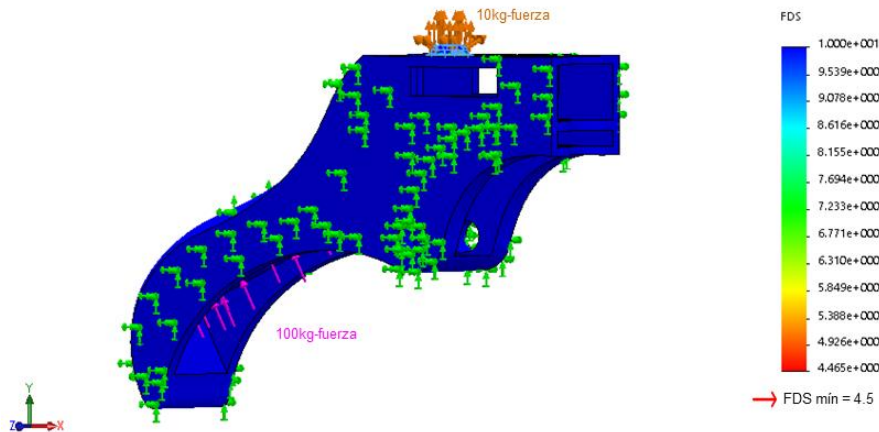
Mediante el análisis estático de tensiones se presenta una simulación de cómo se puede deformar la pieza bajo dos fuerzas, una fuerza de tensión de 10kg-fuerza proveniente el resorte de tensión y una fuerza de compresión de 100kg-fuerza representando el resorte de torsión. Permitiendo conocer el límite elástico de la pieza y los puntos críticos a tener en cuenta, donde podría fallar el diseño.

Figura 60. Análisis Estático - Pieza Carcaza



Al ser la pieza de un material no dúctil, el factor de seguridad se calculó por el criterio de tensiones máximas von Mises. Este análisis arrojó un factor de seguridad de 4,5, al ser mayor que 1, se considera que es una pieza segura.⁶³

Figura 61. Factor de seguridad - Pieza Carcaza.



⁶³ CANO, L. Factor de Seguridad y esfuerzo de diseño permisible. 2017. Obtenido de http://www.academia.edu/23012894/FACTOR_DE_SEGURIDAD_Y_ESFUERZO_DE_DISEÑO_PERMISIBLE_ESFUERZO_DE_TRABAJO

10.2.3 Prototipo funcional. Con el fin de validar la herramienta, se fabricó un prototipo funcional con materiales de características similares a los originales. Las piezas metálicas se elaboraron en el material real (acero inoxidable) y las piezas en poliméricas, en PLA (Poli-ácido láctico) un polímero análogo al ABS-PC.

Figura 62. Prototipo Funcional Herramienta de Corte.



10.3 EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.

10.3.1 Prueba de verificación 2: Fuerza.

Tabla 15. Prueba de verificación 2: Fuerza

PROTOCOLO EXPERIMENTAL.	
Objetivo del estudio.	Participantes.
Verificar que la fuerza necesaria para accionar la herramienta no exceda el margen normal.	Para este estudio, participaran 16 personas en edades productivas correspondientes a 10 mujeres y 6 hombres, representando el porcentaje de mujeres y hombres que trabajan en el corte de flores (60% mujeres y 40% hombres).
El factor para estudiar es la fuerza, evaluando la geometría de la herramienta y los resortes.	
Respuesta a Medir.	
El factor para verificar es la fuerza de la herramienta, la cual debe ser un máximo de 2kg-fuerza. Las normas AFNOR X-35 establecen una relación entre la fuerza de aprensión y la frecuencia horaria, por ejemplo, para una repetición de 240 por hora, la fuerza máxima debe ser menor o igual a 2 Kg-f, por encima de este valor el riesgo de aparición de patología se incrementa.	
Equipos de Medida.	
- Sistema de guante de presión GPMS (Glove Pressure Mapping System)	
Procedimiento.	
Para esta prueba se medirá la fuerza aplicada en los tres cortes al cortar tres claveles con la herramienta.	

RESULTADOS OBTENIDOS.

Mediante esta prueba se obtuvo los niveles de fuerzas (kg-fuerza) de cada uno de los cortes y de la herramienta en general. La prueba fue realizada a un grupo de 16 personas con edades productivas correspondientes a 10 mujeres y 6 hombres, representando el porcentaje de mujeres y hombres que trabajan en el corte de flores, 60% mujeres y 40% hombres (Anexo J). Los datos se obtuvieron al promediar las fuerzas de los márgenes de tiempo correspondientes a cada corte por individuo y para conseguir una visión general de la fuerza empleada en la herramienta se promediaron los valores de todos los participantes. (Anexo I)

Figura 63. Participantes prueba de verificación 2: Fuerza.



Para el análisis se tiene en cuenta el Método RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*), donde se considera, aceptable una fuerza de agarre menor o igual a 2kg-fuerza con un mantenimiento intermitente⁶⁴. Asimismo, las normas AFNOR

⁶⁴ MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL. Tareas Retitivas II: Evaluación del riesgo para la extremidad superior.

X-35 establecen una relación entre la fuerza de aprensión y la frecuencia horaria, por ejemplo, para una repetición de 240 por hora, la fuerza máxima debe ser menor o igual a 2 Kg-f, por encima de este valor el riesgo de aparición de patología se incrementa.

Figura 64. Resultados - Prueba de Verificación: Esfuerzo.

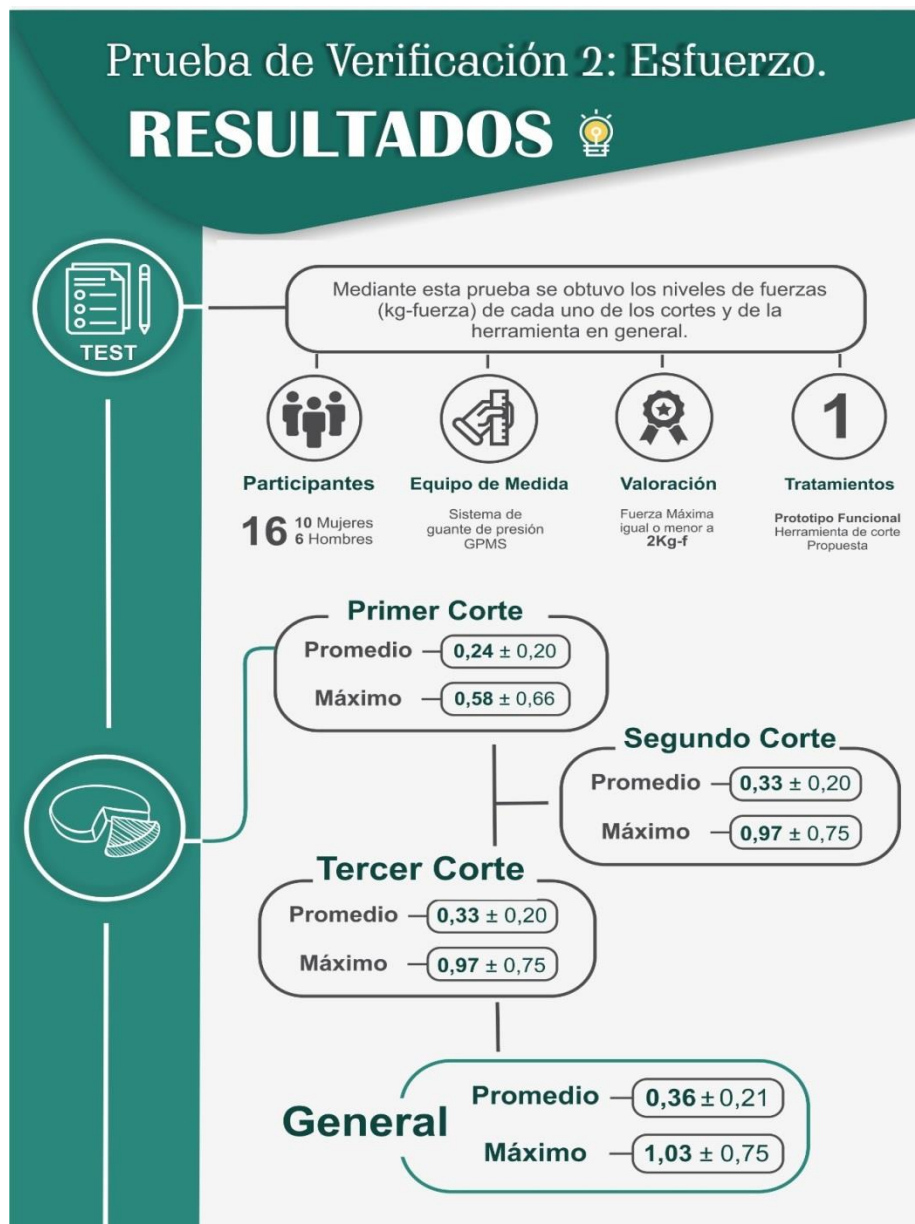


Figura 65. Conclusiones - Prueba de Verificación: Esfuerzo.



10.3.2 Prueba de validación: Test de usabilidad.

Tabla 16. Prueba de validación

PROTOCOLO EXPERIMENTAL.	
Objetivo del estudio.	Participantes.
Validar la herramienta de corte de flores diseñada evaluando la eficiencia, eficacia y satisfacción en comparación a la herramienta de corte usada en el cultivo. La validación se realizará en campos floricultores.	En este estudio participarán 16 usuarios preferiblemente a 10 mujeres y 6 hombres representando el porcentaje de trabajadores que ejecutan esta labor (60% mujeres y 40% hombres) entre 18 a 60 años de edad.
Variable Independiente.	
Se comparará el diseño de la herramienta de corte propuesta con respecto a la herramienta de corte usada en el cultivo de flores.	
Se harán dos tratamientos por persona que corresponden a manipular cada herramienta.	
<i>Tratamiento 1:</i> Herramienta de corte Propuesta.	
<i>Tratamiento 2:</i> Herramienta de corte Convencional.	
Variable Dependiente.	
Los factores a validar son: Eficacia al comprobar que la herramienta realiza los tres cortes y si estos cortes son limpios; la Eficiencia de la herramienta al evaluar la precisión para capturar la flor y la frecuencia (cortes/minuto) y la Satisfacción con respecto a la percepción que tiene la persona de la herramienta diseñada.	
Equipos.	
-Autoreporte. - Cronómetro. - Cámara de video Nikon.	
Procedimiento.	

La prueba consistirá en la realización de la misma tarea con ambos tratamientos, registrando el tiempo.

1. El facilitador le explicará en qué consiste la prueba al colaborador y proveerá la herramienta correspondiente al primer tratamiento.
 2. El participante empleará los debidos guantes para el uso de la herramienta.
 3. Luego, el participante deberá realizar tres cortes con el primer tratamiento.
 4. Se registran los datos en el Autoreporte y se continúa con el segundo tratamiento.
 5. Se repite el proceso con el segundo tratamiento hasta finalizar la prueba.
-

Análisis estadístico de datos.

Al ser variables cualitativas politómicas, nos permite realizar los siguientes procedimientos estadísticos:

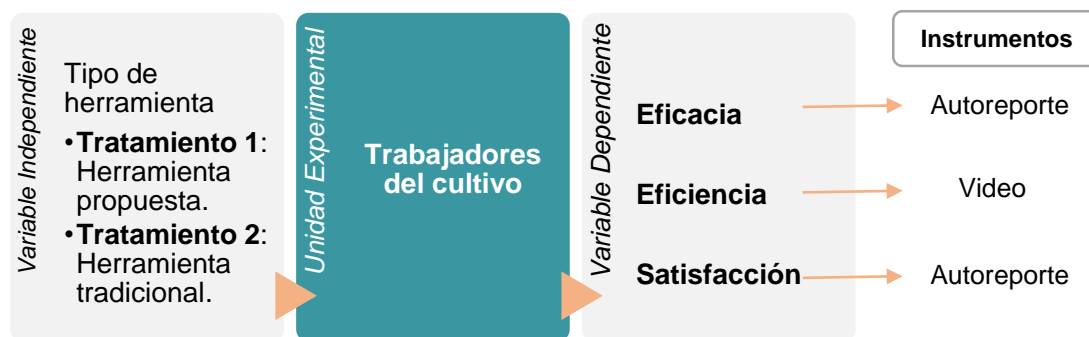
⇒ **Distribución de frecuencia y Porcentajes.**

Para conocer el comportamiento de cada uno de los tratamientos.

⇒ **Tabla de Contingencia.**

Para analizar la relación de dependencia o independencia de dos variables.

Esquema experimental.



RESULTADOS OBTENIDOS

Para la aplicación del test de validación se tuvieron en cuenta tres parámetros de evaluación: Eficacia, eficiencia y nivel de satisfacción respecto a la herramienta propuesta. Dicho test se realizó el día 12 de octubre en Suesca, Cundinamarca, a un grupo de 15 trabajadores del cultivo Flores Aurora, que desarrollan la actividad de corte de claveles, de los cuales 12 son mujeres y 3 son hombres (Anexo K). Al ser variables cualitativas, el tratamiento de datos se basó en porcentajes, distribución de frecuencias y tablas de contingencias. Además, el test se sectorizó de acuerdo a los tres parámetros, para así conocer el concepto dado por los participantes respecto a cada uno de ellos. (Anexo L)

Figura 66. Participantes prueba de Validación- Flores Aurora. 12 de octubre 2017.



Figura 67. Resultados - Prueba de Validación. Parte 1.

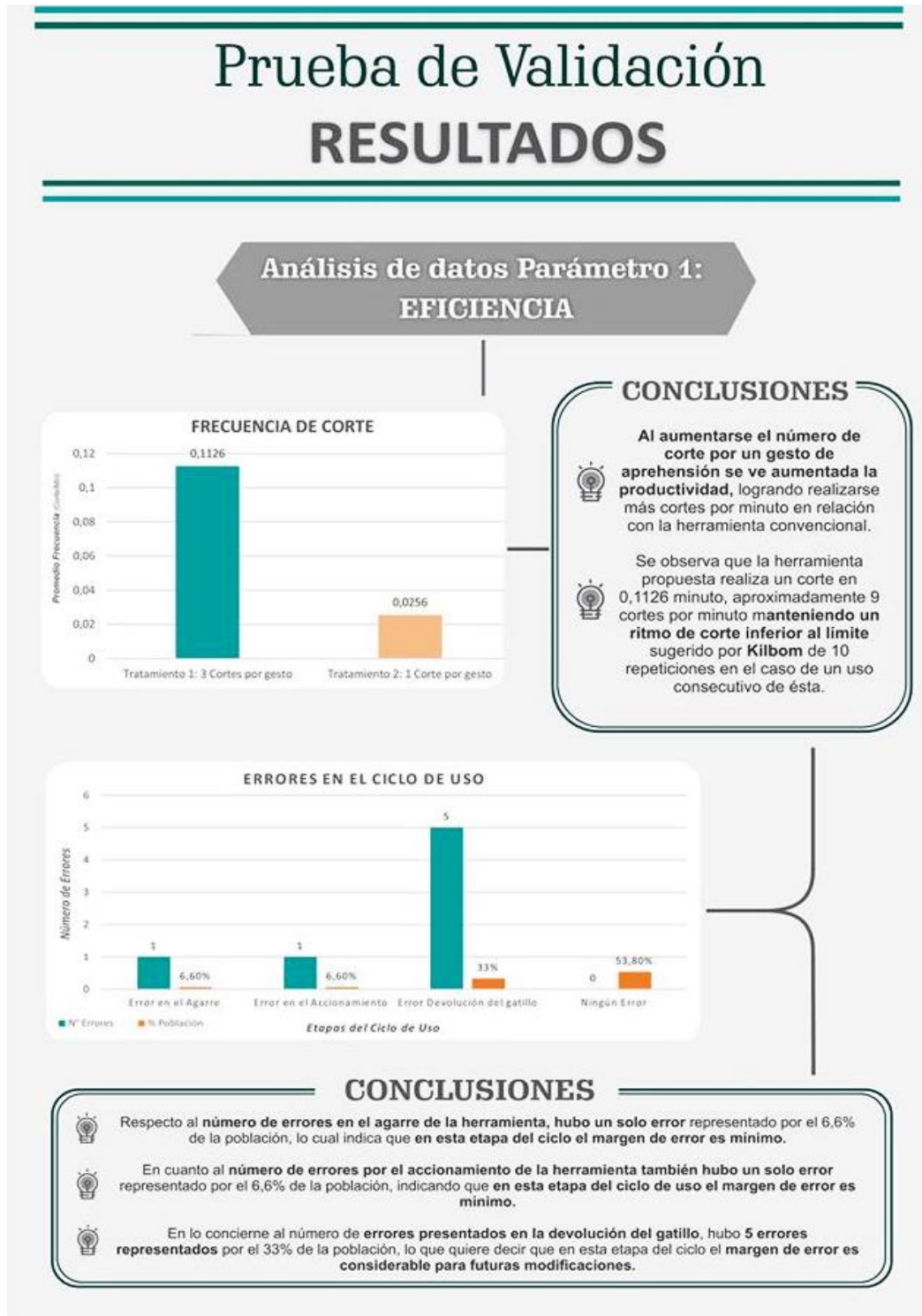


Figura 68. Resultados - Prueba de validación. Parte 2.

Prueba de Validación

RESULTADOS

Análisis de datos Parámetro 2: EFICACIA

Las siguientes afirmaciones fueron evaluadas de 1 a 5 donde 1 es el peor valor y 5 el mejor valor.

TABLA DE CONTINGENCIA PARAMETRO EFICACIA: TRATAMIENTO 1							
EFICACIA DE LA HERRAMIENTA PROPUESTA		ESCALA DE LIKERT					TOTAL
		1	2	3	4	5	
1. El agarre de la herramienta para ejecutar el corte es:	No Part.	1	0	4	7	3	15
	% Part.	6,6%	0%	26,6%	46,8%	19,9%	
2. Al seleccionar la flor a cortar fue:	No Part.	1	1	6	6	1	15
	% Part.	6,6%	6,6%	39,6%	39,6%	6,6%	
3. Al realizar el primer corte:	No Part.	0	1	1	5	8	15
	% Part.	0%	6,6%	6,6%	33%	52,8%	
4. Al realizar el segundo corte:	No Part.	0	0	0	5	10	15
	% Part.	0%	0%	0%	33%	66%	
5. Al realizar el tercer corte:	No Part.	0	2	1	7	5	15
	% Part.	0%	13,2%	6,6%	46,8%	33%	
6. Considera que el gatillo es:	No Part.	1	0	3	6	5	15
	% Part.	6,6%	0%	19,9%	39,6%	33%	
TOTAL		3	4	15	36	32	

CONCLUSIONES







-  El agarre de la herramienta propuesta fue evaluado por un **66,7%** de la población con un valor de **4 y 5**.
-  En cuanto a la **selección de la flor a cortar**, el **46,2%** calificó con un valor de **4 y 5**.
-  Respecto a la **ejecución del primer corte** **85%** de los trabajadores dijo que el corte era limpio con una calificación de **5 y 4**.
-  Del **segundo corte** el **66%** de los encuestados dijo que era un corte limpio con valor de **5** y el **46,8%** lo calificó con un **4**.
-  Del **tercer corte** el **79,8%** dijo que éste era un corte limpio con una calificación de **5 y otra e 4**.
-  En cuanto al gatillo, el **72,6%** dijo que éste no estorbaba, dándole una calificación de **4 y 5**. El **19,9%** dijo lo contrario con una calificación de **3 y 1**.

Figura 69. Resultados - Prueba de validación. Parte 3.

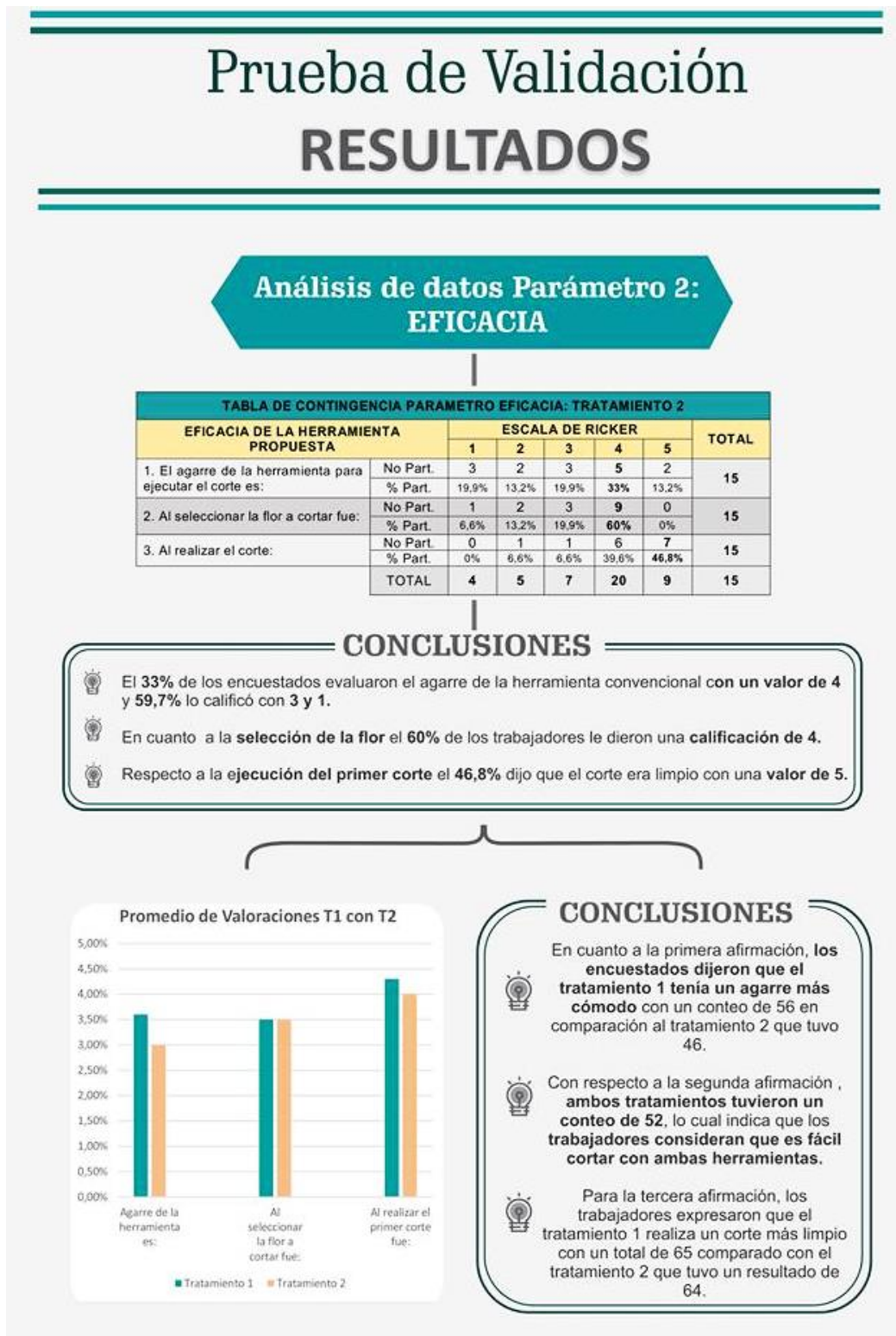


Figura 70. Resultados - Prueba de Validación. Parte 4.

Prueba de Validación

RESULTADOS

Análisis de datos Parámetro 3: SATISFACCIÓN

TABLA DE CONTINGENCIA PARAMETRO SATISFACCIÓN.

GRADO DE SATISFACCIÓN		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno	TOTAL
10. La primera impresión que tuvo de la herramienta propuesta.	No Participantes	0	1	1	12	1	15 99%
	% Participante	0%	6,6%	6,6%	79,2%	6,6%	
11. La forma de uso de la herramienta propuesta.	No Participantes	0	0	4	10	1	15 99%
	% Participante	0%	0%	26,4%	66%	6,6%	
12. El agarre de la herramienta de corte propuesta.	No Participantes	0	0	3	4	8	15 99%
	% Participante	0%	0%	19,8%	26,4%	52,5%	
13. El diseño permite un mantenimiento preventivo y correctivo a la herramienta de corte propuesta.	No Participantes	0	3	5	6	1	15 99%
	% Participante	0%	19,8%	33%	39,6%	6,6%	
14. La herramienta de corte propuesta realiza tres cortes con un gesto de aprehensión.	No Participantes	0	0	1	10	4	15 99%
	% Participante	0%	0%	6,6%	66%	26,4%	
15. Su nivel de satisfacción sobre la herramienta propuesta en general es:	No Participantes	0	0	2	8	5	15 99%
	% Participante	0%	0%	13,2%	52,5%	33%	
		0	4	16	50	20	

CONCLUSIONES



La herramienta propuesta tuvo una buena y muy buena primera impresión por parte del 85,8% de los trabajadores, especialmente por el número de cortes por gesto.



Respecto a la **forma de uso** de la herramienta propuesta, el 66% la valoró como buena por el hecho de que su accionamiento es claro y sencillo.



El 52,5% de los cortadores de flores dijo que el agarre de ésta es muy bueno. Sin embargo un 33% lo calificó como regular y sugirieron que fuera un diseño menos robusto.



Con respecto al mantenimiento, el 46,2% dijo que la herramienta de corte propuesta permite un buen mantenimiento.



Respecto a la última afirmación, el 85% de los trabajadores en la labor de corte dijeron que les parecía bueno y muy bueno, confirmando de manera favorable el aumento del número de cortes por gesto de aprehensión.

Figura 71. Resultados - Prueba de Validación. Parte 5



10.3.3 Propuesta de mejora. Basado en las conclusiones de la prueba de validación, en las sugerencias verbales y escrita dadas por los trabajadores y por lo observado durante la realización del experimento en el cultivo Flores Aurora, se rediseño la carcasa de la herramienta, con el fin de hacerla más pequeña para introducir con mayor facilidad en los cultivos de claveles.

Figura 72. Rediseño Carcasa.

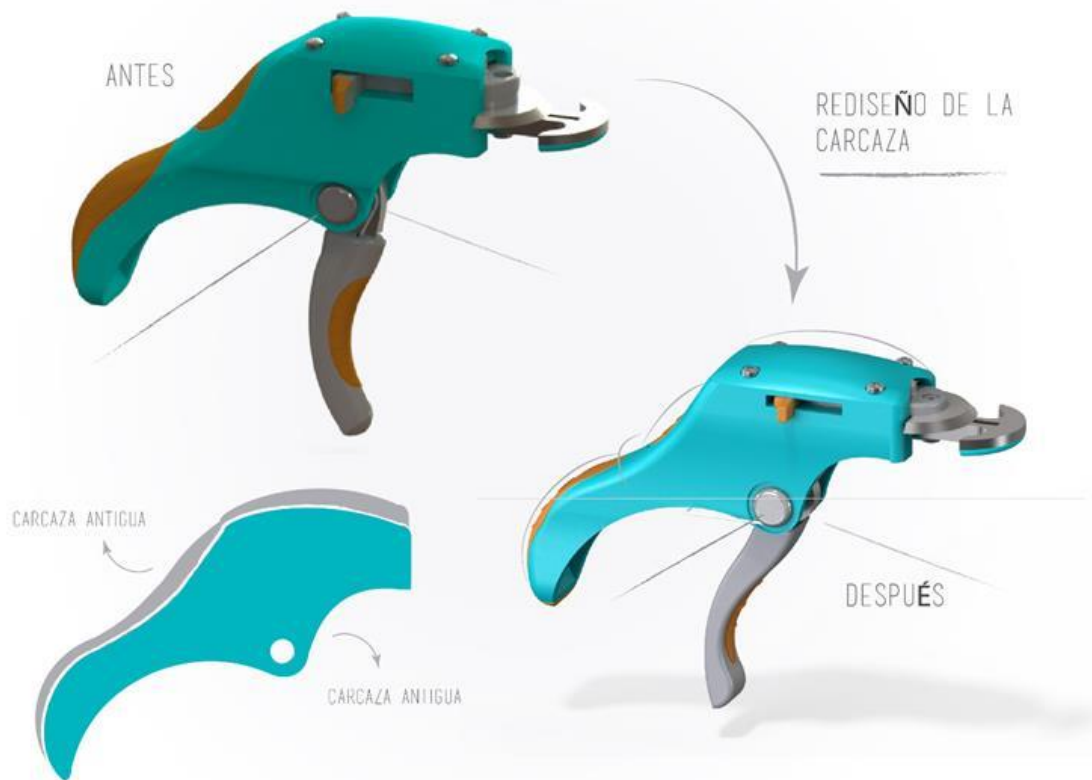
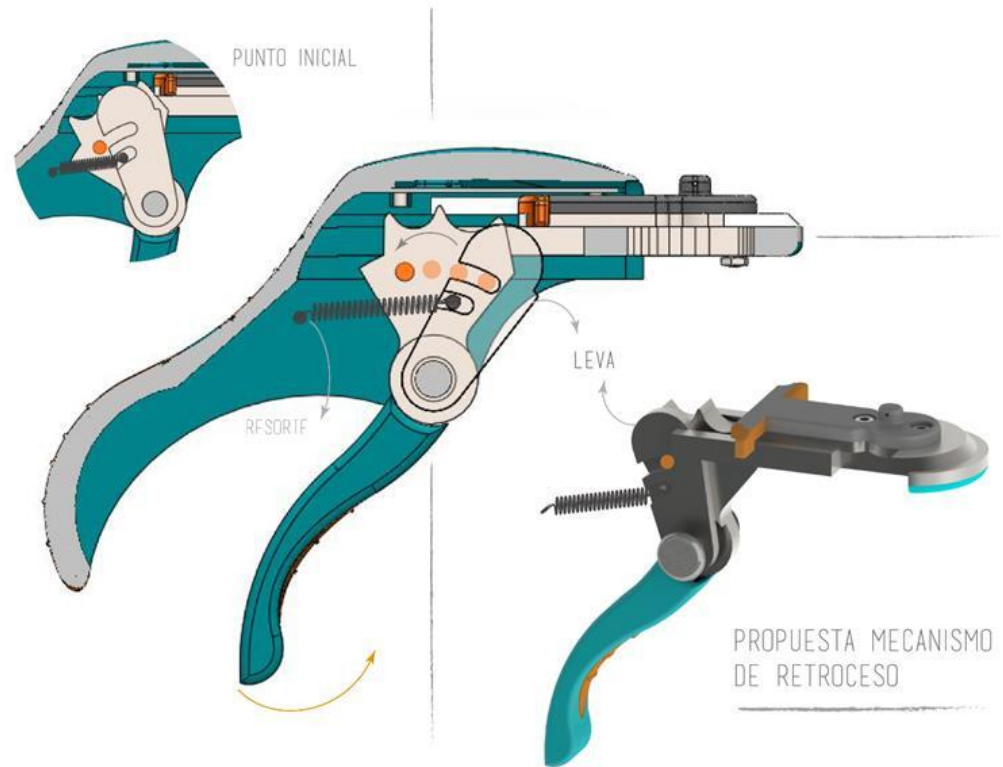


Figura 73. Vistas de detalle de la herramienta de corte.



Además, se propone para futuras versiones de la herramienta, un mecanismo que haga automático el retroceso del trinquete y así hacer más eficiente la herramienta. Esta propuesta se fundamenta en una biela sujeta por un resorte a la carcasa, rota junto al trinquete alrededor del eje al realizar los dos primeros cortes, al llegar al último, esta continua el impulso por unos segundos, en lo que dura el devolverse el trinquete a su posición inicial.

Figura 74. Propuesta de mecanismo de retroceso.



10.4 PROPUESTA FINAL.

Anthos es la propuesta final de la herramienta, la cual realiza tres cortes por gesto de aprehensión. Se le confirió este nombre ya que según la etimología de la palabra *Anthos* en griego significa flor. Su logo es la representación formal más significativa de una parte de la herramienta: Sus cuchillas.

Figura 75. Propuesta Final.

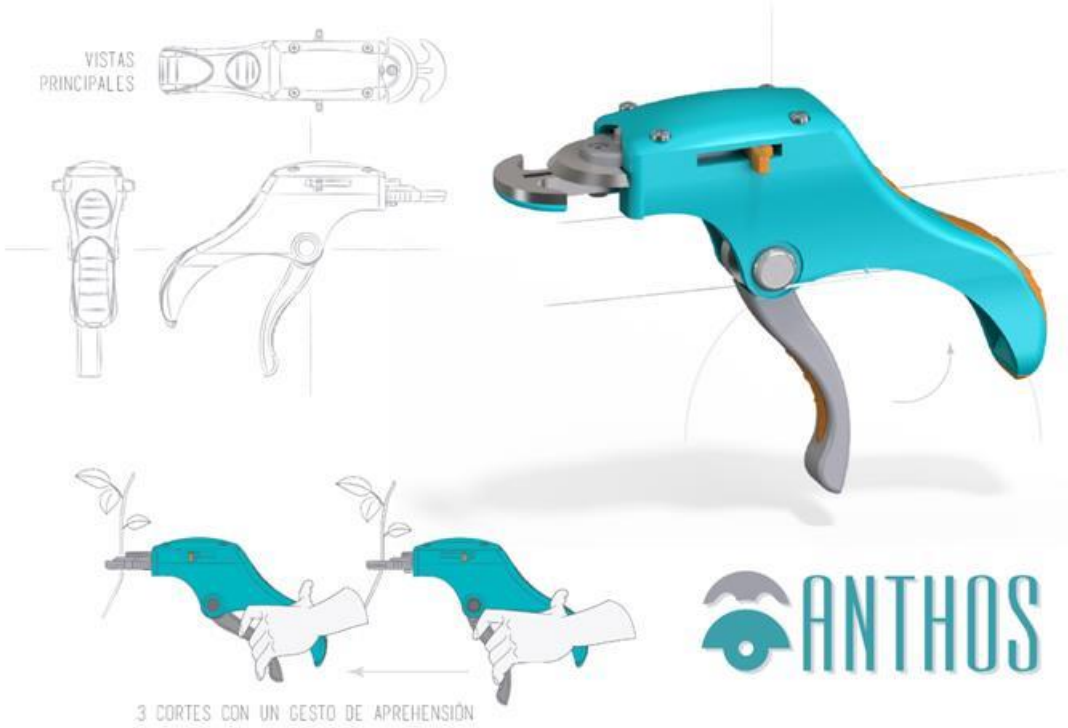


Figura 76. Logo y Nombre de la Herramienta.



11. DESARROLLO TÉCNICO-PRODUCTIVO.

Proyectando la herramienta propuesta para ser producida en masa, en este capítulo se ilustra el desarrollo técnico-productivo a seguir para la construcción de la herramienta, iniciando con un despiece de la herramienta referente a su material, las propiedades de dicho material y los procesos a realizar para su elaboración, incluyendo análisis de costos de dichas piezas y su ensamble. Se continúa con el planteamiento del ciclo de vida del producto y para finalizar con los planos y fichas técnicas de la herramienta.

11.1 MATERIALES Y PROCESOS

La herramienta diseñada está conformada por cinco piezas nombradas anteriormente, con el fin de que a ésta se le pueda realizar un debido mantenimiento preventivo y correctivo, teniendo en cuenta primordialmente las piezas críticas: Resortes, cuchilla y trinquete.

En base a esto, las piezas se desarrollaron en dos materiales según su función.

- **Piezas mecanizadas en Metal.**

Son tres piezas: La cuchilla, la pieza superior de la base y el trinquete. Su producción consiste en ser cortadas y verificadas por el proceso de fabricación de mecanizado en acero inoxidable 410 y 340. El acero inoxidable 410 se propuso para desarrollar la cuchilla debido a que es uno de los más utilizados para la fabricación de cuchillos de cuberterías, puesto que el filo en este tipo de metal tiene la suficiente dureza para poder cortar y conservar su filo al máximo con el paso del tiempo. Por otro lado, el acero inoxidable 340 se destinó para el desarrollo de la pieza superior de la base y el trinquete, debido a que es un acero

ausentico que posee dureza y una alta resistencia a la oxidación, haciéndolo un acero apto para desarrollar piezas que no requieran filo. Los procesos a realizar serían corte a chorro de agua, rectificado, torneado y fresado.

Figura 77. Procesos - Piezas metálicas.



- **Piezas en Moldeo por inyección.**

Son cinco piezas: La carcasa principal, la carcasa del mango, la pieza inferior de la base, el portacuchilla y la tapa. Su producción consiste en la aplicación del moldeo por inyección con el PC/ABS por su alta resistencia al impacto y la alta permanencia de su color.

Figura 78. Procesos - Piezas poliméricas



- **Piezas en Silicona.**

Son tres piezas: Dos ubicadas en el mango de la carcasa principal y otra en la carcasa del mango del trinquete. Su producción es mediante el moldeo por inyección de silicona LSR (Liquid Silicon Rubber).

Figura 79. Procesos - Recubrimientos en silicona.



Propiedades de los Materiales.

Para los componentes termoplásticos se sugiere la combinación PC/ABS (Policarbonato / acrilonitrilo butadieno estireno), que combina las propiedades mecánicas y térmicas del PC con la alta procesabilidad del ABS. Esta mezcla resulta útil para el proyecto, por su alta resistencia al impacto y a la abrasión, estabilidad dimensional, estabilidad del color⁶⁵. En especial esta aleación se considera resistente a los rayos UV.⁶⁶

⁶⁵ PROTO PLASTICS. Thermoplastics Materials Guide. 2014

⁶⁶ COLE-PARMER INSTRUMENT COMPANY. Cole-Parmer. Obtenido de <https://www.coleparmer.com/tech-article/uv-properties-of-plastics?tlg=es-ES>

Tabla 9. Propiedades del PC/ABS

Propiedades del PC/ABS	
Modulo de elasticidad en tracción	2208 Mpa
Límite de rendimiento	60 Mpa
Límite elastico	64.8 Mpa
Temperatura de transición vítrea	115°C
temperatura de deflexión térmica	98°C

Fuente: BAYER MATERIAL SCIENCE. Material Data Center. Obtenido de <http://www.materialdatacenter.com/ms/es/Bayblend/Bayer+MaterialScience/386>

Al ser una herramienta que será usada en un ambiente húmedo, para las piezas metálicas se sugiere fabricación en acero inoxidable, por ser su principal característica la resistencia a la corrosión. En especial el acero inoxidable martensítico (Acero 410) y el acero austenítico (Acero 340), por tener un elevado porcentaje de carbono, tienen mayor resistencia al desgaste, son magnéticos y de alta suavidad⁶⁷, siendo el acero 410 el adecuado para la fabricación de la cuchilla debido a su buena resistencia a la corrosión, por ser magnético, por su elevada dureza y por su alta retención del filo y el acero 340 para la base por su alta resistencia a la oxidación, por ser magnético y suave para mantener una cizalla precisa.

⁶⁷ BONNET. Clasificación de los aceros inoxidables. Obtenido de <http://www.bonnet.es/clasificacionacerinox.pdf>

Tabla 10. Propiedades del Acero Inoxidable 410.

Propiedades del Acero Inoxidable 410	
Composición química % en peso	12,5Cr,0,15C
Resistencia a la tensión	517 Mpa
Límite elástico	276 Mpa
Alargamiento	30%

Fuente: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALÉNCIA. Curso de Fundamento de Ciencia de Materiales. Obtenido de https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm13/pfcm13_2_5.html

Tabla 11. Propiedades del Acero Inoxidable 340.

Propiedades del Acero Inoxidable 340	
Composición Química % peso	0,08C, 0,75Si, 2,0Mn, 0,04P, 0,015S, 24Cr, 14Ni
Resistencia a la Tensión	700 Mpa
Límite elástico	210 Mpa
Alargamiento	40%

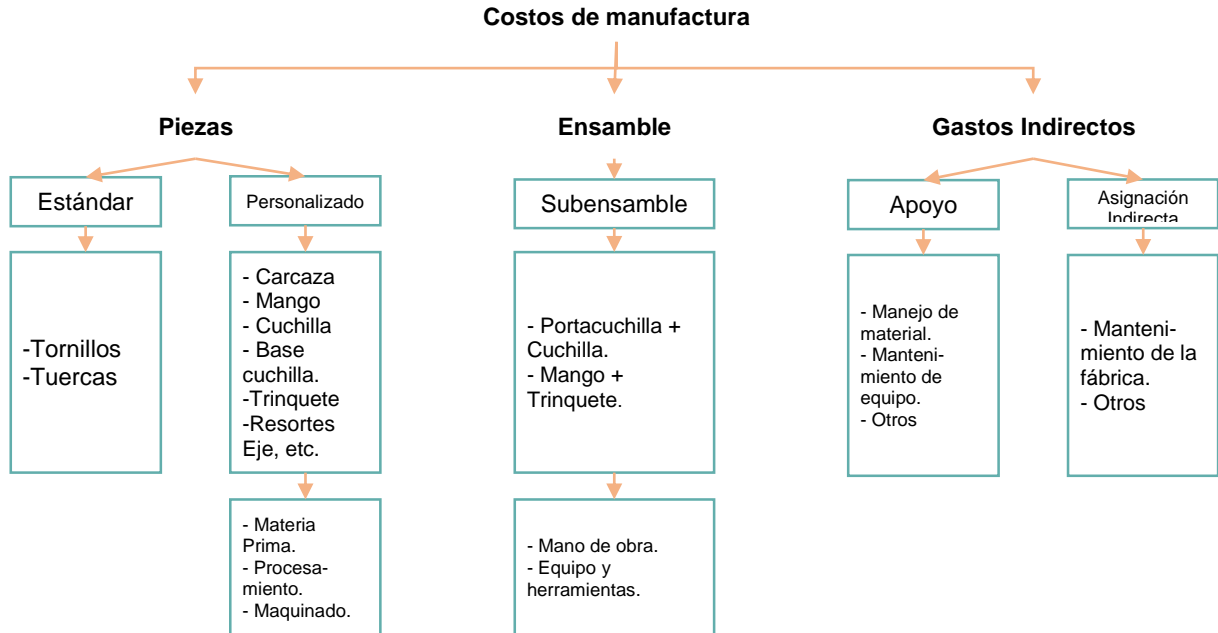
Fuente: Acerinox. Cedinox. Obtenido de <http://www.cedinox.es/opencms901/export/sites/cedinox/.galleries/fichas-tecnicas-producto/113ACX340.pdf> de

11.2 COSTOS.

Los costos de manufactura se calcularon teniendo en cuenta tres aspectos: las piezas, el ensamble y los gastos indirectos, obteniendo un costo unitario de manufactura, debido a que este es el concepto más usado por las empresas.⁶⁸

⁶⁸ ULRICH, & EPPINGER, Op. Cit.

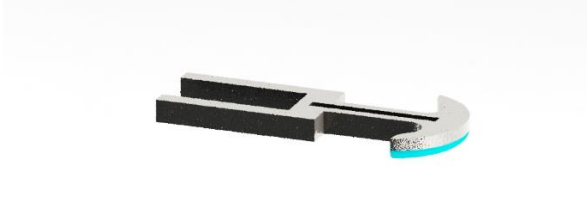
Tabla 20. Descripción costos de manufactura



11.2.1 Caracterización. Los siguientes valores corresponden a una cotización aproximada para una producción de 100 unidades. En los planos técnicos se encuentran más detalles sobre dimensiones.

PIEZA: Cuchilla.	
	UNIDAD: 1
	MATERIAL: Acero Inoxidable 410.
	VOLUMEN: 3,77 centímetros cúbicos
	MASA: 29,38 gramos
	OPERACIÓN: Mecanizado
COSTO UNITARIA: \$35.000	

PIEZA: Base (Pieza Superior)



UNIDAD: 1

MATERIAL: Acero Inoxidable 340.

VOLUMEN: 6,56 centímetros cúbicos

MASA: 51,23 gramos

OPERACIÓN: Mecanizado

COSTO UNITARIO: \$25.000

PIEZA: Trinquete.



UNIDAD: 1

MATERIAL: Acero inoxidable 340.

VOLUMEN: 11,39 centímetros cúbicos

MASA: 88,82 gramos

OPERACIÓN: Mecanizado

PIEZA: Tornillo ISO 7045 M3 10m



UNIDAD: 5

MATERIAL: Acero inoxidable.

DIMENSIONES: M3 10mm

COSTO POR UNIDAD: \$150

COSTO UNITARIO: \$750

PIEZA: Tornillo DIN 912 M3 12mm



UNIDAD: 1

MATERIAL: Acero inoxidable.

DIMENSIONES: M3 12mm

COSTO POR UNIDAD: \$200

PIEZA: Eje



UNIDAD: 1

MATERIAL: Acero inoxidable.

MASA: 15 gramos

OPERACIÓN: Mecanizado.

COSTO UNITARIO: \$2.000

PIEZA: Resorte De Compresión



UNIDAD: 1

MATERIAL: PC/ABS con recubrimientos en silicona.

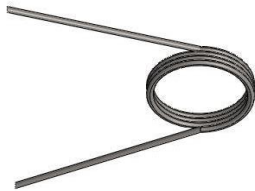
VOLUMEN: 52,55 centímetros cúbicos

MASA: 53,61 gramos

OPERACIÓN: Moldeo por Inyección.

COSTO UNITARIO: \$20.000

PIEZA: Resorte De Torsión



UNIDAD: 1

MATERIAL: Acero al Carbono

OPERACIÓN: Maquinado

COSTO UNITARIO: \$1000

PIEZA: Resorte De Tensión



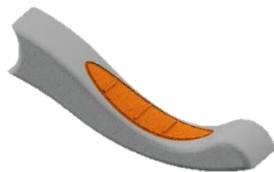
UNIDAD: 1

MATERIAL: Acero al Carbono

OPERACIÓN: Maquinado.

COSTO UNITARIO: \$500

PIEZA: Mango



UNIDAD: 1

MATERIAL: PC/ABS con recubrimientos en silicona.

VOLUMEN: 4,27 centímetros cúbicos

MASA: 4,36 gramos

OPERACIÓN: Moldeo por Inyección.

COSTO UNITARIO: \$3.000

PIEZA: Porta cuchilla



UNIDAD: 1

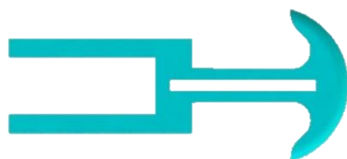
MATERIAL: PC/ABS.

VOLUMEN: 4,33 centímetros cúbicos

MASA: 4,43 gramos

OPERACIÓN: Moldeo por Inyección.

COSTO UNITARIO: \$2.000

PIEZA: Base (Pieza Inferior)**UNIDAD:** 1**MATERIAL:** PC/ABS.**OPERACIÓN:** Moldeo por Inyección.**COSTO UNITARIO:** \$500**PIEZA: Tapa****UNIDAD:** 1**MATERIAL:** PC/ABS.**VOLUMEN:** 11,24 centímetros cúbicos**MASA:** 11,46 gramos**OPERACIÓN:** Moldeo por Inyección.**COSTO UNITARIO:** \$2.000

11.2.2 Costo neto y utilidad. Uno de los requerimientos técnicos planteados al iniciar el proyecto, consistía en el precio de venta no podía superar el valor de \$150.000COP. Por lo tanto, aquí se presenta un aproximado del costo neto de la herramienta de \$101.000, con un margen de ganancia de \$49.000. Sin embargo, hay que tener en cuenta que pueden influir otros factores como las cotizaciones, proveedores, el mercado y otros gastos indirectos.

Tabla 21. Costo total de la herramienta propuesta.

COMPONENTE	PROCESAMIENTO (material + maquinado + mano de obra)	ENSAMBLE (Mano de Obra)	COSTO TOTAL UNITARIO
Portacuchilla + Cuchilla	\$36.0000	\$1.000	\$37.0000
Base	\$25.000	-	\$25.000
Trinquete + mango	\$12.000	\$1.000	\$13.000
Carcasa	\$19.000	\$1.000	\$20.000
Resorte de tensión	\$500	-	\$500

COMPONENTE	PROCESAMIENTO (material + maquinado + mano de obra)	ENSAMBLE (Mano de Obra)	COSTO TOTAL UNITARIO
Resorte de torsión	\$1.000	-	\$1.000
Tapa	\$2000		\$2000
Otros	\$500	-	500
Costos directos	-	\$2.000	
COSTO TOTAL			\$101.000 COP

El margen de utilidad (Mg) se calcula restando el precio de venta (Pv) menos (Cn):

$$Mg = Pv - Cn$$

$$Mg = \$150.000 - \$101.000$$

$$**Mg = \$49.000 COP**$$

11.3 PLANOS TÉCNICOS.

Los planos de la herramienta se encuentran detallados en el (Anexo M).

12. CONCLUSIONES.

A partir de estudios científicos existentes en cuanto al factor postural, se corrobora que el riesgo por fuerza aumenta si dicho esfuerzo es de tipo estático y en actividades repetitivas con tiempos de descanso insuficientes, por lo cual el ciclo de realización debe ser inferior a 30 segundos y los movimientos elementales no se deben repetir más de un 50% de la duración del ciclo según lo establecido⁶⁹ (ver página 25). A su vez, los niveles de frecuencia de repetitividad deben encontrarse por debajo de 4 repeticiones por minuto ya que la labor de corte o proceso de pos cosecha en cultivos de flores es donde más casos de SCC por el factor repetición.⁷⁰

En cuanto al movimiento del antebrazo que debe tomar el usuario al agarrar la herramienta se decidió que fuera pronación⁷¹. Conjuntamente se indica realizar el corte a una altura baja de flor, es decir con el brazo con una flexión de 45°.

Las soluciones encontradas para el corte de flores, buscan mejorar las condiciones del operario apoyadas en función de la optimización de los factores técnicos y el cuidado de la flor. No se encontraron herramientas cuyo diseño este basado en la optimización de la frecuencia de corte, siendo este uno de los factores más importantes junto con la vibración, para el desarrollo de patologías como el SCC.

La dinámica de la industria del sector floricultor demostró que al presente han cambiado los contextos y problemas presentes respecto al síndrome de conducto carpiano, como la necesidad de enfocar la herramienta al cultivo de claveles, el

⁶⁹ SILVERSTEIN BA, Op. Cit.

⁷⁰ ASEPEYO. Op. Cit.

⁷¹ MARADEI GARCÍA, & DELGADO GAMBOA, Op. Cit.

cual actualmente es la mayor fuente de casos de síndrome del conducto carpiano por el factor repetición.

Finalmente, se realizó una prueba de validación realizada a un grupo de 15 trabajadores del proceso de cosecha de claveles de la empresa colombiana Flores Aurora. La herramienta fue evaluada en términos de eficacia, eficiencia y niveles de satisfacción de tal forma que según el análisis de los datos obtenidos ésta se considera como una herramienta entre buena y muy buena, de tal forma que resulta siendo tan eficaz en el corte como la usada por los trabajadores y más eficiente que la convencional al cortar 3 flores con un solo gesto de aprehensión aumentando la productividad sin incidir de forma negativa en la salud.

Anthos es una herramienta de alto significado humano, la cual desde los aspectos más emocionales hasta los más técnicos y funcionales permite desarrollar la labor de corte eficaz y eficientemente generando altos grados de satisfacción en el usuario, ya que intenta mitigar el riesgo de contraer el SCC por el factor de repetición, aumentando el número de corte por gesto de aprehensión, gracias a sus materiales de alta calidad, a la máxima optimización del gesto de aprehensión, a su corte suave y limpio, a su mango que obliga a la mano a adoptar una posición neutra al realizar el corte y a que es una herramienta ambidiestra, permitiéndole a la persona la fácil de la selección de la flor. El fin de ésta, es que pueda llegar a cambiar las condiciones laborales de los cortadores de claveles, mejorando de forma progresiva su calidad de vida.

13. RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuras adaptaciones de la herramienta, la implementación de un sistema de retroceso automático que suprima el uso del gatillo y haga más ágil aún la labor de corte para el trabajador.

BIBLIOGRAFÍA

Acerinox. Cedinox. Obtenido de <http://www.cedinox.es/opencms901/export/sites/cedinox/.galleries/fichas-tecnicas-producto/113ACX340.pdf>

ACEVEDO, M. Ergonomia. 17 de Abril de 2016. Obtenido de http://www.ergonomia.cl/eee/Inicio/Entradas/2016/4/17_Ergonomia_de_las_herramientas_de_mano.html

ALDANA, L., GALVIS, A., MORENO, L., & ROMERO, J. emaze.com. 2017. Obtenido de <https://www.emaze.com/@ACITQQFL/CASO-CL%C3%8DNICOPR%C3%81CTICA>

Aliexpress. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/w/wholesale-professional-pruning-shears.html>

ARMSTRONG, T., FOULKE, J., GOLDSTEIN, S., & JOSEPH, B. Analysis of cumulative trauma disorders and work methods.

ASEPEYO. Mutua de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la seguridad social. 2008.

ASOCOLFLORES. Asocolflores. 26 de Octubre de 2016. Obtenido de <http://www.asocolflores.org>. [Último acceso: 21 de Octubre de 2016].

ÁVILA, R., PRADO, L., & GONZÁLES, E. Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara. 2007

BAYER MATERIAL SCIENCE. Material Data Center. Obtenido de <http://www.materialdatacenter.com/ms/es/Bayblend/Bayer+MaterialScience/386>

BERNARD, B. Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. 1997

BONNET. Clasificación de los aceros inoxidable. Obtenido de <http://www.bonnet.es/clasificacionacerinox.pdf>

CACERES, F. G., CABALLERO, C., & BARRERO. Hand anthropometry of the Colombian floriculture workers of the Bogotá Plateau. International Journal of Industrial Ergonomics. 2012

CANO, L. Factor de Seguridad y esfuerzo de diseño permisible. 2017. Obtenido de http://www.academia.edu/23012894/FACTOR_DE_SEGURIDAD_Y_ESFUERZO_DE_DISEÑO_PERMISIBLE_ESFUERZO_DE_TRABAJO

CASTILLO, G. Diseño y construcción de una herramienta manual para corte de tallos maderosos en la industria floricultora de la sabana de Bogotá. Soacha: Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA. Centro Industrial y de Desarrollo Empresarial. 2014

CHAN, V., & SALUSTRI, F. DFA: El método Lucas. 2005. Obtenido de <http://deed.ryerson.ca/~fil/t/dfmlucas.html>

CHAROENCHAI, N. Non-powered hand tools design, selection and use to alleviate.

CILVETI, S., & IDOATE, V. Movimientos repetidos de miembro superior. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo. 2000

COLE-PARMER INSTRUMENT COMPANY. Cole-Parmer. Obtenido de <https://www.coleparmer.com/tech-article/uv-properties-of-plastics?tlg=es-ES>

CUERVO, O. Herramientas de ecodiseño: Matriz MET y Rueda LiDS. 2013

EL TIEMPO. Crecen enfermedades profesionales. 2004. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1500126>

FERRARO, R. y. ¿Qué es qué en tecnología? 1997

FLORES AURORA S.A.S. Obtenido de <https://www.floresaurora.com/>

FRANSSON, C., & WINKEL, J. Hand strength: The influence of grip span and grip type. 1991

GARDENA. 2016. Obtenido de <http://www.gardena.com/agr/>

GARDOQUI, J. d. Lecciones de física médica. 1845

GEOSALUD. Salud ocupacional. Obtenido de <http://www.geosalud.com/salud-ocupacional/Ergonomial.htm>

GEOSALUD. Salud ocupacional. 2016. Obtenido de <http://www.geosalud.com/salud-ocupacional/Ergonomial.htm>

GOBERT, D., RODRIGUEZ, S., CASADO, P., JOVER, C., GÁLVEZ, R., NAVARRO, J., . . . CRITISTINA, R. Cuaderno de Tendencias del Habitat 2010 / 2011. Comunidad Valenciana. 2010

GREAT AMERICAN INSURANCE GROUP. Great American Insurance Group. Obtenido de <http://www.greatamericaninsurancegroup.com/Pages/default.aspx>

HERNÁNDEZ, A., & WILDER y ORJUELA, M. E. Factores Laborales y extralaborales de floricultores con Síndrome del Túnel del Carpo. Medicina y seguridad del trabajo. 2016

HERNÁNDEZ, J. Proceso de industrialización local de prototipos funcionales. Medellín. 2014

HERRAMIENTA AGRICOLA. Obtenido de [http:// www.herramientagricola.com/3claveles.php](http://www.herramientagricola.com/3claveles.php)

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Herramientas manuales: criterios ergonómicos y de seguridad para su selección. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). 2016

KILBOM, A. Repetitive work of the upper extremity. Elsevier. 1994

LUTTMAN, A., & GRIEFAHN, B. Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el lugar de trabajo. Organización Mundial de la Salud. 2004

MARADEI GARCÍA, M. F., & DELGADO GAMBOA, A. C. Influencia de la postura durante el corte de flores en la fuerza de aprehensión. 2012

MARADEÍ, M. F., & ESPINEL, F. Ergonomía para el Diseño. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2009

MARADEÍ, M. F., ESPINEL, F., & VALENCIA, A. A study on the influence of grip span on the strength exerted by each finger. *Revista De Salud Publica* ISSN: 0124-0064, 18, 935 - 945. 2016

MATTIOLI, S. Risk Factors for Operated Carpal Tunnel Syndrome: a Multicenter Population-Based case-Control Study. *BMC Public Health*, 343-357. 2009

MAYA, M. A. Poda e injerto de frutales. Malaga. 2013

MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL. Tareas Retitivas II: Evaluación del riesgo para la extremidad superior.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Guía de atención integral basada en la evidencia para desórdenes musculoesqueléticos (DME) relaciones con movimientos repetitivos en miembros superiores (GATI-DME). Bogotá. 2006. ISBN 978-958-98067-4-6. Bogotá. 2006

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Guía técnica de vigilancia epidemiológica en prevención de desórdenes musculoesqueléticas en trabajadores en Colombia. Bogotá. 2008

MONDELO, P., GREGORI, E., BLASCO, J., & BARRAU, P. Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Barcelona: Mutua Universal. 1998

MORILLO ROBLE, M. d. Incidencia de Tendinitis de muñeca de una florícola de Tabacundo: Determinación de su asociación con el uso repetitivo de herramientas manuales por largos periodos de tiempo. Quito. 2010

MULDER, K. Desarrollo sostenible para ingenieros. Barcelona: Universidad Politécnicas de Cataluña. 2007

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Documento de información técnica sobre las enfermedades que plantean problemas para su posible inclusión en la lista de enfermedades profesionales que figura como anexo de la recomendación sobre la lista de enfermedades profesionales. Ginebra. 2004

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2004. Obtenido de <http://www.who.int/whr/2004/annex/esp/>.

PATKIN, M. A check-list for Handle Design. Australia. 2001

PIÑEDA, G. El túnel carpiano: Riesgo ergonómico en trabajadoras de cultivo de flores. Rev. Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información. 15-24. 2014

PROTO PLASTICS. Thermoplastics Materials Guide. 2014

QUIRÓS, M. La Floricultura en Colombia en el marco de la globalización: aproximaciones hacia un análisis micro y macroeconómico. Universidad EAFIT, 59-68. 2011

RIIHIMÄKI, H., & VIKARI, E. Sistema musculoesquelético, antebrazo, muñeca y mano. En Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo (pág. Capítulo 6). Madrid: Ministerio de trabajo y asuntos sociales. 1999

SANZ, F. Ecodiseño, un nuevo concepto en el desarrollo de productos. Universidad de La Rioja. 2014

SILVERSTEIN BA, F. L. Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. 1986

SUAREZ GIL, Y. A. Caracterización de pautas de diseño de herramientas manuales usadas por mujeres que realizan el corte de rosas en cultivos de flores en la sabana de Bogotá. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. 2015

SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES. Informe del Desempeño del Sector Floricultor. Bogotá: Delegatura de Asuntos Económicos y Contables, Grupo de Estudios Económicos y Financieros. 2016

TECNIAGRO. PODADORAS VINION. Obtenido de <http://www.tecniagro2000.com/es/herr.-electro-portatiles-%B7-podadoras-vinion---prunion.zhtm>.

TRAMONTINA. Tijera de podar profesional. Obtenido de <http://www.tramontina.com.br/productos/52119-tijera-de-podar-profesional>

ULRICH, K., & EPPINGER, S. Diseño y desarrollo de productos. . McGraw Hill. 2013

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y EDUCACIÓN DEL SERVICIO DE CONSULTA DE CAL/OSHA. Ergonomía Fácil: Una guía para la selección de herramientas de mano no-energizadas. Cincinnati: Departamento de Relaciones Industrial y el Insitituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional. 2004

UNIVERSIDAD JAVERIANA. Universidad Javeriana obtiene nueva patente. ¿Qué hay de nuevo?, 2013. Obtenido de www.javeriana.edu.co/pesquisa/wp-content/uploads/Pesquisa25_07.pdf.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALÉNCIA. Curso de Fundamento de Ciencia
de Materiales. Obtenido de
https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm13/pfcm13_2_5.html

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALÉNCIA. Instrucción operativa - ergonomía
01: Manipulación manual de cargas.

VARNELL, D. Estados Unidos Patente nº US 2007/0157473 A1

ANEXOS

ANEXO A. Registro fotográfico observación de campo realizada el 7 de abril del 2017.



Cultivo de Claveles



Cultivo de Rosas



Trabajadora con tiera Felco 2



Encarada de Salud Ocupacional



Camas de Rosas



Camas de Claveles



Gerente Administrativa de Flores Aurora.



Transporte interno de Rosas.

ANEXO B. Registro fotográfico Actividad de Brainstorming realizada el 28 de abril de 2017.



Participantes.



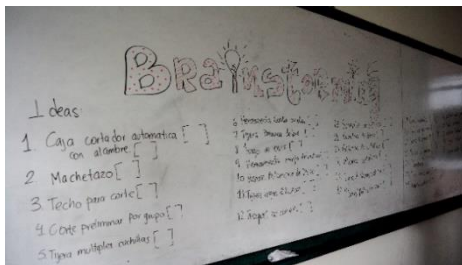
Actividad de bocetación.



Exposición de ideas.



Retroalimentación.



Registro de Ideas.



Exposición de ideas.



Exposición de ideas.



Actividad de bocetación.

ANEXO C. Modelos funcionales de las alternativas de mecanismos.



Alternativa de mecanismo "A"



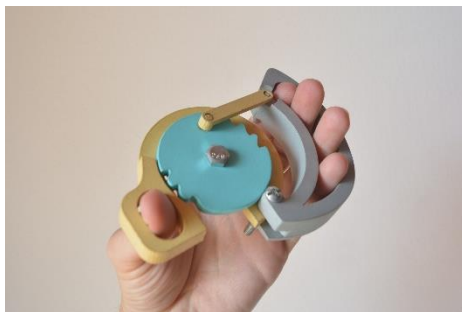
Alternativa de mecanismo "A"



Alternativa de mecanismo "B"



Alternativa de mecanismo "C"



Alternativa de mecanismo "C"

ANEXO D. Autoreporte de la Prueba de evaluación de alternativas de mecanismos.

Autoreporte – Prueba de evaluación de alternativas de mecanismos.

Participante:

Fecha:

Alternativa: A B C

Actividad 1.

Evalué las afirmaciones con un número del **1** al **5**, teniendo en cuenta que **1** es el peor valor y **5** es el mejor valor.

	Nada	Poco	Algo	Bastante	Mucho
Es clara la forma en que se acciona el mecanismo para llevar acabo el corte.	1	2	3	4	5
Corta con facilidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	1	2	3	4	5
Corta limpio y preciso.	1	2	3	4	5
Es fácil hacer un mantenimiento preventivo y correctivo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	1	2	3	4	5
Sus piezas se pueden remplazar con facilidad.	1	2	3	4	5
El ciclo de vida es largo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	1	2	3	4	5
Es viable producir en masa.	1	2	3	4	5
Es buena la relación función - costos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	1	2	3	4	5

Actividad 2.

De acuerdo a la experiencia tenida con el mecanismo complete el cuadro y exprese las ventajas y desventajas del mecanismo.

	Número de cortes por gesto	Tipo de Gesto	Ventajas	Desventajas
Mecanismo				
A <input type="radio"/>				
B <input type="radio"/>				
C <input type="radio"/>				

Valoramos cualquier sugerencia que nos puedan aportar que conlleve al desarrollo del proyecto. Cualquier idea, hazlo a través de aquí.

Escriba aquí...

ANEXO E. Resultados Cualitativos de la Evaluación de alternativas de mecanismos.

Resultados Cualitativos - Evaluación de alternativas de mecanismos

Participantes

1 y 2

3 y 4

5 y 6

Profesión

Diseñador(a) Industrial

Ingeniero(a) Metalúrgico

Ingeniero(a) Mecánico

Actividad 2. Ventajas y Desventajas

Participante	Mecanismo "A"		Mecanismo "B"		Mecanismo "C"	
	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
1		<p>"El número de cortes es muy poco, puede aprovecharse el mecanismo con más cortes, para que se justifique el gatillo".</p>		<p>- "Veo dificultad para hacer cazar las flores." - "Hay que hacer un recorrido largo de la aprehensión." - Se sugiere que "el elemento que se desliza junto con el resorte debería de tener una guía".</p>	<p>"Buena relación corte – movimiento".</p>	<p>"Requiere de un movimiento más amplio de la mano".</p>
2	<p>Comenta que: "Posee el mejor funcionamiento y operación"</p>	<p>"La base donde se realiza la palanca es una zona crítica".</p>	<p>"Posee facilidad de manejo"</p>	<p>- "Posee sobre-dimensionamiento". - "Mayor tiempo para realizar la actividad".</p>		<p>"El material de la barra de transmisión es muy débil".</p>
3	<p>"Es sencillo y se entiende la forma en que se debe accionar".</p>	<p>- "La fuerza". - "El tamaño" - "Se debe accionar el gatillo para devolver la cuchilla". - "No es seguro". Se sugiere: - "Colocar un mecanismo de seguridad". - "Disminuir el</p>	<p>- "Fácil lectura". - "Ambidiestro". - "Ayuda al usuario a no cortarse". - "Es seguro".</p>	<p>- "Puede enredar al usuario". - "Muchas piezas". Se sugiere: "Un protector que ayude a no cortar más de una rosa a la vez"</p>	<p>- "Limpieza". - "Mantenimiento". - "Solo hay una cuchilla"</p>	<p>- "No permite la visualización del corte". - "El gesto es opuesto al tradicional". Se sugiere: - "Una guía o algo que ayude a saber cuándo se puede cortar o que la flor ya encajé". - "El tamaño</p>

Participante	Mecanismo "A"		Mecanismo "B"		Mecanismo "C"	
	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
		tamaño".				puede ocasionar molestias a las personas con manos pequeñas".
4	Sugerencias: "Es el mejor diseño".	- "El soporte de la palanca puede fallar".		- "Se invierte de más en el material para solo cortar dos flores". - "Toma mucho tiempo realizar el proceso en comparación con el "A"".		- "El material de la barra (polímero) no es el indicado". - "El corte no sería limpio"
5	- "Corta 2 flores a la vez".	- "La cuchilla redonda con una hembra redonda, porque cuando la cuchilla no esté muy afilada el tallo va a empezar a resbalar en la hembra".	- "Puede llegar a cortar 2 o más flores".	- "Muchas piezas". - "Yo le haría un rediseño".	- "Lo pequeño de la herramienta".	- "Que es abriendo la mano".
6	- "Corte rápido" - "Liviano" - "Movimientos simples".	- "Falta ergonomía en la sujeción".	- "Buena ergonomía". - "Poda mucho".	- "Falta fuerza". - "Muy larga".	- "Pequeño y liviano".	- "El segundo corte presenta tensión en la parte superior de la mano".

ANEXO F. Registro fotográfico de la prueba de evaluación de la alternativa del mecanismo seleccionado



Modelo funcional



Modelo funcional



Participante manipulando el modelo



Participante manipulando el modelo



Participante manipulando el modelo

ANEXO G. Datos de la Prueba de Verificación 1: Agarre.

Sexo	Participante	Corte Basal (50cm) - Promedios				Corte Apical (70cm) - Promedios			
		DR	DU	F	E	DR	DU	F	E
M	Giovanni Badillo	- 0,31	4,76	- 2,01		- 0,73	4,92	-7,78	
F	Natalia Carrillo		3,62	- 7,56			12,83	- 10,33	
M	Anderson Zafra		2,99	- 7,82	0,21	- 0,45	3,47	- 7,94	
M	Cristian Ardila	- 3,00	0,44	- 1,24	1,28	-0,96	1,64	- 1,79	0,68
F	Jennifer Zambrano	- 1,96		- 2,04	0,78	-3,03		- 3,30	
F	Alba Royeles	- 1,86	3,73	- 4,44			2,82	- 4,89	
M	Cristian Triana	- 0,73	0,84	- 1,30	0,86	- 0,21	2,96	- 5,30	0,51
F	Stefania Reyes	- 0,53	2,35	- 4,44	1,07		2,97	- 5,18	1,38
F	Jennifer Jaimes	- 0,71	3,50	- 3,97	5,16	- 0,74	0,14	- 2,60	1,71
F	Laura Moreno	- 1,55		- 0,99	1,53	- 2,19		- 4,97	-
F	Stephanie Insignares	- 2,32	1,29	- 20,37	0,75	- 3,68	1,16	- 7,51	
F	Angie Jerez	- 0,86	1,11	- 0,70	0,88	- 1,15	0,70	- 0,73	1,23
F	Kelly Malagon		5,05	- 3,46	2,17	-0,69	3,82	- 4,53	0,43
F	Isabella Camacho	- 9,60		- 10,99		- 1,78		- 5,11	
M	Ronald Jerez	- 1,16	2,83	- 1,99	1,75		10,14	- 2,16	6,98
M	Joseph Castellanos		8,43	- 7,36		- 2,34	2,17	- 10,93	
F	Valentina Hernandez		8,31	- 5,38	1,36		9,57	- 4,66	2,48
M	Julian Hernández		3,84	- 0,93		- 1,25	4,31	- 1,42	0,36
F	Stefany Montañez		12,60		6,71	- 2,78	2,49	- 1,71	2,03
F	Keyla Delasaras	- 0,58	2,89	- 5,25	1,82	- 1,69	2,31	- 3,75	2,45

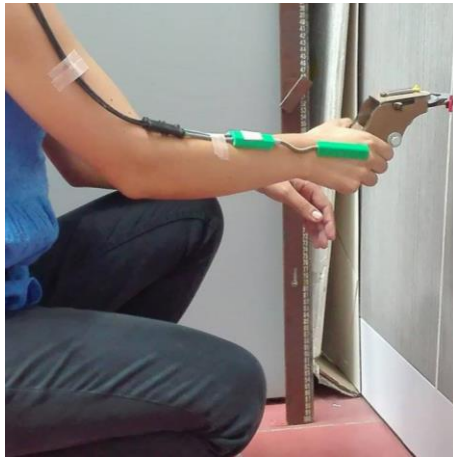
ANEXO H. Registro fotográfico de la Prueba de Verificación 1: Agarre.



Colocación del equipo



Prueba en corte apical.



Prueba en corte basal.



Prueba en corte apical.

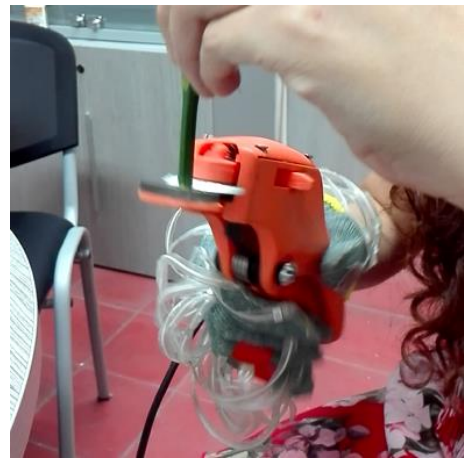
ANEXO I. Datos de la Prueba de Verificación 2: Fuerza

Sexo	Participante	Primer Corte		Segundo Corte		Tercer Corte		General	
		Máximos	Promedio	Máximos	Promedio	Máximos	Promedio	Máximos	Promedio
F	Lina Rodriguez	0,09	0,09	1,09	0,30	1,80	0,36	0,99	0,25
M	Giovanni Badillo	1,82	0,34	1,56	0,38	2,73	0,68	2,04	0,47
F	María Alejandra García	0,20	0,10	1,43	0,47	0,34	0,18	0,66	0,25
F	Laura Alejandra Barrero	0,26	0,17	2,18	0,77	1,46	0,51	1,30	0,48
F	Estefy Ballesteros	0,43	0,30	0,54	0,27	2,77	0,73	1,25	0,43
M	Diego Afanador	1,00	0,21	2,56	0,51	2,73	0,68	2,10	0,47
F	Estefany	1,22	0,65	0,79	0,22	0,96	0,96	0,99	0,61
M	Jesus Mejía	0,35	0,16	0,04	0,02	1,06	0,47	0,48	0,22
M	Nicolas Florez	0,07	0,04	0,06	0,04	0,36	0,18	0,16	0,09
F	María Elisa Rondon	0,06	0,04	0,50	0,24	0,30	0,15	0,29	0,14
M	Anderson Zafra	2,16	0,68	0,26	0,14	1,88	0,56	1,43	0,46
F	María José Gonzales	0,31	0,31	0,63	0,27	1,73	0,46	0,89	0,35
F	Lisbeth	0,55	0,28	0,50	0,27	1,72	0,50	0,92	0,35
M	Carlos López	0,19	0,12	1,31	0,56	2,25	0,77	1,25	0,48
F	Laura Munive	0,17	0,13	0,46	0,21	1,26	0,34	0,63	0,23
F	Leidy	0,44	0,27	1,53	0,58	1,34	0,48	1,10	0,44

ANEXO J. Registro fotográfico de la Prueba de Verificación 2: Fuerza



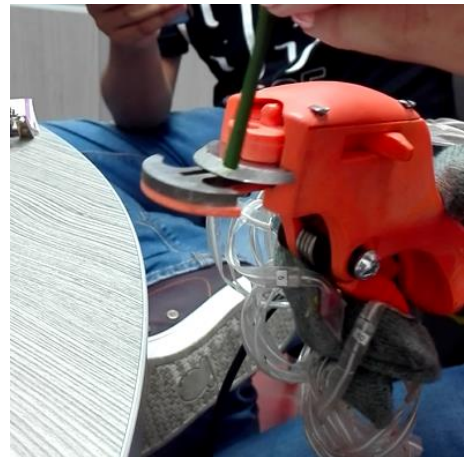
Participante



Participante



Participante



Participante

ANEXO K. Autoreporte de la Prueba de Validación.

AUTOREPORTE – TEST DE USABILIDAD						
	PARTICIPANTE:		SEXO:		FECHA:	
DILIGENCIAR POR EVALUADOR	PÁRAMETRO 1: EFICIENCIA					
	Tratamientos	Número de cortes por gesto de aprehensión	Frecuencia (cortes/min)			
	Tratamiento 1					
	Tratamiento 2					
	Etapas del ciclo de uso			Número de Errores		
	Agarre de la herramienta					
	Accionamiento de la herramienta					
	Devolución con el gatillo					
DILIGENCIAR POR PARTICIPANTE	PÁRAMETRO 2: EFICACIA					
	Evalué las afirmaciones 1 a la 9, teniendo en cuenta que 1 es el peor valor y 5 es el mejor valor.					
	Para el Tratamiento 1: Herramienta Propuesta.					
	AFIRMACIONES	1	2	3	4	5
	1. El agarre de la herramienta para ejecutar el corte es:	Incomod o <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Cómodo <input type="radio"/>
	2. Al seleccionar la flor a cortar, fue:	Difícil <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fácil <input type="radio"/>
	3. Al realizar el primer corte:	No corto <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Corto limpio <input type="radio"/>
	4. Al realizar el segundo corte:	No corto <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Corto limpio <input type="radio"/>
5. Al realizar el tercer corte:	No corto <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Corto limpio <input type="radio"/>	
6. Considera que el gatillo es:	Estorba <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	No estorba <input type="radio"/>	
DILIGENCIAR POR PARTICIPANTE	Para el Tratamiento 2: Herramienta Convencional.					

AFIRMACIONES		1	2	3	4	5
7.	El agarre de la herramienta para ejecutar el corte es:	Incomod o <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Cómodo <input type="radio"/>
8.	Al seleccionar la flor a cortar, fue:	Difícil <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fácil <input type="radio"/>
9.	Al realizar el primer corte:	No corto <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Corto limpio <input type="radio"/>

PÁRAMETRO 3: SATISFACCIÓN

Marque con una X su grado de satisfacción con los siguientes aspectos:

PREGUNTAS		Muy mal	Mal	Regular	Bien	Muy bien
10.	La primera impresión que tuvo de la herramienta propuesta.					
11.	La forma de uso de la herramienta de corte propuesta.					
12.	El agarre de la herramienta de corte propuesta.					
13.	El diseño permite un mantenimiento preventivo y correctivo a la herramienta de corte propuesta.					
14.	La herramienta de corte propuesta realice tres cortes con un gesto de aprehensión.					
15.	La herramienta de corte propuesta.					

OBSERVACIONES	Escriba aquí...
---------------	-----------------

ANEXO L. Registro Prueba de Validación en Flores Aurora, Octubre 7 de 017.



Cultivos Flores Aurora



Herramienta en uso.



Realización de la prueba.



Realización de la prueba.



Trabajadora completando el Test



Trabajadores completando el Test

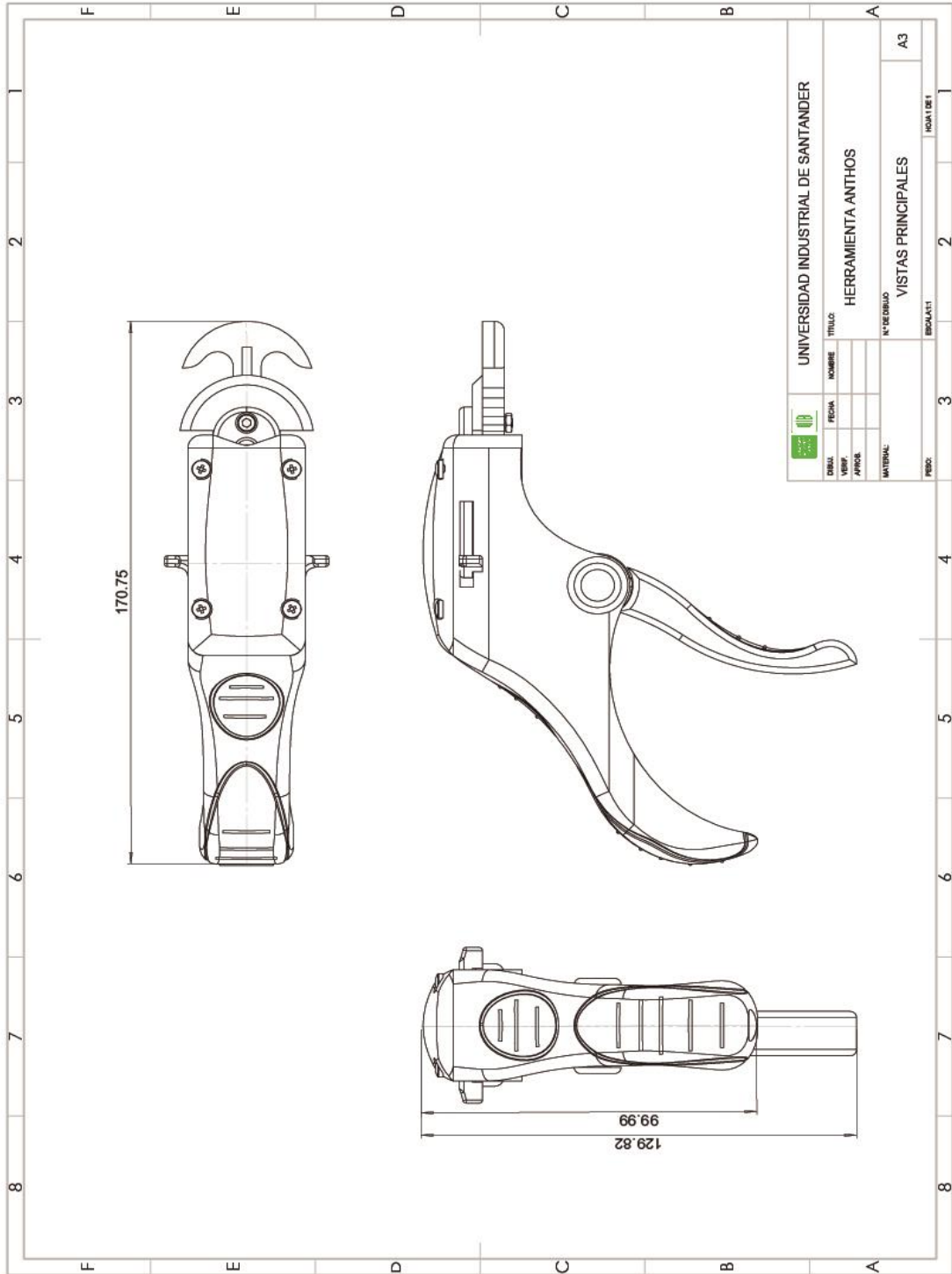


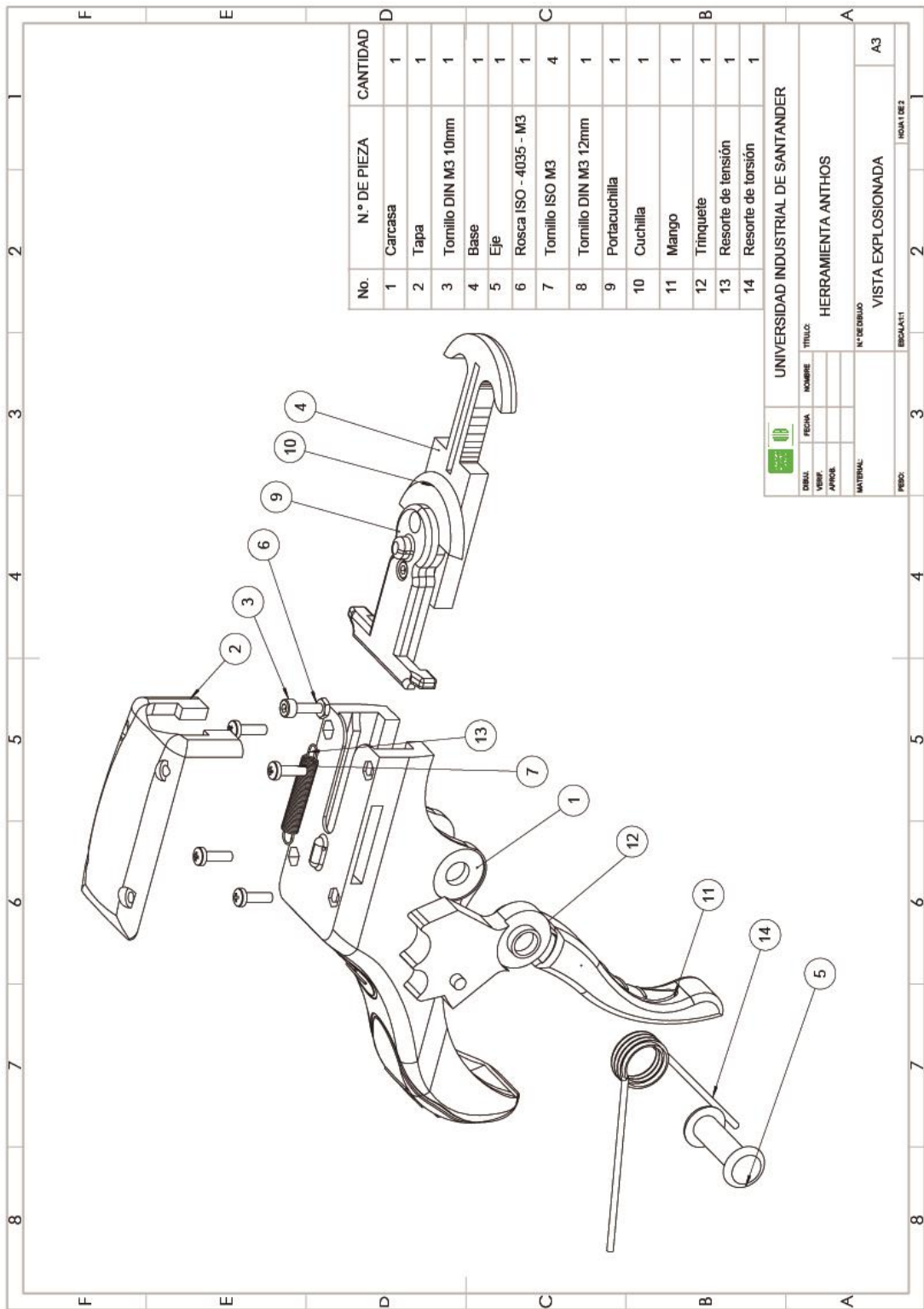
Prototipo funcional.



Trabajadoras del cultivo.

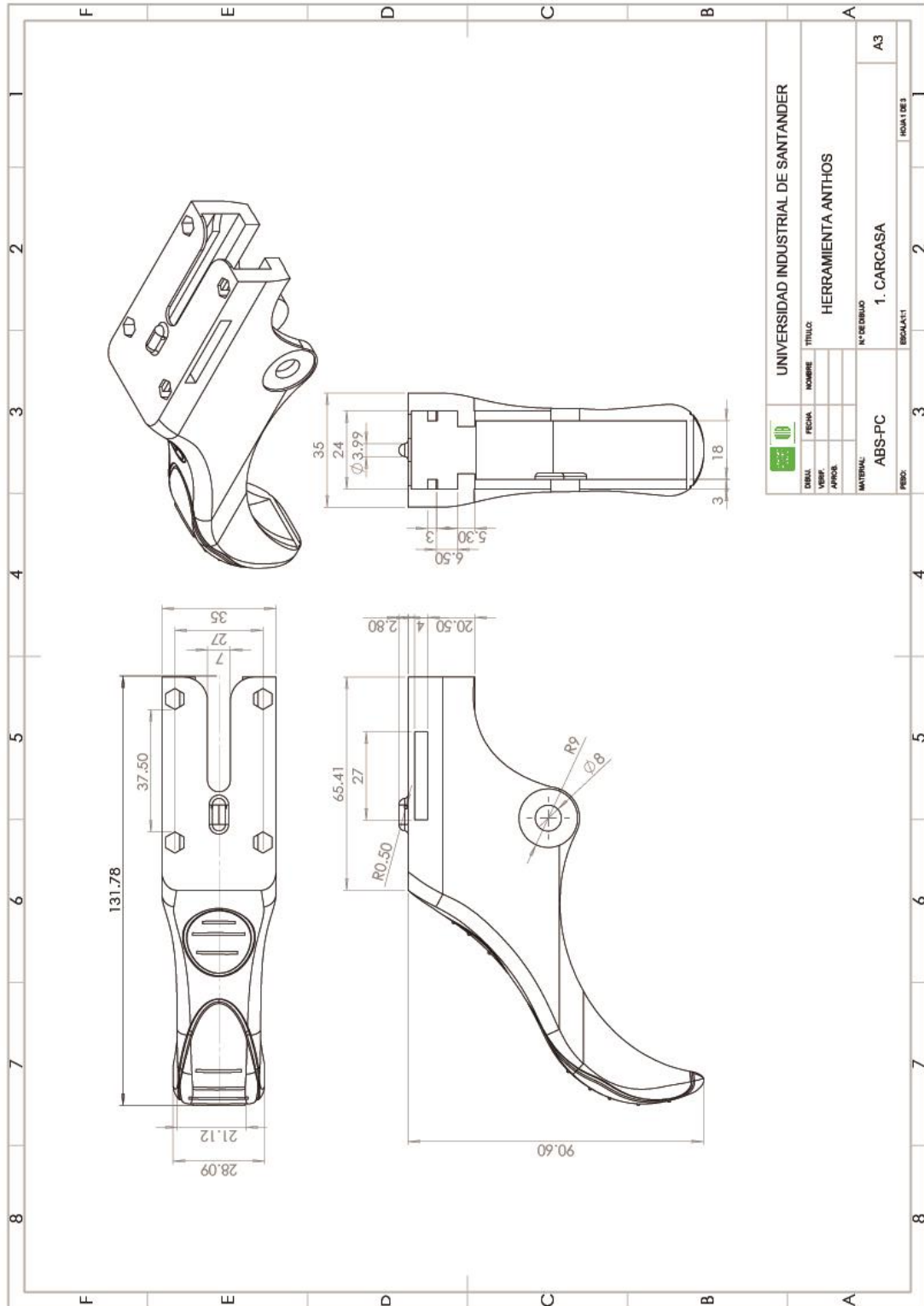
ANEXO M. Planos técnicos.

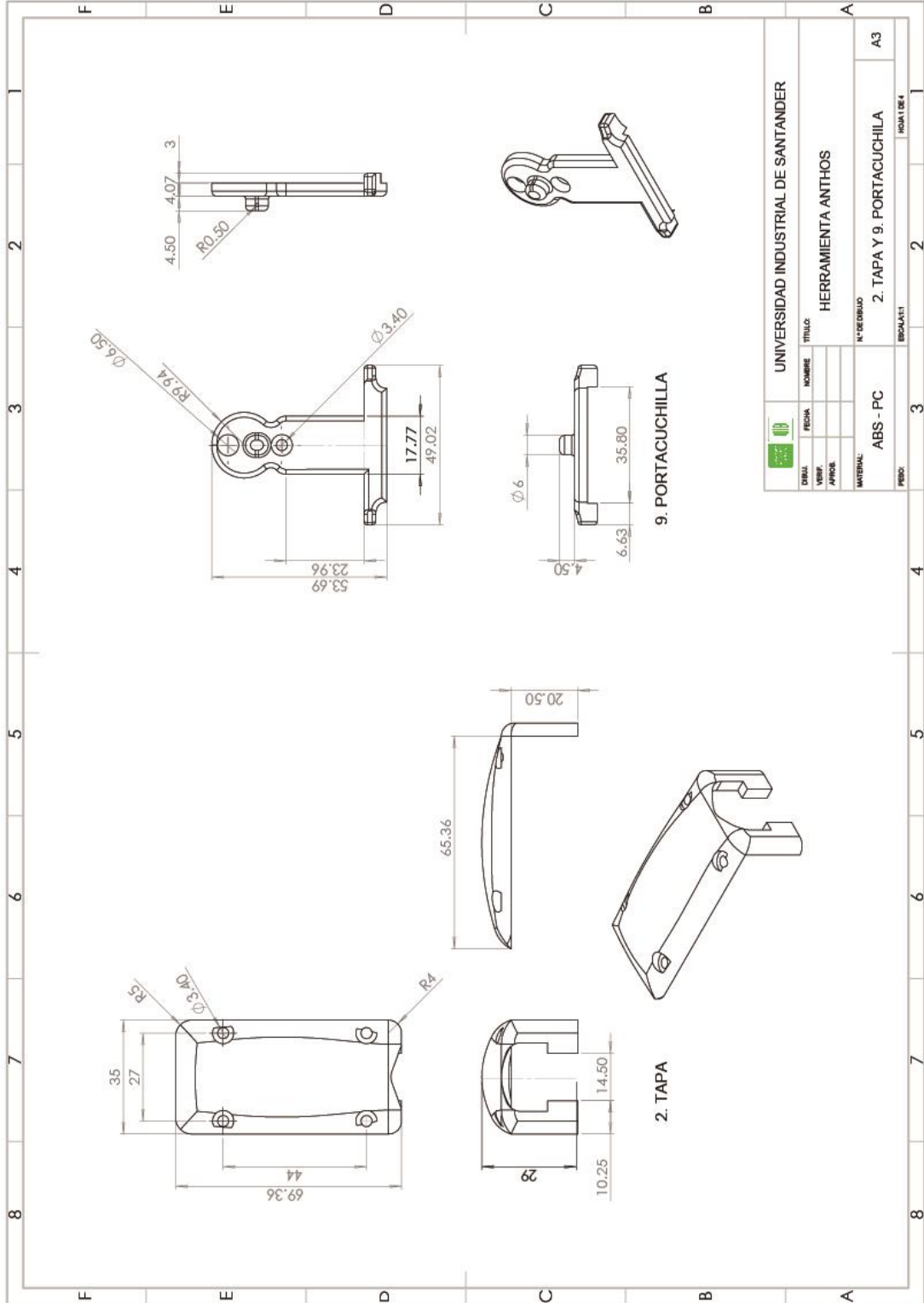


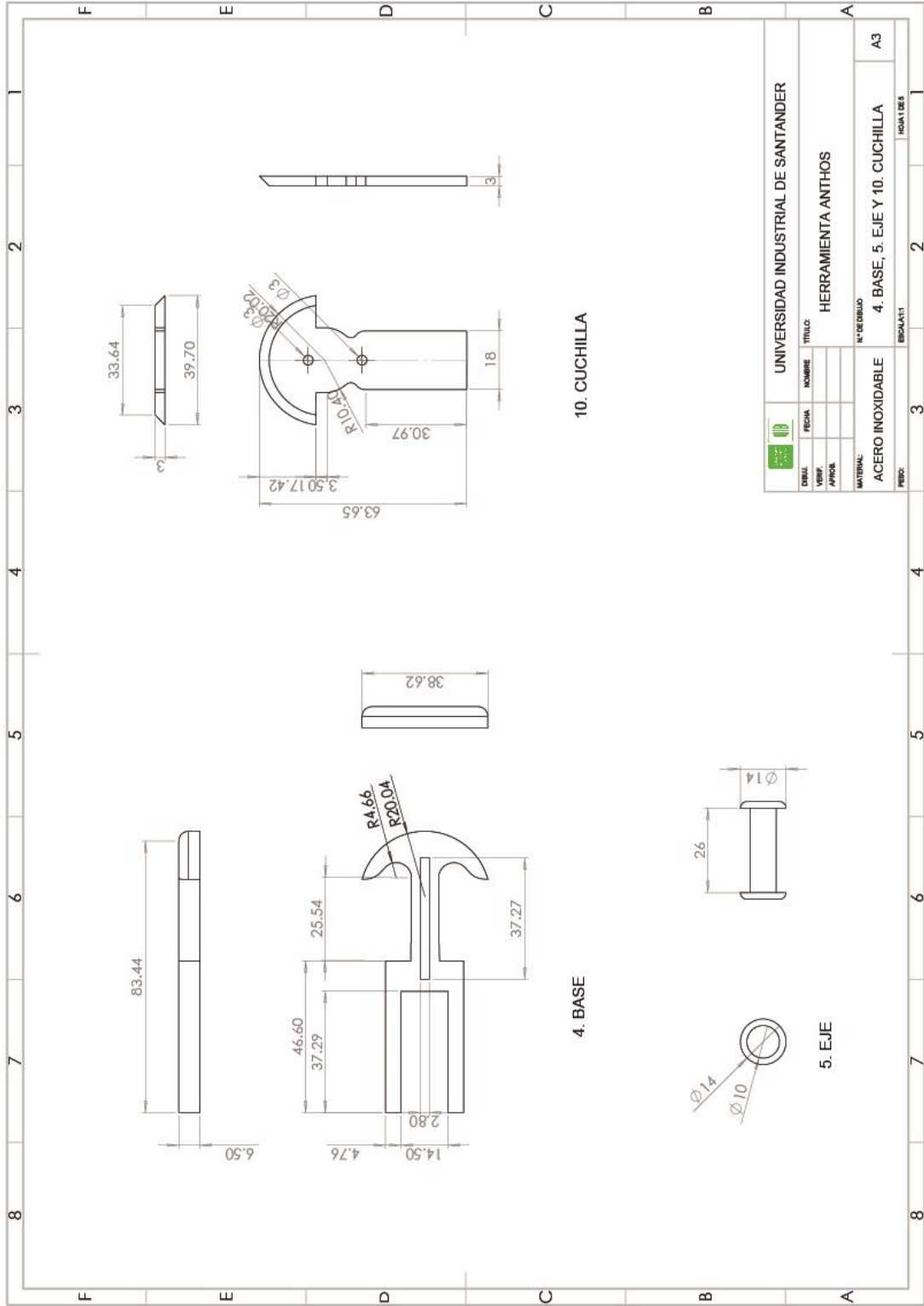


No.	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Carcasa	1
2	Tapa	1
3	Tornillo DIN M3 10mm	1
4	Base	1
5	Eje	1
6	Rosca ISO - 4035 - M3	1
7	Tornillo ISO M3	4
8	Tornillo DIN M3 12mm	1
9	Portacuchilla	1
10	Cuchilla	1
11	Mango	1
12	Trinquete	1
13	Resorte de tensión	1
14	Resorte de torsión	1

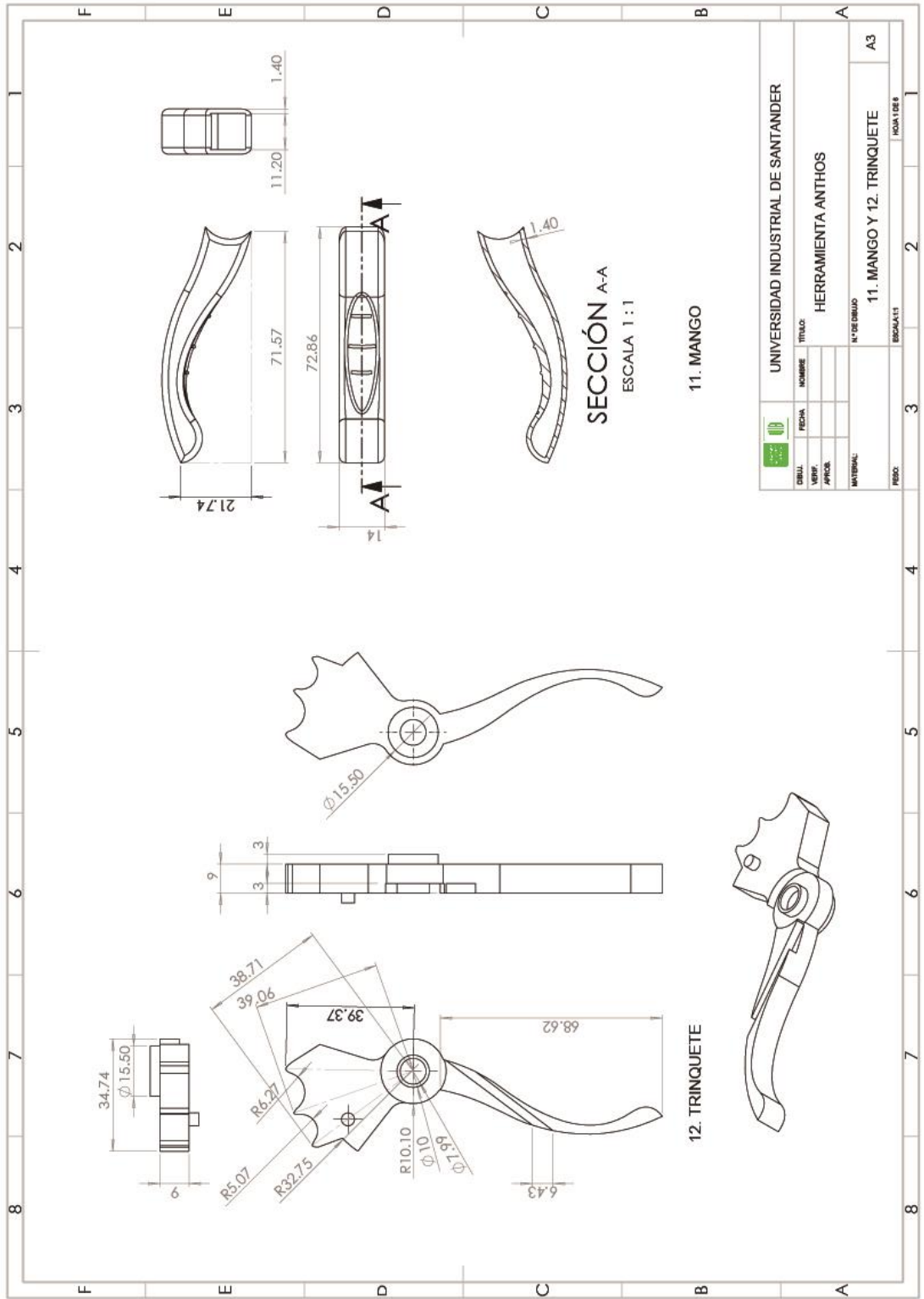
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
DIBAJ. VERIF. APROB.	FECHA
NOMBRE	
TÍTULO	
HERRAMIENTA ANTHOS	
MATERIAL:	
N.º DE DIBUJO	
VISTA EXPLOSIONADA	
A3	
PROF:	BOCAL:1
NOVA:023	

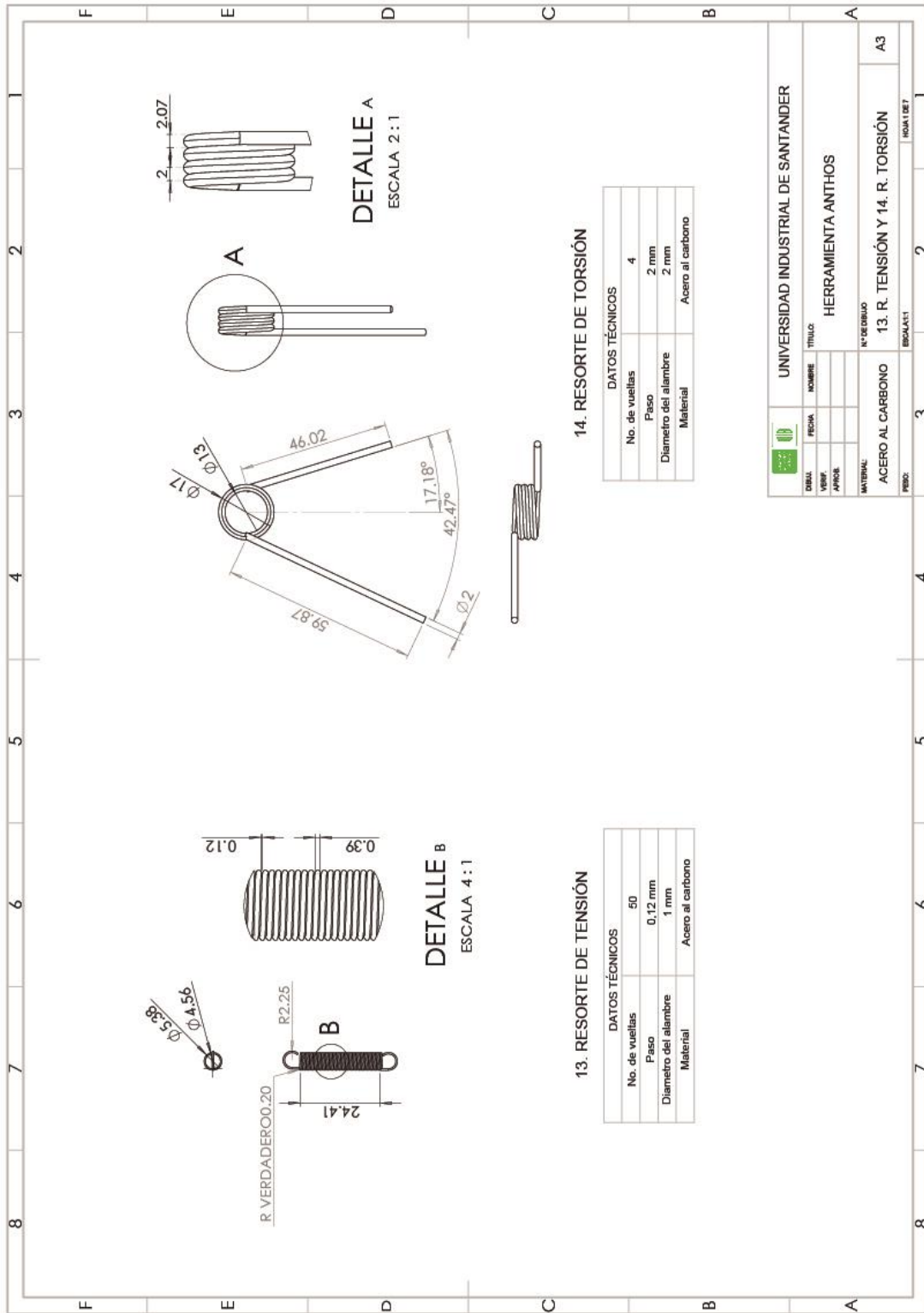






UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		TÍTULO: HERRAMIENTA ANTHOS	
DISEÑO	FECHA:	NOMBRE:	
VERIF.	APROB.		
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE	N° DE DISEÑO: 4. BASE, 5. EJE Y 10. CUCHILLA	A3	
PROYECTO: MECANICA	HORAS DE:		





UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
DESAI	TITULO
VEP	NOMBRE
APD	HERRAMIENTA ANTHOS
N° DE DISEÑO	
13. R. TENSION Y 14. R. TORSION	
A3	
PROF:	BSCAL11
NOVA 1 087	