

**HERRAMIENTA MANUAL PARA LA TAREA DE COSECHA DE LA MORA DE
CASTILLA**

PAULA ANDREA FRANCO MATEUS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2017**

**HERRAMIENTA MANUAL PARA LA TAREA DE COSECHA DE LA MORA DE
CASTILLA**

PAULA ANDREA FRANCO MATEUS

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Diseñadora Industrial**

Directora:

MARÍA FERNANDA MARADEI GARCÍA
Diseñadora Industrial
Esp. Ergonomía y Fisiología
M.Sc. Ergonomía y Cambios Tecnológicos
Ph.D Ingeniería Línea Ergonomía

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2017

Los esfuerzos llegan a una recompensa, para mi caso es esta investigación producto de tiempo, amor a mi carrera y de agradecimientos a cada una de las personas que contribuyeron directa o indirectamente en mi formación profesional.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO.....	20
2. JUSTIFICACIÓN.....	25
3. OBJETIVOS	28
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	28
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
4. MARCO TEÓRICO.....	29
4.1 LESIONES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS EN EL SECTOR AGRÍCOLA	29
4.2 GENERALIDADES DE LA PLANTA DE LA MORA DE CASTILLA (RUBUS GLAUCUS).....	42
4.3 OBSERVACIÓN DE CAMPO	51
4.4 POSTURAS OBSERVADAS EN LA COSECHA DE LA MORA DE CASTILLA. 58	
4.5 REVISIÓN TECNOLÓGICA DEL ESTADO DEL ARTE	72
5 METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	76
5.1 FASE I.....	77
5.1 FASE II.....	78
5.2 FASE III.....	79
6 REQUERIMIENTOS	80
7 GENERACIÓN DE CONCEPTOS	84
7.1 POSIBLES ASOCIACIONES O SOLUCIONES.....	86
7.2 LLUVIA DE IDEAS	90
7.2.3 Idea C	92
7.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	96
7.4 MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACIÓN	118
7.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	120
7.6 AJUSTES DE LAS ALTERNATIVAS. EXTRACCIÓN DEL FRUTO	127
8 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA FINAL DE DISEÑO.....	142
8.1 VARIABLES.....	144
8.2 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA DE VALIDACIÓN	149
8.3 TABULACIÓN Y RESULTADOS	154

8.4 ANÁLISIS OBSERVACIONAL DEL DESGASTE DE LOS GUANTES	179
8.5 ANÁLISIS BIOMECÁNICO	182
8.6 ENCUESTA SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL USUARIO.	186
8.7 CONCLUSIONES	187
9 PRODUCTO FINAL.....	189
9.1 ASOCIACIONES DE CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN FUNCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS	189
9.2 IMAGEN CORPORATIVA	191
9.3 MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACIÓN Y LÍNEA DE PRODUCCIÓN 192	
10 DISEÑO DEL DETALLE.....	194
11 CONCLUSIONES	202
BIBLIOGRAFÍA	204

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Planta de mora y distribución en el cultivo.	22
Figura 2 Rasquetilla en la recolección de rosa de mosqueta.	23
Figura 3 Canasta de recolección de manzanas tradicional a la izquierda y adaptación del asa por cinturón de cintura a la derecha.	32
Figura 4 Límites de los diferentes criterios establecidos por el comité de 1991.	34
Figura 5 Movimientos y posturas de la muñeca.	35
Figura 6 Ángulos de confort.	36
Figura 7 Tipos de prensión palmar cilíndrica, palmar esférica y pinza bilateral subtérmino lateral.	37
Figura 8 Tipos de prensión de pinza lateral (izquierda) y distal (derecha).	38
Figura 9 Tipos de agarres en función del número de dedos.	39
Figura 10 Fuerzas de flexión del codo para diferentes ángulos.	40
Figura 11 Ejemplos de agarres y la fuerza requerida para cada uno de ellos.	41
Figura 12 Estados de las flores y frutos de mora de castilla, desde el botón hasta el fruto listo para cosechar.	44
Figura 13 Clasificación contemplada en la norma para la mora de castilla.	45
Figura 14 Preparación del material vegetal y el terreno para el cultivo de mora. ...	46
Figura 15 Desarrollo vegetativo de la planta de la mora una vez establecido el cultivo.	47
Figura 16 Producción de mora de castilla en etapa adulta.	48
Figura 17 Espinas de la mora de castilla (Izquierda) y espinas de un rosal (Derecha).	49
Figura 18 Cultivo de mora en la cabecera municipal de Tona.	52
Figura 19 Cultivo de mora en la cabecera municipal de Tona.	52
Figura 20 La relación de la prevalencia de dolor en función del rango de edad. ...	53
Figura 21 Descripción demográfica de la población.	54

Figura 22 Estudio sobre la prevalencia musculo esquelética en el cultivo de mora de castila. Piedecuesta.	55
Figura 23 Indumentaria tradicional de un trabajador.	56
Figura 24 Canasta o catabra donde se almacena la mora.	57
Figura 25 Canastillas plásticas y canastas recolectoras.	57
Figura 26 Cosecha de la mora de castilla en terreno plano.	59
Figura 27 Postura A en terreno plano.	60
Figura 28 Postura B en terreno plano.	61
Figura 29 Postura C en terreno plano.	61
Figura 30 Postura D en terreno plano.	62
Figura 31 Postura E en terreno plano.	63
Figura 32 Postura F en terreno plano.	63
Figura 33 Postura G en terreno inclinado.	64
Figura 34 Postura H en terreno inclinado.	65
Figura 35 Postura I en terreno inclinado.	65
Figura 36 Postura J en terreno inclinado.	66
Figura 37 Guantes derecho e izquierdo con una baja producción de mora.	67
Figura 38 Desviación ulnar de muñeca.	68
Figura 39 Desviación radial de muñeca.	68
Figura 40 Extensión de muñeca.	68
Figura 41 Flexión de muñeca.	68
Figura 42 Zonas de mayor deterioro del material a causa del gesto de pinza.	69
Figura 43 Postura 1, secuencia del gesto de pinza.	70
Figura 44 Postura 2, secuencia del gesto de pinza.	70
Figura 45 Postura 3, secuencia del gesto de pinza.	71
Figura 46 Postura 4, secuencia del gesto de pinza.	71
Figura 47 Postura 5, secuencia del gesto de pinza.	71
Figura 48 Recolección de la rosa de mosqueta con una rasquetilla.	72
Figura 49 Agarre de la Rasquetilla. Fuente.	74
Figura 50 Diagrama de la metodología.	76

Figura 51 Diagrama de la Fase I de la metodología.	77
Figura 52 Diagrama de la Fase II de la metodología.	78
Figura 53 Diagrama de la Fase III de la metodología.	79
Figura 54 Requerimientos estructurales de diseño.	80
Figura 55 Requerimientos de uso de diseño.	81
Figura 56 Requerimientos Funcionales de diseño.	82
Figura 57 Requerimientos Formal – Estéticos de diseño.	83
Figura 58 División del problema en Sub - problemas.	84
Figura 59 Diagrama morfológico de la extracción del fruto.	87
Figura 60 Diagrama morfológico del almacenamiento.	88
Figura 61 Diagrama morfológico de llevar al contenedor.	89
Figura 62 Lluvia de ideas.	90
Figura 63 Idea A - cerdas.	91
Figura 64 Idea B - pinza.	92
Figura 65 Idea C - succión.	93
Figura 66 Cilindro de simple (Arriba) y doble efecto (Abajo).	94
Figura 67 Principio de Pascal.	95
Figura 68 Bomba de succión.	96
Figura 69 Cosecha Industrializada de Arándanos.	97
Figura 70 Propuesta 1, extracción del fruto.	100
Figura 71 Propuesta 2, extracción del fruto.	102
Figura 72 Propuesta 3, extracción del fruto.	103
Figura 73 Propuesta 1, 3 y 2, extracción del fruto.	104
Figura 74 Propuesta 4, Sujeción y almacenamiento.	107
Figura 75 Propuesta 5, Sujeción y almacenamiento.	109
Figura 76 Catabra.	111
Figura 77 Contenedor propuesto.	112
Figura 78 Contenedor propuesta tanto para la propuesta 4 como 5.	112
Figura 79 Cubeta de hielos fabricado en caucho de silicona para alimentos.	113
Figura 80 Campesino llevando moras al canasto.	114

Figura 81 Propuestas de distribución de llevar al contenedor.	115
Figura 82 Mecanismo de rotación para controlar la dirección de las moras.	116
Figura 83 Mallas disponibles en el mercado.	117
Figura 84 Unión mediante pines y abrazaderas rápidas.	117
Figura 85 Llevar al contenedor mediante un tubo.	118
Figura 86 Procesos y materiales de la propuesta.	119
Figura 87 Propuesta de la cabeza de la herramienta en PVC.	120
Figura 88 Propuestas del cinturón de ajuste a la cadera, botellas adaptadas y silicona antideslizante.	121
Figura 89 Protocolo selección de Ideas de Diseño.	122
Figura 90 Prueba de alternativa con el cinturón de dos recipientes.	124
Figura 91 Propuesta 1 extracción del fruto.	124
Figura 92 Propuesta 3 de extracción del fruto.	125
Figura 93 Propuesta 2 de extracción del fruto.	126
Figura 94 Mallas para desplazar la mora.	126
Figura 95 Nuevas propuestas de extracción del fruto.	128
Figura 96 Modelo rápido de patronaje para guantes.	129
Figura 97 Modelo rápido de patronaje para guantes.	130
Figura 98 Modelo rápido de patronaje para guantes.	130
Figura 99 Modelos rápidos de patronaje para guantes.	130
Figura 100 Modelo rápido de patronaje para guantes.	131
Figura 101 Modelo rápido de patronaje para guantes.	131
Figura 102 Modelo rápido de patronaje para guantes.	131
Figura 103 Modelo rápido de patronaje para guantes.	132
Figura 104 Modelos rápidos de guantes.	132
Figura 105 Pestañas para facilitar halar la mora.	133
Figura 106 Elemento de entrada a la alimentación del tubo.	135
Figura 107 Propuesta del guante sin la adaptación de las piezas plásticas.	135
Figura 108 Segunda propuesta de Guante.	137
Figura 109 Propuesta tres de guantes con pestañas cosidas.	138

Figura 110 Cinturón para dos compartimientos.	139
Figura 111 Tubos y piezas de entrada para el transporte de la mora.	140
Figura 112 Contenedores en EVA.	141
Figura 113 Protocolo de validación.	143
Figura 114 Puntos somatometricos del cuerpo.	145
Figura 115 Flexión de espalda.	146
Figura 116 Extensión espalda.	146
Figura 117 Flexión de brazo.	147
Figura 118 Extensión de brazo.	148
Figura 119 Flexión de antebrazo.	148
Figura 120 Primera validación.	149
Figura 121 Participantes de la sección 1.	152
Figura 122 Participantes de la sección 2.	153
Figura 123 Tipos de terreno presentes en la prueba.	166
Figura 124 Terrenos inclinados medios con apoyo plano (izquierda) y con apoyo inclinado medio (derecha).	167
Figura 125 Terrenos inclinados altos con apoyo inclinado bajo (izquierda) y con apoyo inclinado alto (derecha).	167
Figura 126 Relación entre el terreno y los usuarios de flexión de brazo.	169
Figura 127 Relación entre el terreno y los tratamientos de flexión de brazo.	170
Figura 128 Relación entre el terreno y los usuarios de extensión de espalda.	172
Figura 129 Relación entre el terreno y los tratamientos de extensión de espalda.	173
Figura 130 Relación entre el terreno y los usuarios de flexión de antebrazo.	175
Figura 131 Relación entre el terreno y los tratamientos de flexión de antebrazo.	175
Figura 132 Relación entre el terreno y los usuarios de flexión de espalda.	177
Figura 133 Relación entre el terreno y los tratamientos de flexión de espalda. ...	178
Figura 134 Desgaste presentado en la jornada de validación.	180
Figura 135 Desgaste del material para la segunda sección.	181
Figura 136 Diagrama de cuerpo libre de la espalda.	183

Figura 137 Requerimientos y atributos de la herramienta.	189
Figura 138 Requerimientos y atributos de la herramienta.	190
Figura 139 Color institucional.	191
Figura 140 Tipografía.	191
Figura 141 Imagotipo de la herramienta que se desarrolló.	192
Figura 142 Procesos de fabricación y materiales de la propuesta diseñada.	193
Figura 143 SeCura con cada una de las piezas.	194
Figura 144 Beneficios del guante que forma parte de Secura.	195
Figura 145 Beneficios del guante que forma parte de Secura.	195
Figura 146 Beneficios del guante que forma parte de Secura.	196
Figura 147 Beneficios del guante que forma parte de Secura.	196
Figura 148 Beneficios del guante que forma parte de Secura.	197
Figura 149 Beneficios del guante que forma parte de Secura.	197
Figura 150 Beneficios del tubo de transporte de SeCura.	198
Figura 151 Beneficios de las piezas textiles en SeCura.	198
Figura 152 Beneficios del cinturón de cadera que forma parte de Secura.	199
Figura 153 Beneficios del cinturón de cadera que forma parte de Secura.	199
Figura 154 Beneficios del cinturón de cadera que forma parte de Secura.	200
Figura 155 Beneficios del cinturón de cadera que forma parte de Secura.	200
Figura 156 Beneficios del cinturón de cadera que forma parte de Secura.	201

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Descripción demográfica de la población participante de la prueba, sección uno.	151
Tabla 2 Descripción demográfica de la población participante de la prueba, sección dos.	153
Tabla 3 Descripción demográfica de la población participante de las dos secciones.	154
Tabla 4 Datos obtenidos para el participante uno de la sección uno.	155
Tabla 5 Datos obtenidos para el participante dos de la sección uno.	156
Tabla 6 Datos obtenidos para el participante tres de la sección uno.	158
Tabla 7 Datos obtenidos para el participante cuatro de la sección uno.	160
Tabla 8 Datos obtenidos para el participante cinco de la sección uno.	161
Tabla 9 Datos obtenidos para el participante uno de la sección dos.	162
Tabla 10 Datos obtenidos para el participante dos de la sección dos.	163
Tabla 11 Resumen general de mínimos y máximos para las diferentes tomas. ..	165
Tabla 12 Muestra la relación entre el tipo de terreno y la postura asumida por cada uno de los participantes, para la flexión del brazo.	168
Tabla 13 Tabla de contingencia Flexión del brazo, valores reales y esperados. .	170
Tabla 15 Muestra la relación entre el tipo de terreno y la postura asumida por cada uno de los participantes, para la Extensión de espalda.	171
Tabla 15 Tabla de contingencia Extensión de espalda, valores reales y esperados.	173
Tabla 17 Muestra la relación entre el tipo de terreno y la postura asumida por cada uno de los participantes, para la Flexión de antebrazo.	174
Tabla 18 Tabla de contingencia Flexión de antebrazo, valores reales y esperados.	176
Tabla 18 Muestra la relación entre el tipo de terreno y la postura asumida por cada uno de los participantes, para la Flexión de espalda.	177

Tabla 19 Tabla de contingencia Flexión de espalda, valores reales y esperados.
.....178

Tabla 20 Percepción de los usuarios.187

RESUMEN

TITULO.

Herramienta manual para la tarea de cosecha de la mora de castilla*.

AUTOR.

FRANCO MATEUS, Paula Andrea**.

PALABRAS CLAVE.

Cosecha de mora, demanda osteomuscular, lesiones cutáneas, agricultura, DME

La agricultura es una de las principales actividades económicas que se desarrollan en Colombia y representa el 47% de las exportaciones del país. Una de las frutas más cosechadas en Santander, es la mora de castilla y debido a la falta de tecnificación del campo, ésta se cosecha manualmente en pequeñas parcelas por campesinos que en su mayoría trabajan informalmente por lo que no cuentan con servicios de prevención en riesgos laborales.

La morfología del arbusto puede causar lesiones en piel o tejido subcutáneo en los trabajadores, además debido a las posturas adquiridas, los esfuerzos realizados y los tiempos laborales se presenta la posibilidad de aparición de desórdenes musculo esqueléticos (DME).

Este trabajo propone una herramienta manual que mitigue las lesiones en piel o tejido subcutáneo y el riesgo musculo esquelético que se presentan al cosechar la mora de castilla de forma manual. El proyecto se desarrolló con apoyo de los agricultores de las veredas aledañas de Piedecuesta y Tona – Santander, quienes presentan síntomas de dolor en espalda y manos, relacionados con sus actividades laborales.

Se realizaron observaciones directas sobre terreno que permitió el diseño y validación de un sistema que mitiga la demanda osteomuscular durante la cosecha de la mora y reduce las lesiones cutáneas en las extremidades superiores.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Directora María Fernanda Maradei García.

ABSTRACT

TITLE.

Manual tool for harvest task of Andean blackberry*.

AUTHOR.

FRANCO MATEUS, Paula Andrea**.

KEYWORDS

Blackberry harvest, Musculoskeletal demands, Cutaneous Lesions, Agriculture, MSDs.

Agriculture is one of the main economic activities develop in Colombia and represent 47% of exportations of the country. One of the fruits more harvested in Santander, it's the Andean blackberry and due the lack of the field technification, it's harvest manually in small plot by farmers, most of them work informally and they don't count with prevention of professional risk services.

The morphology of the bush can produce lesions on the skin or subcutaneous tissue of the workers, also due some acquired postures, the strength made and the workday represent probability of occurrence of musculoskeletal disorders (MSDs).

This paper purpose a manual tool that mitigate skin lesions or subcutaneous tissue and the Musculoskeletal Risk displayed in the manual Andean blackberry harvest. The project was developed with the farmers back up from nearby towns of Piedecuesta and Tona – Santander, they present Symptoms of back and hand pain, related to their working activities.

Direct observations were made about the terrain that allowed the design and validation of a system that mitigates the osteomuscular demand during the Andean blackberry harvest, and reduce cutaneous lesions in the upper limbs.

* Graduation Project.

** Physical-Mechanical Engineering Faculty. School of Industrial Design. Director María Fernanda Maradei García.

INTRODUCCIÓN

El 75% del territorio colombiano es de tipo rural, donde el 70% de los alimentos que se producen en el país vienen de pequeños campesinos, generando 35.438 empleos directos e indirectos solamente de cultivos de frutas en Santander¹.

En Colombia, los cultivos de mora de castilla producen aproximadamente 100 mil toneladas/año. Los departamentos de Cundinamarca, Santander, Huila y Antioquia son los mayores productores, con cerca del 70% de la cosecha nacional². Sin embargo el 60% de los campesinos labora informalmente³ lo que dificulta la inclusión de programas de prevención de enfermedades laborales.

La agricultura se reconoce como una actividad peligrosa, debido al alto porcentaje de lesiones y enfermedades que se presentan. Se evidencia la aparición de factores como levantamiento de cargas, repetitividad de tareas y sostenida o repetida flexión del cuerpo⁴, donde la recolección de las diferentes frutas y verduras se realiza manualmente, reportan casos de diferentes tipos de dolores desde espaldas hasta manos⁵, independiente de las otras tareas como sembrado, poda y cosecha.

Lo que muestra una problemática en la cosecha de la mora de castilla para pequeños agricultores que realizan la actividad sin ayuda de maquinaria; es una actividad repetitiva donde no se implementan instrumentas para mitigar el riesgo de

¹ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Plan Frutícola Nacional Desarrollo de la fruticultura en Nariño. Cali. 2006. Pag 84.

² AREVALO PEÑARANDA, Emilio, *et al.* Manejo fitosanitario del cultivo del mora (*Rubus glaucus* Benth) Medidas para la temporada invernal. Bogotá. 2011. Pag 32.

³ Semana. Especial: Los pilares olvidados de la tierra. Revista Semana. 2012. [Online]. Available: <http://www.semana.com/especiales/articulo/los-pilares-olvidados-tierra/255030-3>.

⁴ FATHALLAH, Fadi A. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. *Applied Ergonomics*. Vol 41, N° 6. 2010. pp. 738–743.

⁵ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

lesiones musculoesqueléticas y donde se pueden presentar cortes de piel o tejido subcutáneo⁶.

Para ello se busca contribuir a mejorar las condiciones laborales de estas poblaciones, a partir del diseño de una herramienta que facilite las tareas de cosecha. Se espera que soluciones de este tipo mejoren la calidad del trabajo al reducir la exposición a factores de riesgo⁷.

⁶ MARADEI GARCIA, M. Fernanda; ARDILA JAIMES, Claudia P. y SANABRIA SARMIENTO, Sandra Juliana. Estrategias para mitigar los factores de riesgo por carga física en la actividad agrícola, caso cultivo de mora de castilla. 2015. Pag 15.

⁷ BARRERO, Lope H. Ergonomía en floricultura en Colombia: resultados y lecciones. Rev. Ciencias la Salud. Vol. 12. 2014. pp. 53–61.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO

En Colombia la agricultura representa el sustento laboral de la tercera parte de la población⁸; es por esto que podemos encontrar una gran variedad de productos agrícolas en nuestro territorio, una de las frutas más cultivadas en nuestro país es la mora de castilla debido a su adaptabilidad a las diferentes alturas que van desde los 1.200 a los 3.500 metros de altura sobre el nivel del mar⁹.

En el 2013, Colombia tenía 7.007 hectáreas plantadas, de las cuales 4.922 estaban en edad productiva, con un rendimiento promedio de 15 toneladas por hectárea, lo que significa una producción de 73.856 toneladas anuales¹⁰. La primera cosecha se obtiene de siete a nueve meses después de establecido el cultivo y una vez el fruto se encuentra maduro, se procede a recolectar (tarea de cosecha) ya sea de forma manual o mecanizada.

El trabajo agrícola genera diferentes lesiones relacionadas con el comportamiento postural adoptado por los trabajadores y que concluyen en la mayoría de los casos en dolores de espalda, hombros, brazos y manos¹¹. Además, estudios realizados evidencian el poco conocimiento que existe en relación a la prevención y la situación laboral desde la ergonomía^{12 13}. Asimismo la mayoría de estos agricultores no

⁸ Semana. Especial: Los pilares olvidados de la tierra. Revista Semana. 2012. [Online]. Available: <http://www.semana.com/especiales/articulo/los-pilares-olvidados-tierra/255030-3>.

⁹ DANE. Boletín mensual: insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Vol. 17. 2013. Pag 64.

¹⁰ DANE. Boletín mensual: insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Vol. 17. 2013. Pag 64.

¹¹ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

¹² DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

¹³ BAO, Stephen; SILVERSTEIN, Barbara Y STEWART, Kate. Evaluation of an ergonomics intervention among Nicaraguan coffee harvesting workers. Vol. 139. N°. December, 2015. pp 17.

cuentan con servicios de seguridad y salud ocupacional, de hecho solo el 15% de la clase obrera a nivel mundial cuenta con este servicio¹⁴.

En la parte norte de la Provincia de Soto se encuentra el 90% de los cultivos de mora de Santander¹⁵, donde 1200 familias viven de cultivar y vender mora de castilla. En esta zona se observa que los campesinos no cuentan con herramientas mecanizadas, por tanto, se debe realizar la cosecha de forma manual. Pero las características propias del arbusto de mora, hacen que posean tallos irregulares, espinas y hojas aserradas que dificultan la tarea y aumentan el riesgo de lesiones cutáneas en las manos, así como el continuo gesto de pinza que se requiere para desprender el fruto del tallo¹⁶.

El arbusto de mora de castilla crece hasta 3 metros de altura. Los frutos pueden encontrarse a diferentes alturas¹⁷; a nivel de piso o en la parte más alta de la planta, como se observa en la Figura 1 en la parte izquierda. En consecuencia el campesino debe asumir posturas no neutrales para poder acceder a todos los frutos que se pueden recolectar¹⁸, lo que se relaciona con la alta prevalencia de dolor de espalda encontrado en un estudio realizado con 72 campesinos dedicados al cultivo de mora de castilla en el municipio de Piedecuesta; donde el 63.9% manifiesta dolor de

¹⁴ CARABALLO ARIAS, Yohama, *et al.* Riesgos Laborales en Trabajadores de Barberías y Peluquerías de economía informal. Caracas, Venezuela. Ciencia & Trabajo. Vol. 46. 2013. pp. 18–23.

¹⁵ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Plan Frutícola Nacional Desarrollo de la fruticultura en Nariño. Cali. 2006. Pag 84.

¹⁶ FATHALLAH, Fadi A. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. Applied Ergonomics. Vol 41, N° 6. 2010. pp. 738–743.

¹⁷ BEJARANO M., Ana Delia. Guía para la producción de Frutales de clima frío moderado. Corporación Latinoamericana Misión Rural. Pag 80.

¹⁸ FATHALLAH, Fadi A. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. Applied Ergonomics. Vol 41, N° 6. 2010. pp. 738–743.

espalda baja¹⁹ y que coincide con otros estudios, donde se presentó dolor de espalda baja en cosechas manuales de manzanas en el estado New York²⁰.

Ahora bien, para contrarrestar el crecimiento no ordenado del arbusto, el campesino utiliza guías de madera en forma de cruz²¹, como se observa en la Figura 1 en la parte derecha. Esto no implica un cambio en las distintas alturas en las cuales crece el fruto (algunos a nivel de piso) que debe ser cosechado.

Figura 1 Planta de mora y distribución en el cultivo.



Una revisión tecnológica previa ha permitido mostrar que no existen herramientas manuales enfocadas a la cosecha de la mora. La actividad más parecida es la de cultivos de zarzamora y rosa silvestre de mosqueta, donde se usa tradicionalmente

¹⁹ MARADEI GARCIA, M. Fernanda; ARDILA JAIME, Claudia P. y SANABRIA SARMIENTO, Sandra Juliana. Estrategias para mitigar los factores de riesgo por carga física en la actividad agrícola, caso cultivo de mora de castilla. 2015. Pag 15.

²⁰ EARLE RICHARDSON, Giulia, *et al.* An ergonomic intervention to reduce back strain among apple harvest workers in New York State. *Applied Ergonomics*. Vol. 36. 2005. pp. 327–334.

²¹ MARADEI GARCIA, M. Fernanda; ARDILA JAIME, Claudia P. y SANABRIA SARMIENTO, Sandra Juliana. Estrategias para mitigar los factores de riesgo por carga física en la actividad agrícola, caso cultivo de mora de castilla. 2015. Pag 15.

la rasquetilla como herramienta para la actividad de cosecha²². Esta es una herramienta manual para extraer y almacenar el fruto mientras se deposita en contenedores mayores. Está posee algunas deficiencias en su uso, ya que debido a las características de los arbustos (tamaño reducido o forma irregular) se observa que el trabajador se ve obligado a posturas no neutrales que pueden generar cortes o punzadas. Además se evidencia desviaciones ulnares y radiales de la muñeca, sobreesfuerzos ocasionados por el peso y la manipulación de la herramienta como se observa en la Figura 2, la cual se complementa en el numeral 4.5 del presente documento^{23 24}.

Figura 2 Rasquetilla en la recolección de rosa de mosqueta.



Fuente: ²⁵.

²² DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

²³ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

²⁴ CATTAN LAVIN, Magdalena. Equipamiento para la recolección de Rosa Mosqueta Silvestre. Universidad de Chile. 2007. Pag 73.

²⁵ CATTAN LAVIN, Magdalena. Equipamiento para la recolección de Rosa Mosqueta Silvestre. Universidad de Chile. 2007. Pag 73.

La cosecha de mora por parte de los campesinos, se realiza durante todo el año, una vez por semana, es decir que las demandas de la actividad laboral son constantes y repetitivas. Así con base en lo anterior, se puede suponer que existe una dificultad al cosechar el fruto de la mora, que puede ocasionar accidentes de trabajo por corte o punzadas, así como la posibilidad de presencia de dolores en manos y espalda. Por lo anterior el proyecto busca desarrollar una herramienta que mitigue la presencia de posturas no neutrales y reduzca la posibilidad de cortes cutáneos en la mano.

Finalmente, el proyecto busca responder a la pregunta: ¿En qué medida se reduce las posturas no neutras y la presencia de cortes cutáneos en la mano, al usar la herramienta desarrollada para la actividad de cosecha de mora de castilla con respecto al método tradicional?

2. JUSTIFICACIÓN

Una de las principales fuentes económicas de América latina es la agricultura. Un porcentaje considerable de la población agrícola trabaja por medio de su propio esfuerzo muscular al accionar herramientas que en su gran mayoría son de bajo costo y con una corta vida útil. Dichas herramientas pueden ser optimizadas o reemplazadas con un bajo costo de inversión para las empresas²⁶.

Según informes de FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), el 29% de la población colombiana se dedica a la agricultura. Esta actividad corresponde al 47% de las exportaciones del país²⁷, por lo que es de gran importancia debido a las divisas que genera. Sin embargo, es un sector desprotegido y con accesos limitados o nulos a servicios de seguridad y salud laboral.

Asimismo la inclusión en programas de prevención de accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales es limitada²⁸, ya que la normatividad vigente contempla solo a los empleados formales, vinculados a través de las empresas y a los trabajadores independientes con determinados ingresos. Lamentablemente descarta a la población que trabaja por su propia cuenta²⁹. Esta normativa que

²⁶ APUD, Elias y MEYER, Felipe. Aplicaciones de la ergonomía a la cosecha. Katalog BPS. Vol. XXXIII. N°. 2. 2014. pp. 81–87.

²⁷ WADSWORTH, Jonathan. ESTUDIO FAO PRODUCCION Y SANIDAD ANIMAL: Análisis de sistemas de producción animal Tomo 1: Las bases conceptuales. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1997.

²⁸ PUELLO ALCOCER, Elsy Cecilia; ORTEGA MONTES, Jorge Eliécer y VALENCIA JIMÉNEZ, Nydia Nina. Factores sociales asociados a la salud de los trabajadores informales agrícolas de la ciudad de Montería - Córdoba, Colombia. Revista universidad y salud. Vol. 15(2). 2013. Págs. 103 – 112.

²⁹ VIVEROS AGUILAR, James Ricardo; VIVAS QUIÑONES, Mary Cielo y GUERRERO PEPINOSA, Nancy Yadira. Condiciones de salud y trabajo en las personas que laboran informalmente en el sector agropecuario de Popayán. Revista Virtual Universidad Católica del Norte. Vol. 41. 2014. pp 112-122.

corresponde al decreto 1072, del 26 de mayo de 2015, que busca prevenir lesiones y enfermedades laborales y promover la salud de los trabajadores³⁰, no contempla la informalidad porque esta se encuentra en el límite de la legislación³¹. Esta situación puede generar un problema de salud pública ya que, el 50% de la población urbana y el 90% del campo trabajan en condiciones de informalidad, mostrando la vulnerabilidad que caracteriza el trabajo agrícola³².

Las cifras nacionales de accidentes laborales se basan en lo presentado y observado por las ARL³³, lo que indica que los accidentes y enfermedades de los campesinos informales no son reconocidos o registrados en estos informes nacionales de riesgos laborales, a pesar del alto esfuerzo físico que demanda este tipo de trabajo.

En un estudio realizado con trabajadores de pequeñas y medias empresa agricultoras y aserraderos de Chile, se evidenció que el 81.7% (n=147) de la población, levanta y desplazan cargas en su actividad laboral, el 83,9% (n=151) realizan movimientos repetitivos de manos y brazos por la implicación de las tareas u operaciones de trabajo como arar, sembrar, cortar, limpiar. Asimismo, el 72.2%(n=130) de los encuestados manifiestan que debido a sus actividades laborales realizan posturas y movimientos forzados principalmente de miembro superiores y columna. Solamente el 8.9% (n=16) manifiestan contar con ayudas

³⁰ UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER. Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. 2015. pp 28.

³¹ CARABALLO ARIAS, Yohama, *et al.* Riesgos Laborales en Trabajadores de Barberías y Peluquerías de economía informal. Caracas, Venezuela. Ciencia & Trabajo. Vol. 46. 2013. pp. 18–23.

³² BARRERO, Lope H. Ergonomía en floricultura en Colombia: resultados y lecciones. Rev. Ciencias la Salud. Vol. 12. 2014. pp. 53–61.

³³ INSTITUCIONAL: MINISTERIO DEL TRABAJO. Informe ejecutivo, II encuesta nacional de condiciones de seguridad y salud en el trabajo en el sistema general de riesgos. Bogotá. 2013. pp. 56.

mecánicas para el levantamiento de cargas; el 49.4% (n=89) utilizan algún tipo de herramienta de trabajo en mal estado³⁴.

En consecuencia, el riesgo de enfermedades musculo esqueléticas (DME) que afectan al trabajador y el rendimiento, es alto. La mayoría de los agricultores llevan laborando años e incluso décadas bajo condiciones de trabajo penoso, como en el caso de la mora de castilla³⁵, por tanto existe la posibilidad de un aumento en la aparición de DME, que a largo plazo afecta la productividad en el sector. Este último aspecto influye en la disminución de los ingresos económicos de las familias que viven de cosechar y vender productos agrícolas.

En consecuencia, el proyecto espera contribuir a mejorar las condiciones laborales en este sector agricultor. Con base en lo expuesto por Barrero (2014), este tipo de proyectos permiten impulsar la económica nacional en el campo, ya que la agricultura, emplea aproximadamente el 13% de las personas ocupadas del país³⁶.

³⁴ APUD, Elias y MEYER, Felipe. Aplicaciones de la ergonomía a la cosecha. Katalog BPS. Vol. XXXIII. N°. 2. 2014. pp. 81–87.

³⁵ MARADEI GARCIA, M. Fernanda; ARDILA JAIMES, Claudia P. y SANABRIA SARMIENTO, Sandra Juliana. Estrategias para mitigar los factores de riesgo por carga física en la actividad agricultora, caso cultivo de mora de castilla. 2015. Pag 15.

³⁶ BARRERO, Lope H. Ergonomía en floricultura en Colombia: resultados y lecciones. Rev. Ciencias la Salud. Vol. 12. 2014. pp. 53–61.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una herramienta manual que mitigue la presencia de posturas no neutrales y reduzca la posibilidad de cortes cutáneos en la mano durante la cosecha de la mora de castilla.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las características morfológicas y fisiológicas de la planta de mora de castilla que dificultan la recolección del fruto, para poder acceder a este sin maltratar el arbusto.
- Identificar los factores de riesgo asociados a lesiones y posturas, a partir del análisis de la actividad de cosecha de la mora.
- Proponer alternativas de la herramienta, que faciliten la cosecha de la mora, reduciendo posturas no neutrales y la probabilidad de lesiones en la cosecha de la mora de castilla.
- Validar experimentalmente la herramienta propuesta.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 LESIONES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS EN EL SECTOR AGRÍCOLA

Según el informe nacional de accidentes laborales presentado en el 2013 por las ARL; el 90% de los casos correspondieron a trastornos relacionados con los sistemas muscular y óseo³⁷; como esguinces o dislocaciones, que se presentan por trabajos repetitivos, flexiones de tronco excesivas o sobreesfuerzos, conocidos como lesiones musculo esqueléticas³⁸.

Entre los más comunes se encuentran síndrome del conducto carpiano, que presentó la mayor incidencia en el 2013³⁹. Esta patología se relaciona con posiciones, actividades que presionan la mano y movimientos de pinza con los dedos de forma repetitiva⁴⁰. Los síntomas de este tipo de enfermedades no se presentan inmediatamente, sino que se dan conforme pasa el tiempo y culminan en molestias duraderas o una lesión.

A pesar de los avances tecnológicos para el campo, hay regiones sobre todo en países en desarrollo como Colombia⁴¹, en los cuales las condiciones sociales, económicas y topográficas impiden la implementación de este tipo de tecnología,

³⁷ INSTITUCIONAL: MINISTERIO DEL TRABAJO. Informe ejecutivo, II encuesta nacional de condiciones de seguridad y salud en el trabajo en el sistema general de riesgos. Bogotá. 2013. pp. 56.

³⁸ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

³⁹ LÓPEZ ALMEJO, Leonardo. Síndrome del túnel del carpo. Orthotips. Vol 10. N° 1. 2014. pp. 34-44.

⁴⁰ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

⁴¹ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

por tanto en el país aún el trabajo en su gran mayoría es manual, especialmente en cultivos de frutas y hortalizas, exponiendo a los trabajadores a riesgos DME⁴².

Se sabe que las labores que realizan los campesinos pueden afectar los músculos, tendones, huesos, ligamentos o discos intervertebrales, como resultado de traumas diminutos y repetitivos debido a las condiciones del puesto de trabajo y las características de la tarea⁴³. La actividad agrícola demanda posturas, fuerzas o cargas inadecuadas constantemente. Según estudios realizados los DME son las enfermedades ocupacionales no mortales que más se presentan en la agricultura⁴⁴ que pueden llegar hasta un 43% de las lesiones reportadas⁴⁵.

En una encuesta realizada a trabajadores agrícolas en Popayán - Colombia, mostró que el 91.6% de la población gana menos de 1 SMMLV⁴⁶ y en general la condición de salud auto percibida es alta, indiferente de la falta de implementos de seguridad, en donde el 30% de los accidentes en las actividades laborales presentados en los diferentes campos agropecuarios se debe a que los trabajadores no utilizan herramientas de seguridad. En las empresas agrícolas los esguinces y dislocaciones ocupan el 35% de las incapacidades otorgadas, frente al 25% de lesiones lumbares⁴⁷.

⁴² FATHALLAH, Fadi A. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. *Applied Ergonomics*. Vol 41, N° 6. 2010. pp. 738–743.

⁴³ BARRERO, Lope H. Ergonomía en floricultura en Colombia: resultados y lecciones. *Rev. Ciencias la Salud*. Vol. 12. 2014. pp. 53–61.

⁴⁴ FATHALLAH, Fadi A. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. *Applied Ergonomics*. Vol 41, N° 6. 2010. pp. 738–743.

⁴⁵ Kotowski, Susan y KERMIT GEORGE, Davis. Understanding the Ergonomic Risk for Musculoskeletal Disorders in the United States Agricultural Sector. *American Journal of Industrial Medicine*. Vol. 50. Issue 7. 2007. pp. 501-511.

⁴⁶ VIVEROS AGUILAR, James Ricardo; VIVAS QUIÑONES, Mary Cielo y GUERRERO PEPINOSA, Nancy Yadira. Condiciones de salud y trabajo en las personas que laboran informalmente en el sector agropecuario de Popayán. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*. Vol. 41. 2014. pp 112-122.

⁴⁷ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

En el ámbito internacional, el 80% de la mano de obra empleada en estados unidos para granjas, corresponde a labores manuales⁴⁸, con una prevalencia de 1.5 veces más riesgos que los que se presentan en el sector industrial. Para el caso de la recolecta de frutas u hortalizas, el 20% de las personas desarrollan dolor de espalda, por posturas no neutrales entre 20° a 40° en flexión de espalda que se mantenía por más de 25 segundos y para cosechas de fruto a fruto la probabilidad era de 45% de presentar dolor de espalda baja⁴⁹. Además un seguimiento a recolectores frutales, determinó que los trabajadores presentaban en su mayoría dolor en las muñecas, espalda baja y hombros⁵⁰.

Estos problemas de DME, han sido estudiados en busca de mitigar los factores de riesgo presentes. En la cosecha de manzanas en Nueva York, las asas del canasto tradicional se reemplazaron con un cinturón de cintura para reducir el esfuerzo en la espalda, como se muestra a continuación en la Figura 3, la implementación tecnológica tuvo una aceptación del 70% por parte de los trabajadores⁵¹. También se realizó un segundo estudio donde se validó la propuesta mediante la medición del esfuerzo de 15 músculos de la espalda, logrando una reducción significativa en 11 de éstos⁵².

⁴⁸ Kotowski, Susan y KERMIT GEORGE, Davis. Understanding the Ergonomic Risk for Musculoskeletal Disorders in the United States Agricultural Sector. *American Journal of Industrial Medicine*. Vol. 50. Issue 7. 2007. pp. 501-511.

⁴⁹ Kotowski, Susan y KERMIT GEORGE, Davis. Understanding the Ergonomic Risk for Musculoskeletal Disorders in the United States Agricultural Sector. *American Journal of Industrial Medicine*. Vol. 50. Issue 7. 2007. pp. 501-511.

⁵⁰ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

⁵¹ EARLE RICHARDSON, Giulia, *et al.* An ergonomic intervention to reduce back strain among apple harvest workers in New York State. *Applied Ergonomics*. Vol. 36. 2005. pp. 327–334.

⁵² EARLE RICHARDSON, Giulia, *et al.* Electromyographic assessment of apple bucket intervention designed to reduce back strain. *Ergonomics*. Vol. 51. N° 6. 2008. pp. 902–919.

Figura 3 Canasta de recolección de manzanas tradicional a la izquierda y adaptación del asa por cinturón de cintura a la derecha.



Fuente:⁵³.

De esta forma, se pueden identificar tres riesgos presentes en la agricultura relacionados con los DME: a) el levantamiento y transporte de cargas, b) posturas forzadas y mantenidas en espalda, manos, cuello y brazos, y c) los movimientos repetitivos para cortar y recoger⁵⁴.

⁵³ EARLE RICHARDSON, Giulia, *et al.* An ergonomic intervention to reduce back strain among apple harvest workers in New York State. *Applied Ergonomics*. Vol. 36. 2005. pp. 327–334.

⁵⁴ FATHALLAH, Fadi A. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. *Applied Ergonomics*. Vol 41, N° 6. 2010. pp. 738–743.

Para la biomecánica estos esfuerzos se miden mediante tres criterios científicos que determinan los límites en la manipulación manual^{55 56}. El primero es el biomecánico, que habla de las fuerzas que se puede producir sin ocasionar daños al organismo, éste se considera en cargas puntuales para que no sobrecarguen los músculos o articulaciones. El criterio fisiológico, que hace referencia a los esfuerzos que se pueden realizar sin que se presente un esfuerzo excesivo para el organismo, que está relacionada con la capacidad aeróbica⁵⁷ de la persona. Finalmente, el criterio psicofísico que hace referencia a la autopercepción del trabajador con relación a sus capacidades, este se recomienda para jornadas largas, en donde se evalúa cómo se siente el usuario respecto a la actividad.

Los límites para cada uno de estos criterios se establecieron por el comité del Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) de 1991 en relación a tareas de levantamiento repetitivo de cargas. Se definió la unión entre las vértebras L5 Y S1, como el lugar de mayor esfuerzo en un levantamiento de cargas, la capacidad máxima aeróbica de una persona en 9.5 Kcal/min y la elección de un criterio aceptable para el 75% de la población femenina en un levantamiento de cargas como se muestra en la Figura 4^{58 59} y que deben considerar todas al estudiar un trabajador para dar un concepto integral.

⁵⁵ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

⁵⁶ WOLFGANG, Laurig y JOACHIM, Vedder. Ergonomía: Herramientas Y Enfoques. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 2010. pp. 2-102.

⁵⁷ Es la capacidad para funcionar eficientemente y realizar actividades sostenidas con poco esfuerzo, su contra parte es capacidad anaeróbica, que es realizar trabajos con deficiencia de oxígeno.

⁵⁸ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

⁵⁹ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

Figura 4 Límites de los diferentes criterios establecidos por el comité de 1991.

<i>DISCIPLINA</i>	<i>CRITERIO DE DISEÑO</i>	<i>VALOR DE CORTE</i>
Biomecánica	Máxima fuerza de compresión en disco	3,4 kN
Fisiología	Máximo gasto de energía	2,2-4,7 kcal/min (0,153-0,328 w)
Psicofísica	Máximo peso aceptable	Aceptable para el 75% de mujeres y el 99% de hombres trabajadores

Fuente:⁶⁰.

4.1.1 Gesto de pinza Las actividades manuales de cosecha de frutos u hortalizas se realizan haciendo gesto de pinza, como es el caso de la mora de castilla^{61 62}, donde la mano vista como instrumento mecánico es sumamente eficiente debido a los grados de libertad de movimiento que posee. También es el principal órgano del cuerpo para la manipulación del entorno y posee como función principal la prensión⁶³.

La fuerza que puede aplicar un músculo, depende del ángulo de tracción y la distancia al eje articular⁶⁴. Es por ello que se estudian los diferentes ángulos que forman cada una las partes del cuerpo en específico las extremidades superiores,

⁶⁰ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

⁶¹ FATHALLAH, Fadi A. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. Applied Ergonomics. Vol 41, N° 6. 2010. pp. 738–743.

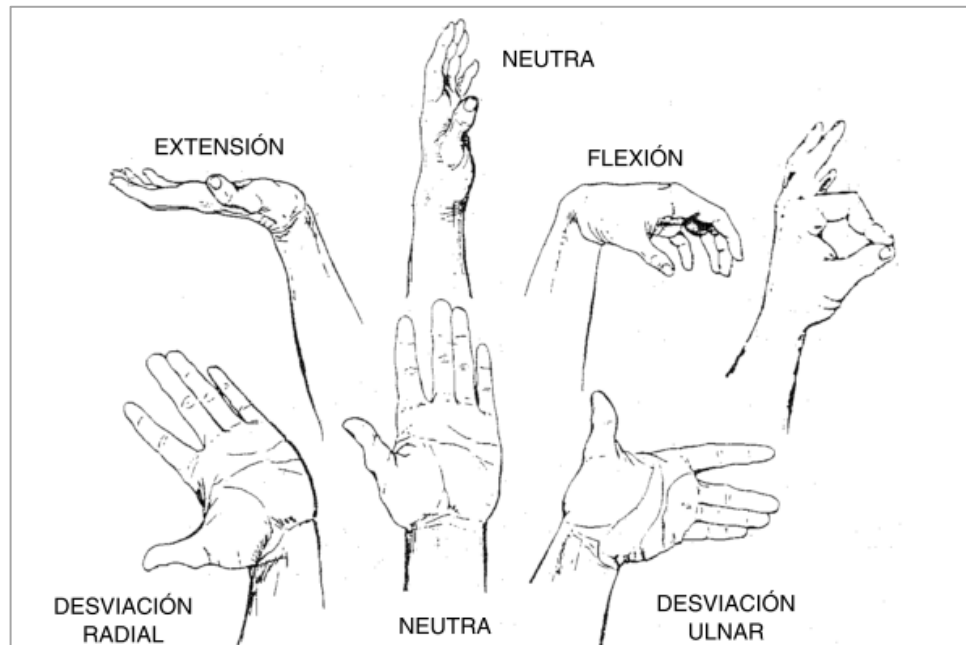
⁶² DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

⁶³ NARANJO O., Jeannette, *et al.* Parámetros de normalidad en fuerzas de prensión de mano en sujetos de ambos sexos de 7 a 17 años de edad. Revista Chilena de Pediatría. Vol. 80. N° 5. 2009. pp. 435-443.

⁶⁴ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

que están asociados a los movimientos que permiten las articulaciones; para el caso de la muñeca se muestran en la Figura 5, donde se especifican los nombres de cada una de las posturas de la muñeca incluida las neutrales.

Figura 5 Movimientos y posturas de la muñeca.



Fuente.⁶⁵

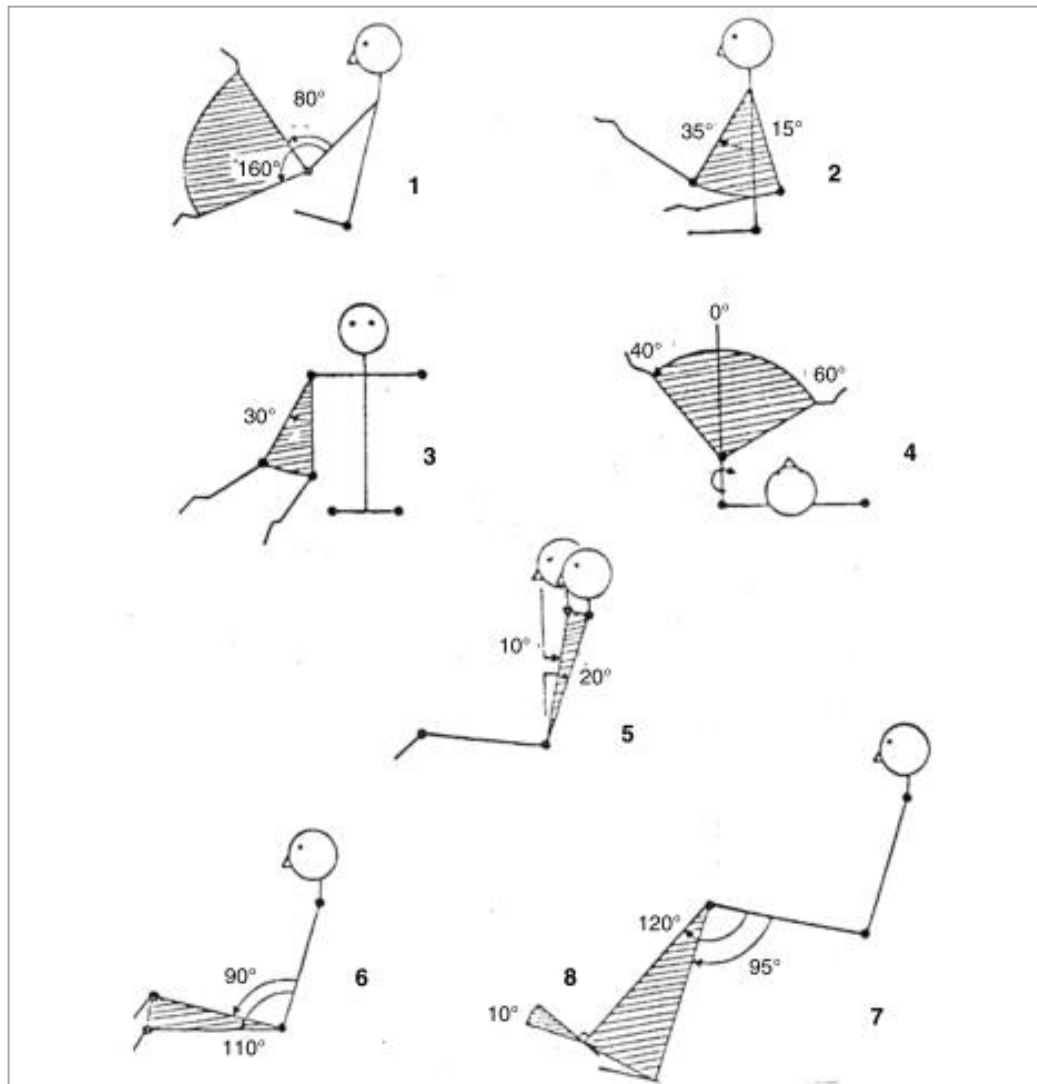
Apartir de éstas se miran los ángulos de confort para realizar las diferentes tarea sin incurrin en algún trauma o lesión que se contemplán en la Figura 6⁶⁶; las articulaciones puedan dar mayores ángulos de libertad, pero fuera de estos rangos

⁶⁵ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

⁶⁶ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

el trabajo se torna penoso, difícil o incluso peligroso para la persona⁶⁷. El proyecto busca que la actividad de cosecha de mora se mantenga en los rangos de confort.

Figura 6 Ángulos de confort.



Fuente:⁶⁸.

⁶⁷ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

⁶⁸ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

El gesto de pinza se puede realizar de diferentes formas con respecto a los planos de referencia y está relacionado con la capacidad de fuerza para aplicar. Un estudio midió la fuerza de presión prensora palmar cilíndrica, palmar esférica y pinza bilateral sub-término lateral de una población de 7 -17 años; los tipos de agarre se explican en la Figura 7⁶⁹, concretamente para la pinza se halló que en las mujeres, la mano derecha (mano dominante de la muestra) tiene 6% más de fuerza con respecto a la izquierda y un promedio mayor de fuerza en la pinza con respecto a los hombres, los cuales presentaron 5% más de fuerza en el mismo gesto con respecto a la mano recesiva.

Figura 7 Tipos de presión palmar cilíndrica, palmar esférica y pinza bilateral subtérmino lateral.



Fuente:⁷⁰.

En otro estudio realizado a pacientes (N=208) que presentaban alguna patología en una extremidad superior y la otra se encontraba sana⁷¹, se midió la fuerza de puño, pinza lateral y distal como se muestra en la Figura 8, entre edades de 18 – 65 años,

⁶⁹ NARANJO O., Jeannette, *et al.* Parámetros de normalidad en fuerzas de presión de mano en sujetos de ambos sexos de 7 a 17 años de edad. *Revista Chilena de Pediatría*. Vol. 80. N° 5. 2009. pp. 435-443.

⁷⁰ NARANJO O., Jeannette, *et al.* Parámetros de normalidad en fuerzas de presión de mano en sujetos de ambos sexos de 7 a 17 años de edad. *Revista Chilena de Pediatría*. Vol. 80. N° 5. 2009. pp. 435-443.

⁷¹ LORENZO AGUDO, M. A.; SANTOS GARCÍA, P. y SÁNCHEZ BELIZÓN, D. Determinación de los valores normales de fuerza muscular de puño y pinza en una población laboral. *Rehabilitación*. Vol. 41. N°5. 2007. pp. 220-227.

donde el 2.2% de la muestra era zurda, se concluyó que los hombres poseen más fuerza muscular, independiente del gesto realizado, además de presentarse una diferencia significativa en la fuerza ejercida para los tres gestos en los hombres y finalmente el resultado más relevante en el estudio fue que las personas entre los 30 y 40 años presentaron la mayor fuerza en los diferentes tipos de presión con respecto a los otros rangos de edad y que coincidió con el encontrado por T. Nilsen⁷².

Figura 8 Tipos de presión de pinza lateral (izquierda) y distal (derecha).



Fuente: ⁷³.

T. Nilsen también halló una estrecha relación entre la fuerza de aprensión con el sexo, la edad, la estatura y el ejercicio regular⁷⁴.

Otro factor que afecta para la pinza es la cantidad de dedos que interviene en el gesto tal como se registra en la Figura 9, no solo porque varía en la precisión sino en el área de contacto con el objeto a manipular, que se debe considerar al momento


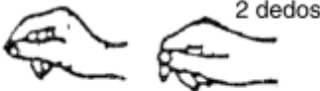
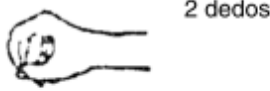
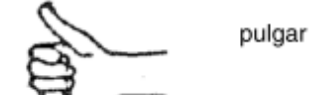
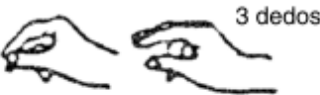
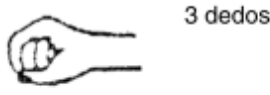

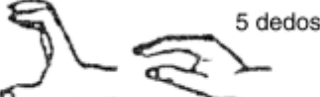
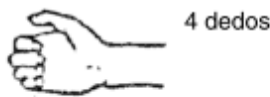
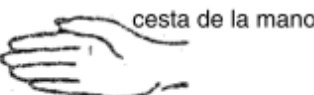

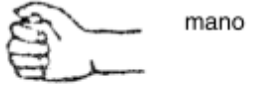
⁷² NILSEN, Tove, *et al.* Grip force and pinch grip in an adult population: Reference values and factors associated with grip force. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*. Vol. 19. N° 3. 2012. pp. 288-296.

⁷³ LORENZO AGUDO, M. A.; SANTOS GARCÍA, P. y SÁNCHEZ BELIZÓN, D. Determinación de los valores normales de fuerza muscular de puño y pinza en una población laboral. *Rehabilitación*. Vol. 41. N°5. 2007. pp. 220-227.

⁷⁴ NILSEN, Tove, *et al.* Grip force and pinch grip in an adult population: Reference values and factors associated with grip force. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*. Vol. 19. N° 3. 2012. pp. 288-296.

de diseñar las diferentes tipos de herramientas, por ejemplo para el mango de un martillo se debe proveer la mayor área de contacto⁷⁵, con el fin de que no se den perdidas en la transmisión de la fuerza y posibles lesiones.

Figura 9 Tipos de agarres en función del número de dedos.

Agarre de contacto	Agarre de coger	Agarre de abarcar
 1 dedo	 2 dedos	 2 dedos
 pulgar	 3 dedos	 3 dedos
 mano	 5 dedos	 4 dedos
 cesta de la mano	 mano	 mano

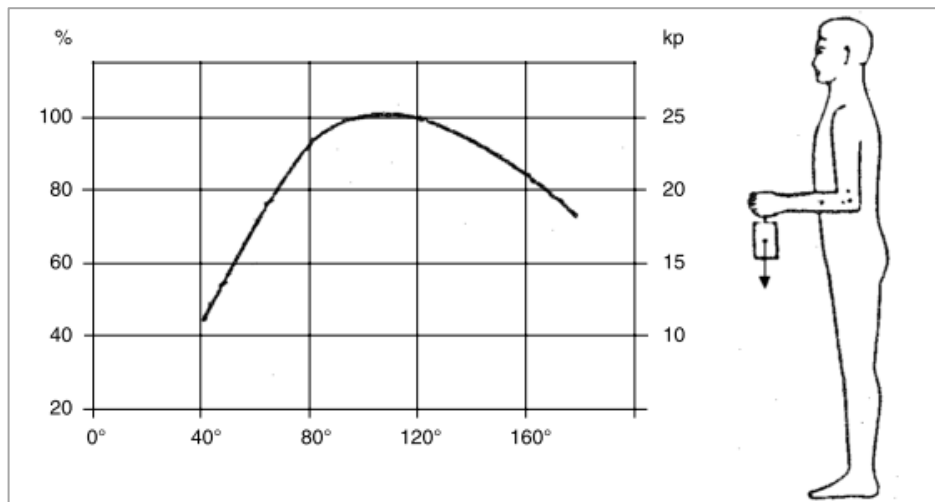
Fuente:⁷⁶.

En cuanto a la potencia de una fuerza aplicada por los musculos, depende del ángulo y la distancia con respecto al punto de aplicación de la fuerza y el fulcro, ya que para cada articulación hay un ideal donde se optimiza la fuerza, para el caso del codo la fuerza maxima se encuentra con una flexión de 90° y para ángulos superiores o inferiores es menor como se expresa en la Figura 10.

⁷⁵ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

⁷⁶ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

Figura 10 Fuerzas de flexión del codo para diferentes ángulos.



Fuente:⁷⁷.

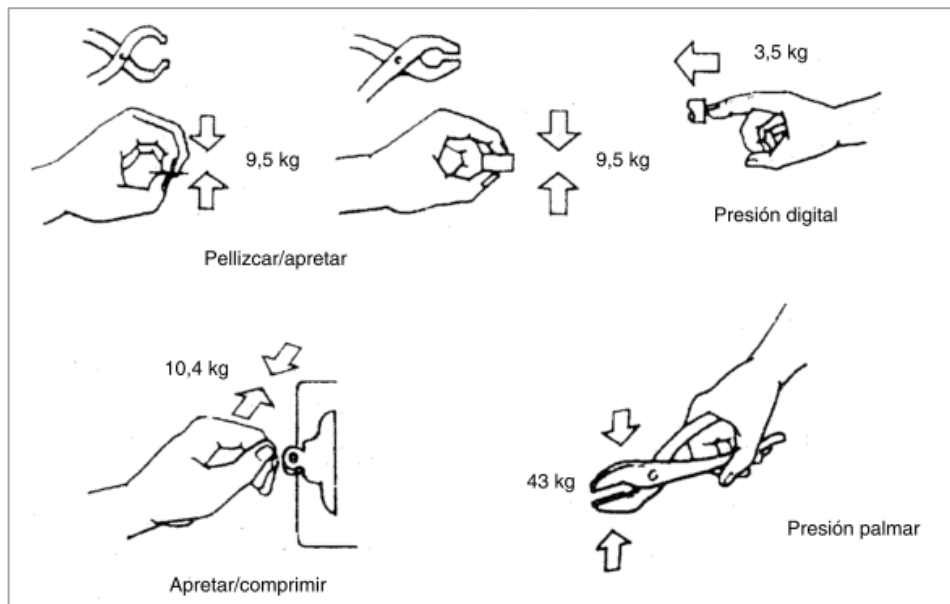
Para el tipo de agarre, que va en función de la fuerza que se aplica con la mano, estos pueden ser de fuerza, precisión o abrazadera, con los que se realizan prácticamente todas las actividades manuales humanas⁷⁸. Un agarre de fuerza es el que se usa para golpear con un martillo, mientras que un agarre de precisión se usa para atornillar; y puede ejercer solo el 20% de la fuerza del anterior⁷⁹ y el de gancho se usa cuando no es necesario aplicar fuerza con la mano, sino sujetar. A continuación en la Figura 11, se muestran ejemplos de tipos de agarres y la fuerza que debe aplicarse para cada uno.

⁷⁷ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

⁷⁸ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

⁷⁹ WOLFGANG, Laurig y JOACHIM, Vedder. Ergonomía: Herramientas Y Enfoques. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 2010. pp. 2-102.

Figura 11 Ejemplos de agarres y la fuerza requerida para cada uno de ellos.



Fuente:⁸⁰.

En un estudio realizado a personas que usaban destornilladores en una línea de montaje, se encontró una relación entre el ángulo del codo y la presencia de inflamación, cuando más recto estaba el brazo, más participantes presentaban hinchazón, de lo cual se concluyó que al disminuir la flexión del codo para esta tarea, era mayor la fuerza de fricción en este, además de requerir mayor tracción que si se atornillaba con el codo en un ángulo de 90°⁸¹. Que se relaciona con el síndrome de uso excesivo, que se presenta mediante movimientos repetitivos y que hace parte de los factores de riesgo que causan DME⁸².

⁸⁰ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

⁸¹ WOLFGANG, Laurig y JOACHIM, Vedder. Ergonomía: Herramientas Y Enfoques. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 2010. pp. 2-102.

⁸² FATHALLAH, Fadi A. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. Applied Ergonomics. Vol 41, N° 6. 2010. pp. 738–743.

Para este tipo de trabajos reiterativos, se recomienda una fuerza de 90 - 100 Newtons para los hombres y 50 - 60 Newtons para las mujeres⁸³. Recordando que la fuerza no se puede aplicar con los dedos, debido a que son menos eficaces y presentan mayor fatiga. Se deben utilizar los músculos que funcionan en pares y buscar que el trabajo se produzca con la articulación en equilibrio relajado⁸⁴.

En la combinación de fuerza, precisión y repetición, se encuentran casi todas las enfermedades asociadas a tareas manuales⁸⁵ con el resultado del traumatismo repetitivo⁸⁶, que provocan inflamación en los tendones por exceso de rozamientos, inestabilidad en las articulaciones, compresión de los nervios, ligamentos y tendones. Coger en pinza debe ser eliminado y más si requiere con alta cadencia, precisión y presiones de los dedos. La teoría de fatiga de materiales, que habla sobre como una pequeña fuerza aplicada muchas veces, produce la rotura del material por micro facturas⁸⁷, también aplica para los músculos, huesos y articulaciones.

4.2 GENERALIDADES DE LA PLANTA DE LA MORA DE CASTILLA (RUBUS GLAUCUS)

La mora de castilla es una planta de origen silvestre y de vegetación perenne⁸⁸, se caracteriza por sus tallos espinosos y hojas aserradas, que puede llegar a medir hasta tres metros de alto y tener una vida productiva de dos décadas dependiendo

⁸³ WOLFGANG, Laurig y JOACHIM, Vedder. Ergonomía: Herramientas Y Enfoques. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 2010. pp. 2-102.

⁸⁴ Hace referencia a las posturas en las cuales el cuerpo presenta mayor optimización entre fuerza y distancia.

⁸⁵ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

⁸⁶ WOLFGANG, Laurig y JOACHIM, Vedder. Ergonomía: Herramientas Y Enfoques. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 2010. pp. 2-102.

⁸⁷ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

⁸⁸ Perenne:(Del lat. perennis) Adj. Continuo, incesante, que no tiene intermisión. Adj. Bot. Que vive más de dos años.

de los cuidados del cultivo. En botánica se encuentra entre el orden de los arbusto con hábito rastrero de crecimiento⁸⁹.

El ciclo de vida, empieza con la propagación asexual por medio de acodos o estacas⁹⁰, para ello se seleccionan especímenes desarrollados y altamente productivos de más de dos años de edad. Para la reproducción del arbusto se elige una rama que nazca a ras de suelo y se entierra la punta a 10 o 15 centímetros por debajo del suelo, se recomienda que la rama forme un arco, para estimular la producción de hormonas que aceleran la formación de raíces⁹¹. La nueva mata se puede separar después de 20 o 25 días y requiere de un periodo de 8 meses para la primera cosecha.

La baya de la mora se considera altamente percedera y contiene alrededor de 65 semillas cada una. Los frutos inicialmente son de un color verde manzana y al cabo de dos semanas alcanzar su madurez comercial que se caracteriza con el color rojo escarlata⁹²; como se muestra en la Figura 12. Es importante recolectar en el punto de maduración correcto debido que la mora es un fruto no climatérico, es decir que no madura una vez cortado de la planta, que está relacionado con la producción de etileno⁹³.

⁸⁹ DANE. Boletín mensual: insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Vol. 17. 2013. Pag 64.

⁹⁰ Se recomienda de este tipo, ya que hay una mayor probabilidad de germinación

⁹¹ LÓPEZ GONZÁLEZ, Jairo y GÓMEZ SANTOS, Raúl. Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado compilación. CORPOICA. Rio Negro. 2008. pp. 138.

⁹² AREVALO PEÑARANDA, Emilio, et al. Manejo fitosanitario del cultivo del mora (*Rubus glaucus* Benth) Medidas para la temporada invernal. Bogotá. 2011. Pag 32.

⁹³ LÓPEZ GONZÁLEZ, Jairo y GÓMEZ SANTOS, Raúl. Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado compilación. CORPOICA. Rio Negro. 2008. pp. 138.

Figura 12 Estados de las flores y frutos de mora de castilla, desde el botón hasta el fruto listo para cosechar.



Fuente: ⁹⁴.

Las tonalidades y la calidad de la mora están contemplada en la norma técnica colombiana ICONTEC NTC 4106, la cual clasifica este fruto según el tamaño y peso en calidad extra, categoría I Y II. Y según en calibre en A, B, C, D Y E, como se muestra en la Figura 13.

⁹⁴ GRIJALBA RATIVA, Carlos Mario; PÉREZ TRUJILLO, María Mercedes y CALDERÓN MEDELLÍN, Luz Andrea. Rendimiento y calidad de la fruta en mora de castilla (*Rubus glaucus*), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). Revista Facultad de Ciencias Básicas. Vol. 6. N° 1. 2010. pp. 24-41.

Figura 13 Clasificación contemplada en la norma para la mora de castilla.

Diámetro (mm)	Calibre	Peso promedio (g)
≥ 27	A	9,2
26 - 23	B	8,8
22 - 19	C	6,2
18 - 14	D	4,2
≤ 13	E	3,2

Fuente:⁹⁵.

Se presenta una maduración dispereja debido a la posición del fruto en los racimos⁹⁶ por lo cual se recomienda recoger la fruta cada tres días, lo que hace que la mora presente floración y fructificación permanente, observándose picos de producción cada cinco o seis meses⁹⁷. La planta también requiere constante presencia de luz solar para desarrollar adecuadamente los requerimientos hídricos y nutricionales de la mora, por ello cuando hay poca presencia de luz directa no se alcanza la madurez completa y aparecen sabores ácidos⁹⁸, es importante recordar que este cultivo es propio de zonas frías de más de 1800 metros sobre el nivel del mar⁹⁹.

En el desarrollo del arbusto se presenta las siguientes etapas de crecimiento como se muestran en las Figuras 14, 15 y 16, según la fase se debe tener cuidados tanto

⁹⁵ ICONTEC. Norma Técnica NTC 1406, Frutas frescas, Mora de castilla, Especificaciones. 1993. pp. 24.

⁹⁶ LÓPEZ GONZÁLEZ, Jairo y GÓMEZ SANTOS, Raúl. Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado compilación. CORPOICA. Rio Negro. 2008. pp. 138.

⁹⁷ DANE. Boletín mensual: insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Vol. 17. 2013. Pag 64.

⁹⁸ LÓPEZ GONZÁLEZ, Jairo y GÓMEZ SANTOS, Raúl. Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado compilación. CORPOICA. Rio Negro. 2008. pp. 138.

⁹⁹ DANE. Boletín mensual: insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Vol. 17. 2013. Pag 64.

de mantenimiento como de preservación^{100 101}. Asimismo al igual que otros tipos de frutas, el cultivo de mora puede mezclarse con botón de oro y leguminosas rastreras.

Figura 14 Preparación del material vegetal y el terreno para el cultivo de mora.



Fuente: 102 103 104 105 106.

¹⁰⁰ LÓPEZ GONZÁLEZ, Jairo y GÓMEZ SANTOS, Raúl. Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado compilación. CORPOICA. Rio Negro. 2008. pp. 138.

¹⁰¹ FREIRE SALAZAR, Víctor Hugo. Alternativas de mejora en el manejo pos-cosecha y comercialización de la mora de castilla (Rubus Glaucus Benth) proveniente de la provincia de Tungurahua. Escuela Politécnica Nacional. Quito. 2012. pp. 142.

¹⁰² AREVALO PEÑARANDA, Emilio, et al. Manejo fitosanitario del cultivo del mora (Rubus glaucus Benth) Medidas para la temporada invernal. Bogotá. 2011. Pag 32.

¹⁰³ DANE. Boletín mensual: insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Vol. 17. 2013. Pag 64.

¹⁰⁴ BEJARANO M., Ana Delia. Guía para la producción de Frutales de clima frío moderado. Corporación Latinoamericana Misión Rural. Pag 80.

¹⁰⁵ LÓPEZ GONZÁLEZ, Jairo y GÓMEZ SANTOS, Raúl. Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado compilación. CORPOICA. Rio Negro. 2008. pp. 138.

¹⁰⁶ FREIRE SALAZAR, Víctor Hugo. Alternativas de mejora en el manejo pos-cosecha y comercialización de la mora de castilla (Rubus Glaucus Benth) proveniente de la provincia de Tungurahua. Escuela Politécnica Nacional. Quito. 2012. pp. 142.

Figura 15 Desarrollo vegetativo de la planta de la mora una vez establecido el cultivo.



Fuente: 107 108 109 110 111 112.

¹⁰⁷ El apoque consiste en cubrir con tierra el inicio del tallo, para mejorar la calidad de la planta.

¹⁰⁸ AREVALO PEÑARANDA, Emilio, et al. Manejo fitosanitario del cultivo del mora (*Rubus glaucus* Benth) Medidas para la temporada invernal. Bogotá. 2011. Pag 32.

¹⁰⁹ DANE. Boletín mensual: insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Vol. 17. 2013. Pag 64.

¹¹⁰ BEJARANO M., Ana Delia. Guía para la producción de Frutales de clima frío moderado. Corporación Latinoamericana Misión Rural. Pag 80.

¹¹¹ LÓPEZ GONZÁLEZ, Jairo y GÓMEZ SANTOS, Raúl. Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado compilación. CORPOICA. Rio Negro. 2008. pp. 138.

¹¹² FREIRE SALAZAR, Víctor Hugo. Alternativas de mejora en el manejo pos-cosecha y comercialización de la mora de castilla (*Rubus Glaucus* Benth) proveniente de la provincia de Tungurahua. Escuela Politécnica Nacional. Quito. 2012. pp. 142.

Figura 16 Producción de mora de castilla en etapa adulta.



Fuente:^{113 114 115 116 117}

¹¹³ AREVALO PEÑARANDA, Emilio, et al. Manejo fitosanitario del cultivo del mora (*Rubus glaucus* Benth) Medidas para la temporada invernal. Bogotá. 2011. Pag 32.

¹¹⁴ DANE. Boletín mensual: insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Vol. 17. 2013. Pag 64.

Como se mostró en las figuras anteriores, la mora requiere de tareas de mantenimiento como poda, fertilizaciones y del control de plagas constantemente y la posterior cosecha, pero todas estas labores se dificultan debido a la presencia de espinas como se muestran en la Figura 17, donde las espinas se caracterizan por tener forma de gancho lo cual hace que se enreden más fácilmente en el trabajador, pero sin alcanzar mayor profundidad, a diferencia por ejemplo de los rosales u otras plantas, donde son puntiagudas y alargadas y por tanto penetran más al momento de contacto.

Figura 17 Espinas de la mora de castilla (Izquierda) y espinas de un rosal (Derecha).



Hay tres factores fundamentales que dificultan la cosecha y que son intrínsecos a la planta de mora de castilla los cuales son: la presencia de espinas, crecimiento irregular del arbusto y maduración desigual, estos deben ser considerados al momento de proponer la herramienta para acceder al fruto sin maltratar el arbusto.

¹¹⁵ BEJARANO M., Ana Delia. Guía para la producción de Frutales de clima frío moderado. Corporación Latinoamericana Misión Rural. Pag 80.

¹¹⁶ LÓPEZ GONZÁLEZ, Jairo y GÓMEZ SANTOS, Raúl. Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado compilación. CORPOICA. Rio Negro. 2008. pp. 138.

¹¹⁷ FREIRE SALAZAR, Víctor Hugo. Alternativas de mejora en el manejo pos-cosecha y comercialización de la mora de castilla (*Rubus Glaucus Benth*) proveniente de la provincia de Tungurahua. Escuela Politécnica Nacional. Quito. 2012. pp. 142.

4.2.1 Variedad Rubus glaucus Benth sin espinas La mora de castilla se caracteriza por la presencia de tallos irregulares con espinas, que dificultan las tareas del agricultor¹¹⁸, sin embargo en algunas regiones de Cundinamarca y el eje cafetero; se empezó el cultivo una variedad muy similar llamada Rubus glaucus Benth, la cual posee las mismas estructuras vegetativas y reproductoras de la mora tradicional¹¹⁹ a excepción de las púas, se especula que esta variedad nació debido a alteraciones e injertos que realizan comúnmente los campesinos para mejorar las características de las plantas, es por esta razón que aún no se encuentran variedades comerciales.

En un estudio realizado por la Universidad Militar Nueva Granada en Cajicá - Cundinamarca, donde se realizó una comparación entre el espécimen común y este nuevo, se propusieron medir rendimiento, calidad y producción, para ver cuál era mejor; realizado en un ambiente controlado, se concluyó que no hay diferencias significativas en el rendimiento del cultivo con y sin espinas. Y para la calidad extra del fruto¹²⁰ se presentó una diferencia significativa siendo superior la producción con espinas¹²¹, sin embargo, en otros estudios realizados en el eje cafetero se obtuvo una mayor calidad en la Rubus sin espinas. Por tanto, los estudios realizados hasta ahora no son concluyentes.

¹¹⁸ LÓPEZ GONZÁLEZ, Jairo y GÓMEZ SANTOS, Raúl. Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado compilación. CORPOICA. Rio Negro. 2008. pp. 138.

¹¹⁹ GRIJALBA RATIVA, Carlos Mario; PÉREZ TRUJILLO, María Mercedes y CALDERÓN MEDELLÍN, Luz Andrea. Rendimiento y calidad de la fruta en mora de castilla (Rubus glaucus), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). Revista Facultad de Ciencias Básicas. Vol. 6. N° 1. 2010. pp. 24-41.

¹²⁰ Los tipos de calidad de la mora se especifican en la norma NTC 4106.

¹²¹ GRIJALBA RATIVA, Carlos Mario; PÉREZ TRUJILLO, María Mercedes y CALDERÓN MEDELLÍN, Luz Andrea. Rendimiento y calidad de la fruta en mora de castilla (Rubus glaucus), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). Revista Facultad de Ciencias Básicas. Vol. 6. N° 1. 2010. pp. 24-41.

Se estima que esta variedad sin espinas se popularice en Colombia en los próximos años, debido a que facilita tareas como la cosecha, poda y tutorado.

4.3 OBSERVACIÓN DE CAMPO

Santander es el departamento que más participación ganó en el PIB nacional en los últimos diez años, pasó de un 4.85% en 1991 a 5.5% en el 2000 y a un 6.19% en el 2003, que se debe principalmente al sector pecuario y agricultor¹²². Siendo la agricultura gran promotora de la economía santandereana, especialmente en cultivos de frutas como aguacate, granadilla y limón entre otras.

Para el caso de la mora actualmente hay 1.788 hectáreas cosechadas en Santander entre los municipios principales¹²³ y producen 1.826 empleos directos e indirectos¹²⁴. La zona de Piedecuesta una de las que presenta mayor número de cultivos, se caracteriza por estar en las laderas de la cordillera oriental, con pendientes de hasta 60° lo que dificulta las tareas agrícolas como se puede apreciar en la Figura 18 y 19.

¹²² MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Plan Frutícola Nacional Desarrollo de la fruticultura en Nariño. Cali. 2006. Pag 84.

¹²³ Piedecuesta, Santa Bárbara, Suratá, Zapatoca, Matanza, San Joaquín, Charta, Tona y Bolívar

¹²⁴ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Plan Frutícola Nacional Desarrollo de la fruticultura en Nariño. Cali. 2006. Pag 84.

Figura 18 Cultivo de mora en la cabecera municipal de Tona.



Figura 19 Cultivo de mora en la cabecera municipal de Tona.

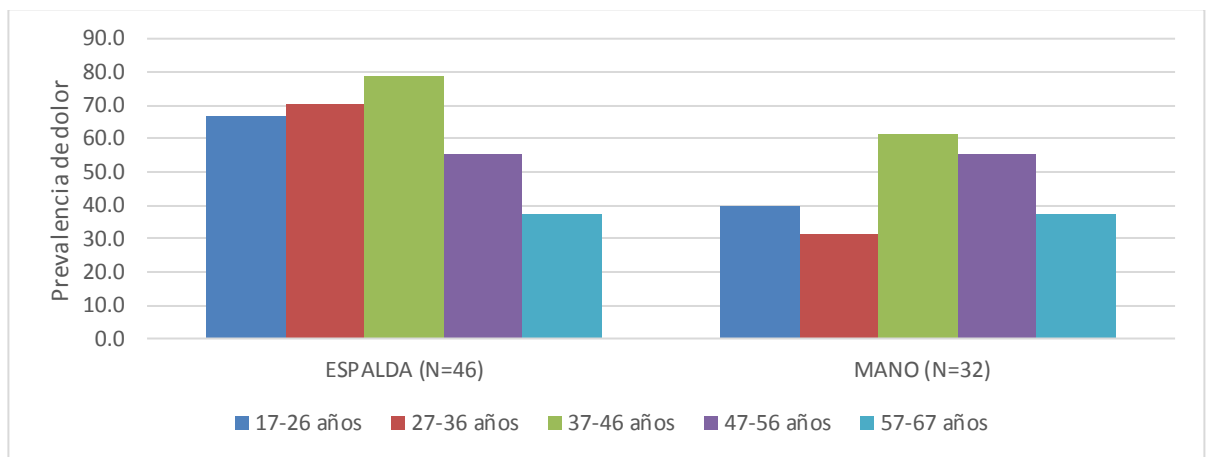


Una visita observacional y un posterior estudio realizado en el mes de junio de 2016¹²⁵, evidenció las condiciones que se presentan al momento de recolectar

¹²⁵ MARADEI GARCIA, M. Fernanda; ARDILA JAIMES, Claudia P. y SANABRIA SARMIENTO, Sandra Juliana. Estrategias para mitigar los factores de riesgo por carga física en la actividad agricultora, caso cultivo de mora de castilla. 2015. Pag 15.

manualmente la mora de castilla. La prevalencia de dolor de espalda en un año es del 63.9% (población total n=72) y de dolor de mano del 45.7% (población total n=70). En la relación entre prevalencia de dolor y rango de edad (ver figura 20), se observa que el dolor de espalda y mano es general, es decir cubre todos los rangos de edad; desde los 17 a los 56 años. Este dato sugiere que los campesinos están laborando en condiciones de penosidad.

Figura 20 La relación de la prevalencia de dolor en función del rango de edad.

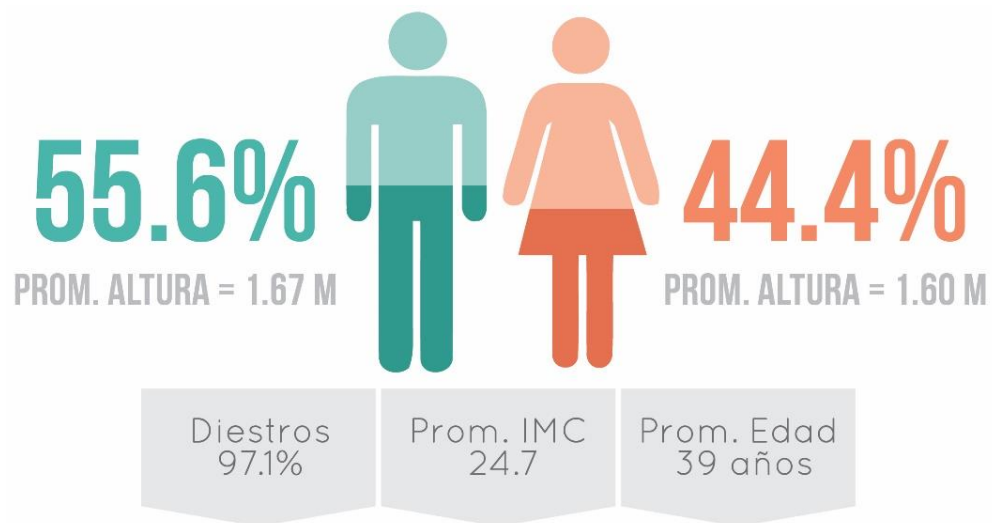


Fuente:¹²⁶.

Asimismo, se pudo caracterizar la población (n=72) en donde se encontró que la edad promedio es de 39 años; y la mayoría está entre los 17 a 29 años, de los cuales el 55.6% son hombres y el 44.4% mujeres. El índice de masa corporal promedio es de 24.7 y una media de altura para las mujeres de 1.60 m. y para los hombres 1.67 m. Asimismo los datos muestran que el 97.1% son diestros. Como se resume en la Figura 21.

¹²⁶ MARADEI GARCIA, M. Fernanda; ARDILA JAIMES, Claudia P. y SANABRIA SARMIENTO, Sandra Juliana. Estrategias para mitigar los factores de riesgo por carga física en la actividad agrícola, caso cultivo de mora de castilla. 2015. Pag 15.

Figura 21 Descripción demográfica de la población.



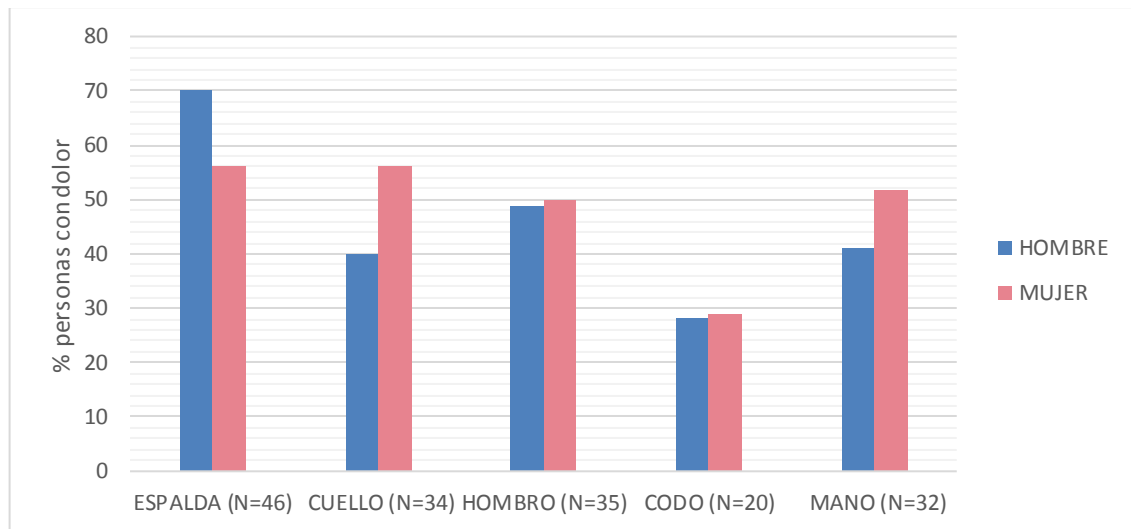
4.3.1 Sintomatología presente en la población de cultivadores de mora de Piedecuesta Con respecto a la presencia de dolores, se preguntó por los diferentes tipos de dolencias que prevalecieron a través del tiempo, entre los más recurrentes son los de espalda, hombros y manos. El dolor de hombros se asocia a la canasta recolectora que cargan como contenedor del fruto, mientras cosechan arbusto por arbusto; se apoya al hombro mediante una correa, como se mostrara en la Figura 23 del numeral 4.3.2 y tiene capacidad de 13 kilogramos.

También se evidenció menos prevalencia de dolor en las mujeres, que podría estar asociado a las horas de trabajo (es menor en las mujeres) y también porque son de talla más pequeña con respecto a los hombres, por tanto, la flexión de tronco puede ser menor al cosechar la mora de los arbustos¹²⁷; dichas plantas en general las mantienen de talla pequeña y los frutos están a bajas alturas. Asimismo, la Figura

¹²⁷ MARADEI GARCIA, M. Fernanda; ARDILA JAIMES, Claudia P. y SANABRIA SARMIENTO, Sandra Juliana. Estrategias para mitigar los factores de riesgo por carga física en la actividad agrícola, caso cultivo de mora de castilla. 2015. Pag 15.

22 muestra que la prevalencia de dolor en las manos, es mayor en mujeres que en hombres, debido talvez a la capacidad de fuerza menor en un gesto de pinza, que pueden producir las mujeres.

Figura 22 Estudio sobre la prevalencia musculo esquelética en el cultivo de mora de castilla. Piedecuesta.



Fuente:¹²⁸.

4.3.2 Vestimenta Para las jornadas laborales de un trabajador que cosecha la mora de castilla, su vestimenta se caracteriza por el uso de camisas largas, pantalón largo con botas de pantano y cachucha o sombrero para la protección tanto del sol como de las ramas con espinas, como en la Figura 23. Se observa que a pesar de esta protección se presentan cortaduras o punzadas y además el deterioro de la ropa por las espinas.

¹²⁸ MARADEI GARCIA, M. Fernanda; ARDILA JAIMES, Claudia P. y SANABRIA SARMIENTO, Sandra Juliana. Estrategias para mitigar los factores de riesgo por carga física en la actividad agricultora, caso cultivo de mora de castilla. 2015. Pag 15.

Figura 23 Indumentaria tradicional de un trabajador.



También utilizan guantes de látex negro de calibre 25 con una capa de butadieno, para evitar las punzadas y cortes que se pueden presentar por el manejo del arbusto. Sin embargo, este tipo de guantes aumentan la sudoración en las manos y cada quince días se deben cambiar por un nuevo par, debido a la presencia de huecos y abolladuras. Se encontró un trabajador que utiliza guantes de tela debido a que el material plástico de los guantes tradicionales le produce alergia y en otro caso se observó la preferencia por no usar ningún tipo de guante argumentado la pérdida de sensibilidad.

Otro implemento crucial al momento de trabajar es el canasto o catabra, el cual contiene el fruto a lo largo de la jornada con capacidad de 13 kilogramos, como se muestra en la Figura 24. La catabra mide aproximadamente 35 cm de ancho, 26 cm de profundo y 28 cm de alto y se sostiene mediante una correa¹²⁹ generalmente

¹²⁹ La correa no viene incluida al momento de la compra, se debe adquirir o hacer por aparte.

tejida de cuerda, ésta se adapta mediante una soga al recipiente y se ubica en los hombros o cintura dependiendo de la preferencia del campesino.

Figura 24 Canasta o catabra donde se almacena la mora



Figura 25 Canastillas plásticas y canastas recolectoras.



Al momento de llenarse se vacía en canastillas plásticas con capacidad de una arroba para su posterior traslado Figura 25, cabe aclarar que en este proceso la mora no desprende líquidos debido a que esta recién cortada y posee un adecuado color de maduración y consistencia. Asimismo, en la mora recién cortada aún no se ha iniciado el proceso de fermentación que viene acompañado con la presencia de dichos líquidos¹³⁰. Por otra parte, la principal causa de magulladura de la mora según estudios en el área, es el posterior embalaje en pequeñas cantidades^{131 132}.

4.3.3 Jornadas laborales La población encuestada (n=72) posee en promedio 19 años de trabajo en campo, con 44 horas por semana y con una diferencia de hasta 10 horas en los hombres con respecto a las mujeres; es decir que éstas laboran menos tiempo por semana. Esto tal vez debido a que las mujeres también deben realizar las actividades del hogar a diferencia de los campesinos hombres.

4.4 POSTURAS OBSERVADAS EN LA COSECHA DE LA MORA DE CASTILLA.

A partir de las salidas de campo realizadas en agosto 7, octubre 22 y diciembre 3 de 2016 en el municipio de Tona – Santander, por el kilómetro 22 vía a Pamplona; se observó a los trabajadores mientras recolectaban la mora de castilla, se evidenció las diferentes posturas que adoptan los recolectores de este fruto ya sea para facilitar u optimizar la tarea.

¹³⁰ LÓPEZ GONZÁLEZ, Jairo y GÓMEZ SANTOS, Raúl. Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado compilación. CORPOICA. Rio Negro. 2008. pp. 138.

¹³¹ REINA G., Carlos Emilio. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la mora de castilla (Rubus Glacus) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Universidad Surcolombiana. 1998. pp. 148.

¹³² AREVALO PEÑARANDA, Emilio, et al. Manejo fitosanitario del cultivo del mora (Rubus glaucus Benth) Medidas para la temporada invernal. Bogotá. 2011. Pag 32.

4.4.1 Análisis posturas persona vs árbol (inclinado y no inclinado) Los terrenos observados se dividían en planos, inclinados y muy inclinados que pueden llegar a presentarse en el mismo cultivo debido al relieve de Santander, en cada uno de éstos el trabajador debe valerse de su esfuerzo físico para mantener el equilibrio y además de cargar el contenedor como se observa en la Figura 26.

Figura 26 Cosecha de la mora de castilla en terreno plano.



Algunas de las posturas observadas en las salidas de campo antes mencionadas, se presentan a continuación en las Figuras de la 27 a la 32 para terrenos planos. Entre las que se puede observar inclinaciones de espalda lateral, frontal y torsión, asimismo diferentes formas de ubicar las piernas, desde inclinado, de rodillas a semi erguidas. Además de esto se identificó que en algunas posturas el trabajador debe sostener con una mano el contenedor para que este no se voltee, incomode o estorbe al momento de agarrar una mora, todas estas posturas que adopta no se consideran posturas neutras, ya que éstas no presentan torsiones de espalda y las inclinaciones no deben superar los rangos mencionados en la Figura 6 de la

página 36, además no debe haber levantamiento de codo sobre o más alto que el nivel de los hombros¹³³.

Figura 27 Postura A en terreno plano.



En postura A representada en la Figura 27, se observa a la izquierda una foto del trabajador en perspectiva y a la derecha la representación de las vistas lateral y posterior de la misma; en la que se puede apreciar una flexión y torsión de tronco resaltadas en las vistas, con las piernas medio flexionadas y los pies con un ángulo de apertura hacia fuera del eje central del cuerpo.

La postura B de la Figura 28 que es la siguiente, de la cual se abstrae la vista lateral para observar la flexión de espalda, que se da mientras el trabajador está de rodillas levantando el codo izquierdo sobre el nivel de hombro con el objetivo de sostener la canasta, mientras inclina el cuello y estira la mano derecha para alcanzar un fruto.

¹³³ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

Figura 28 Postura B en terreno plano.



Figura 29 Postura C en terreno plano.



En la Figura 29 se observa una desviación lateral del tronco hacia la derecha, mientras apoya una rodilla sobre el piso y la otra permanece flexionada, además el brazo izquierdo se mantiene al nivel del hombro.

La postura D que se muestra a continuación en la Figura 30, se contempla el trabajador de rodillas y con la espalda flexionada hacia adelante manteniendo los brazos cerca del nivel de los hombros, mientras la canasta cuelga de estos sin apoyarse en el suelo.

Figura 30 Postura D en terreno plano.



En cuanto a la Figura 31 el campesino se encuentra inclinando la espalda casi 90 grados hacia al frente sosteniendo el canasto con la mano izquierda para que este no se voltee, el codo se encuentra por encima del nivel de hombro y detrás del cuerpo, mientras tiene las piernas semi rectas y con una amplia distancia entre los pies.

Figura 31 Postura E en terreno plano.



Finalmente la postura F de la figura 32 muestra una torsión y flexión de tronco, manteniendo las piernas en sentadilla mientras se inclina la cabeza hacia el lado derecho y se apoya el recipiente en la parte lateral de la pierna.

Figura 32 Postura F en terreno plano.



Debido a la forma como maduran las moras, el agricultor cambia de posición de 3 a 5 veces por cada planta; puede ir desde totalmente de pie a arrodillado o a la posición de cuclillas en una sola planta para el caso de los terrenos planos o con esta tendencia, cuando hay una buena cosecha. Pero cuando la época es mala y la planta tiene muy poca producción, el trabajador se esfuerza mucho más por encontrar las moras, así que puede llegar a entrar dentro del arbusto, hasta la mitad del cuerpo para realizar una buena búsqueda, lo que produce mucho más inclinaciones y torsiones de espalda además de maltratarse a causa de las espinas.

Para el caso de los terrenos inclinados, se pudo apreciar que el trabajador evita cambiar la postura de las piernas cuando necesita aproximarse a la planta, es decir prefiere mantener la postura de rodillas o cuclillas y estirar más la espalda o brazos, por ello varía la inclinación de la espalda y el alcance de los brazos constantemente, para recoger las moras.

Figura 33 Postura G en terreno inclinado.

Unas de las posturas que se observaron en las salidas de campo se registra en la Figura 33, donde se puede observar al campesino en una ladera apoyado sobre la rodilla de una pierna derecha y la otra atrás soportada en la punta del pie, con una leve flexión de espalda y los brazos estirados por debajo del nivel de los hombros.



Figura 34 Postura H en terreno inclinado.

En la postura H que se muestra a la derecha en la Figura 34, evidencia una inclinación de espalda por parte del campesino sosteniendo la canasta con la mano izquierda y con la derecha alcanzando un fruto, mientras se ayuda con una pierna de rodillas y la otra en cuclillas para mantener el equilibrio.



Figura 35 Postura I en terreno inclinado.

En la Figura 35, se aprecia la postura I en la cual se presenta una torsión y flexión de tronco en un terreno inclinado, con las piernas semi rectas y la mano izquierda sosteniendo el canasto.



Figura 36 Postura J en terreno inclinado.

En la postura J en la Figura 36, se muestra al trabajador en terreno inclinado en una torsión y flexión de espalda, al sostener el canasto con la mano izquierda y la mano derecha agarrar una mora entretanto flexionando un poco las piernas.



Se observa que las inclinaciones y estiramientos de espalda y brazos fueron mayores a los realizados en terrenos planos, pero sin presentar cambio en la postura de las piernas ya que en estas se apoya para mantener el equilibrio en medio de las laderas y muchas de estas posturas de piernas no resultan cómodas debido al peso de la canasta. También se apreció en la última visita que coincidió con época de lluvias, el factor de riesgo por deslizamiento a causa de la humedad de la tierra que, a pesar de usar las botas para evitar estos accidentes, en una jornada de 3 horas, se presentaron más de 10 resbaladas a causa del terreno y su inclinación, algunas terminaron en caídas.

4.4.2 Análisis de la postura de la mano (las dos manos) y antebrazos Para las manos y antebrazos, se observó que el agricultor utiliza las dos manos; una para agarrar el fruto y la otra para mover o retirar los tallos, facilitando el alcance o la visualización cuando hay una producción alta. También se evidenció que no existía

preferencia por uno u otro brazo ya que, dependiendo de la situación y crecimiento de la planta, el campesino alterna las funciones de la mano. Sin embargo, cuando la cosecha es muy baja el tiende a utilizar la mano dominante para la recolección y la otra para despejar el paso sin alternar, lo que ocasiona mucho más deterioro del guante no recolector, como se aprecia en la Figura 37.

Figura 37 Guantes derecho e izquierdo con una baja producción de mora.



Igualmente se observó que se presentan desviaciones y flexiones de muñeca para alcanzar algunos frutos escondidos e incluso levantamiento de codos al nivel o superiores a hombros como se muestra a continuación.

Figura 38 Desviación ulnar de muñeca.



Figura 39 Desviación radial de muñeca.



Figura 40 Extensión de muñeca.



Figura 41 Flexión de muñeca.



En cuanto a los dos guantes, las zonas que presentan mayor desgaste en condiciones de producción alta, son las zonas de las yemas y puntas de los dedos corazón, índice y pulgar, debido a que son utilizados para el gesto de pinza, como se resalta en la Figura 42. Por el contrario, las otras áreas presentan un mínimo de desgaste sin ninguna zona específica. Asimismo, se encontró que los dedos de

menor uso para cosechar la mora (anular y meñique), se utilizan para sostener los frutos previamente recogidos, antes de depositarlos en el recipiente.

Figura 42 Zonas de mayor deterioro del material a causa del gesto de pinza.



La canasta tiene una capacidad aproximada dos mil moras¹³⁴, lo que significa, que el trabajador realizó la pinza para cada una de ellas en un tiempo de 2 horas y por lo general salen de dos a cuatro arrobas por hectárea en una sola jornada laboral. Es decir, seis mil veces el gesto de piza en una mañana. A continuación, se muestra una secuencia de cinco posturas, donde se puede apreciar a un trabajador al desprender una mora con el gesto de pinza.

¹³⁴ Se calculó dividiendo la capacidad en gramos de la canasta en el peso por unidad de la mora calibre C, de peso promedio 6 gr.

Figura 43 Postura 1, secuencia del gesto de pinza.



Primero se aproxima al fruto con los dedos pulgar, índice y corazón abiertos y el meñique y anular cerrados sobre la palma.

Figura 44 Postura 2, secuencia del gesto de pinza.



Luego ubica la mora apoyándola en los dedos índice y corazón.

Figura 45 Postura 3, secuencia del gesto de pinza.



Posteriormente presiona el fruto contra el pulgar con firmeza.

Figura 46 Postura 4, secuencia del gesto de pinza.



Lo siguiente es girar la muñeca al realizar una flexión mientras aún está unida a la rama y con el giro se desprende.

Figura 47 Postura 5, secuencia del gesto de pinza.



Finalmente se sostiene la mora con los dedos meñique y anular al momento de abrir los dedos pulgar, índice y corazón.

Para esto el trabajador debe coger y girar el fruto para desprenderlo de la rama, con el fin de que este libre del ápice y el cáliz de la planta, esta operación se realiza para

cada mora y tarda aproximadamente $\frac{3}{4}$ de segundo. Se utilizan los músculos de la mano que son los encargados de la precisión¹³⁵.

4.5 REVISIÓN TECNOLÓGICA DEL ESTADO DEL ARTE

La cosecha se puede dar de forma mecanizada o manual. Si se desea usar una máquina, en el mercado se encuentran diferentes modelos dependiendo de lo que se requiera o el espacio del cultivo. Para el campesino que no posee una plantación lo suficientemente grande como para requerir una o para aquel que no posee los recursos o que el terreno no se presta para ello, debe valerse de la recolección fruto a fruto.

Figura 48 Recolección de la rosa de mosqueta con una rasquetilla.



Fuente:¹³⁶.

En una búsqueda previa no se evidenció la presencia de herramientas para cosechar mora de castilla. Pero se encontró una herramienta utilizada para la

¹³⁵ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

¹³⁶ CATTAN LAVIN, Magdalena. Equipamiento para la recolección de Rosa Mosqueta Silvestre. Universidad de Chile. 2007. Pag 73.

cosecha de la rosa de mosqueta; planta que crece hasta dos metros de altura y que posee largas ramas delgadas y espinudas¹³⁷. Esta herramienta se llama la rasquetilla (Figura 48).

4.5.1 Rasquetilla En la recolección de la rosa de mosqueta o algunos frutos como zarzamoras y arándanos, se puede observar la rasquetilla; una herramienta tradicional que varía dependiendo de la zona y el fruto que se recolecte.

Se caracteriza por estar fabricada en metal, madera o una combinación de las dos, con una entrada dentada para separar el fruto del tallo; esta herramienta es el resultado de la necesidad del campesino por reducir y facilitar la recolección. En algunos casos es el agricultor quien fabrica este tipo de herramienta según consideran óptimo o adecuado¹³⁸.

Ventajas

- Puede almacenar una cantidad de frutos, permitiendo cosechar de dos a tres plantas, antes de depositarse en recipientes más grandes.
- Se pueden encontrar con muchas variaciones y asimismo se puede fabricar fácilmente ya sea adaptando un asa larga para no inclinarse en la cosecha o haciéndolo de dos asas, todo depende del usuario y su forma de usarlo.

Desventajas

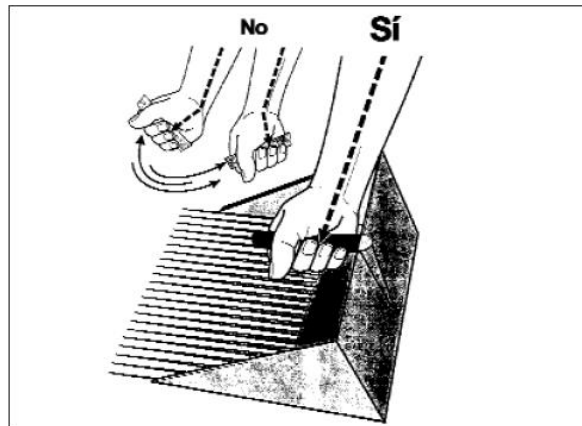
- La posición inclinada causa lesiones en la espalda.

¹³⁷ CATTAN LAVIN, Magdalena. Equipamiento para la recolección de Rosa Mosqueta Silvestre. Universidad de Chile. 2007. Pag 73.

¹³⁸ CATTAN LAVIN, Magdalena. Equipamiento para la recolección de Rosa Mosqueta Silvestre. Universidad de Chile. 2007. Pag 73.

- El mango delgado es difícil de agarrar con comodidad.
- El diseño del rastrillo hace que el trabajador flexione las muñecas y utilice los dedos para agarrarlo, arriesgándose a sufrir tendinitis en las muñecas y las manos.
- La raquetilla de acero pesa hasta cuatro libras.
- La variabilidad y las consideraciones que poseen los trabajadores, para fabricar su herramienta, puede afectarlo. Ya que se presentan cargas muy pesadas debido a la cantidad de fruto contenido, además de que no consideras factores ergonómicos y de diseño.
- Cuando la herramienta es muy larga como se observa en la Figura 48, se presentan los giros de espalda para depositar la fruta en la rasquetilla y luego a otro contenedor.

Figura 49 Agarre de la Rasquetilla. Fuente



Instruya a los trabajadores a mantener las muñecas rectas mientras que trabajan.

Fuente: ¹³⁹.

Según NIOSH, uno de los problemas más comunes para esta herramienta, es el diámetro del agarre y la forma como la agarran; ya que en la mayoría de los casos

¹³⁹ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

se evidencia una desviación en el ángulo de la muñeca con relación al antebrazo, como se muestra en la Figura 49, provocando tendinitis en las manos¹⁴⁰.

¹⁴⁰ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

5 METODOLOGÍA DEL PROYECTO.

Para dar desarrollo a este proyecto, se propone una metodología de tres fases, teniendo como referencia los objetivos y las actividades que dan cumplimiento a estos, además permite la iteración en todo momento del proceso proyectual que se muestra a continuación.

Figura 50 Diagrama de la metodología.



5.1 FASE I

Para iniciar este proceso, se buscó definir la teoría que sustenta el problema de diseño y la pregunta de investigación, para ello se asignaron actividades a cumplir en la Figura 51; iniciando con una búsqueda de información en bases de datos de artículos y textos relacionados con la temática a tratar, paralelamente se realizaron salidas de campo para observar y documentar las posturas y costumbres que tiene los trabajadores que cosechan mora de castilla; para identificar los factores de riesgo que ocasionen DME y lesiones de piel, además de una caracterización demográfica de los trabajadores de mora de la zona.

Figura 51 Diagrama de la Fase I de la metodología.



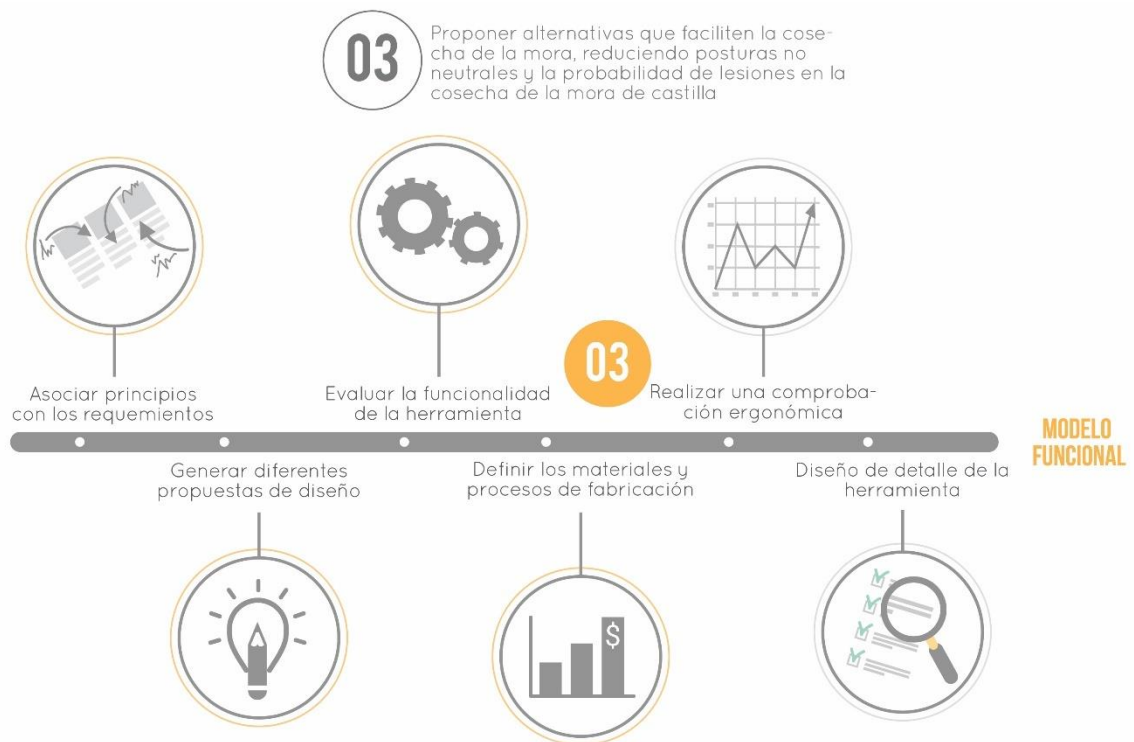
Para dar por cumplida esta etapa, se enuncian los requerimientos de diseño, que son resultados de las necesidades del usuario y el análisis práctico y teórico

realizado por el diseñador, que da cumplimiento a los dos primeros objetivos específicos.

5.1 FASE II

Como segunda fase, se encuentra el desarrollo e ideación de posibles soluciones. Se considera la etapa más creativa, en esta se plantean alternativas de diseño para satisfacer las necesidades del usuario, mediante la búsqueda de principios físicos o básicos, que se irán comprobando con usuarios, además de otras actividades enunciadas en la Figura 52 para verificar que el principio empleado sea el más acertado para dar cumplimiento a los requerimientos.

Figura 52 Diagrama de la Fase II de la metodología.

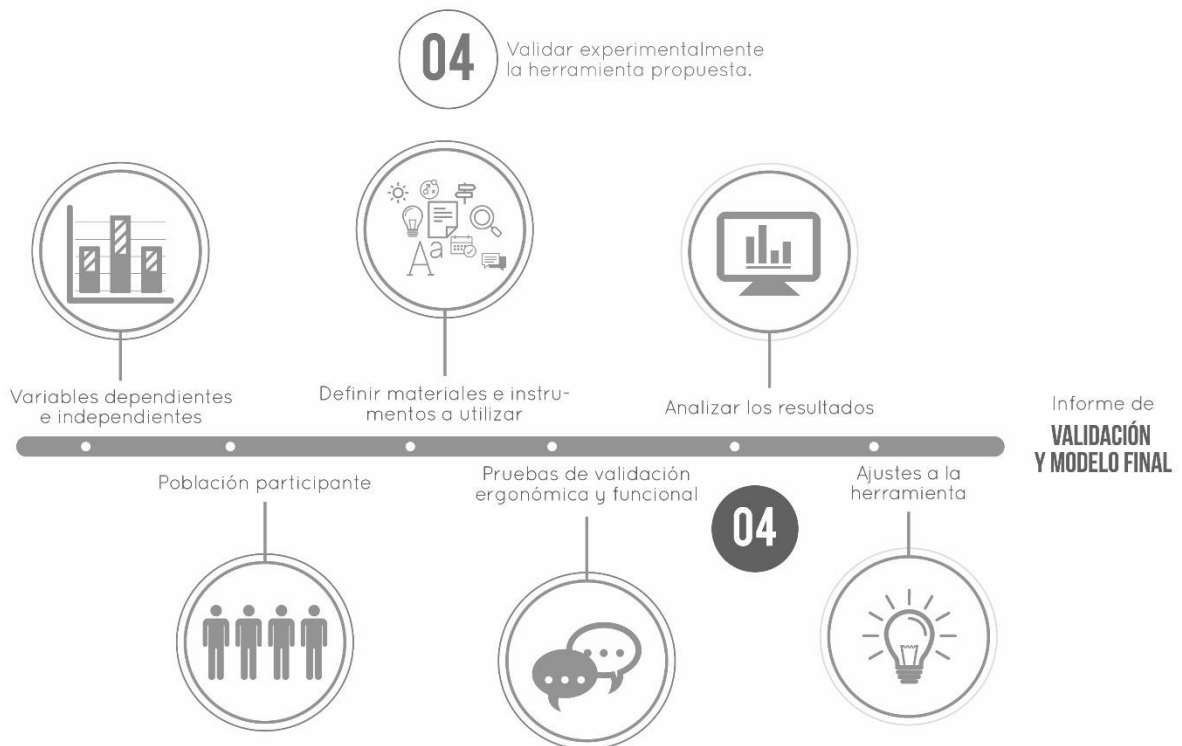


El resultado de esta etapa es un modelo funcional; en el que se consideraron factores ergonómicos, formales y funcionales entre otros. Esta etapa se desarrolló por medio de una ergonomía participativa que involucra al campesino dentro del proceso de diseño. Esta etapa tiene como fin la realización de las respectivas validaciones de la siguiente etapa.

5.2 FASE III

Por último, se validó la herramienta teniendo en cuenta las variables dependientes e independientes de la pregunta de investigación, para posteriormente hacer las modificaciones finales que requiera el diseño y según los resultados obtenidos en las pruebas, las actividades para esta etapa están en la Figura 53.

Figura 53 Diagrama de la Fase III de la metodología.



6 REQUERIMIENTOS

A partir de la observación, análisis y consultas que se realizaron y enunciaron previamente, se identificaron los requerimientos de diseño que permiten la generación de alternativas y que se describen a continuación.


Figura 54 Requerimientos estructurales de diseño.



● DESEADO
● OBLIGATORIO

ESTRUCTURAL	PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR IDEAL O MARGINAL
● Si la herramienta presenta uniones estas debe resistir el uso constante	Resistencia a pesos y fuerzas		
● Debe tener el menor número de uniones para evitar fallos	# De piezas	Cantidad	≤ 6
● La herramienta debe ser Balanceada	Equilibrio		

Figura 55 Requerimientos de uso de diseño.

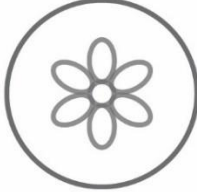


USO

● DESEADO
● OBLIGATORIO

	USO	PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR IDEAL O MARGINAL
●	Debe simplificar la tarea	# De posturas por planta	Cantidad	≤ 4
●	Que sea cómodo	Material, diámetro, peso	Valor de 1 - 5, siendo 5 el máximo	≥ 4
●	Debe evitar las posturas no neutrales	# De posturas no neutrales por planta	Cantidad	≤ 2
●	El peso fijo que debe cargar el trabajador debe ser mínimo	Peso	Kg-f	≤ 2
●	Que sea intuitivo de usar	# Error al usar la herramienta	Cantidad	≤ 3
●	Centro de masa no debe desbalancear al usuario			
●	La herramienta permite varios tipos de agarre para las dos manos	# De posturas de agarre por mano	Cantidad	> 1
●	Debe poder transportarse fácil a la zona de cultivo			
●	La medida del asa de la herramienta debe ser adecuada	Diámetro de la empuñadura	mm	< 30
●	Puede integrarse al contenedor de mora			

Figura 56 Requerimientos Funcionales de diseño.



.....

FUNCIONAL

●

DESEADO

●

OBLIGATORIO

	PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR IDEAL O MARGINAL
● Debe tener la menor cantidad de piezas ensambladas	# De piezas	Cantidad	≤ 6
● Materiales eco amigables	Impacto ambiental	Años	
● Debe ser mecánico			
● Debe tener acabados que no permitan la generación o propagación de enfermedades	Inertes		
● La herramienta deben ser resistente al uso constante			
● La herramienta debe generar el mismo o un mayor rendimiento que con el método tradicional	Tiempo de cosecha por planta	Minutos	≤ 2
● La herramienta debe tener un ciclo de vida prolongado	Tiempo	Años	> 3
● La herramienta no debe tener zonas donde se acumule el mugre	Forma		
● La herramienta no puede transmitir enfermedades o plagas entre plantas			
● Debe poder lavarse fácilmente			

Figura 57 Requerimientos Formal – Estéticos de diseño.



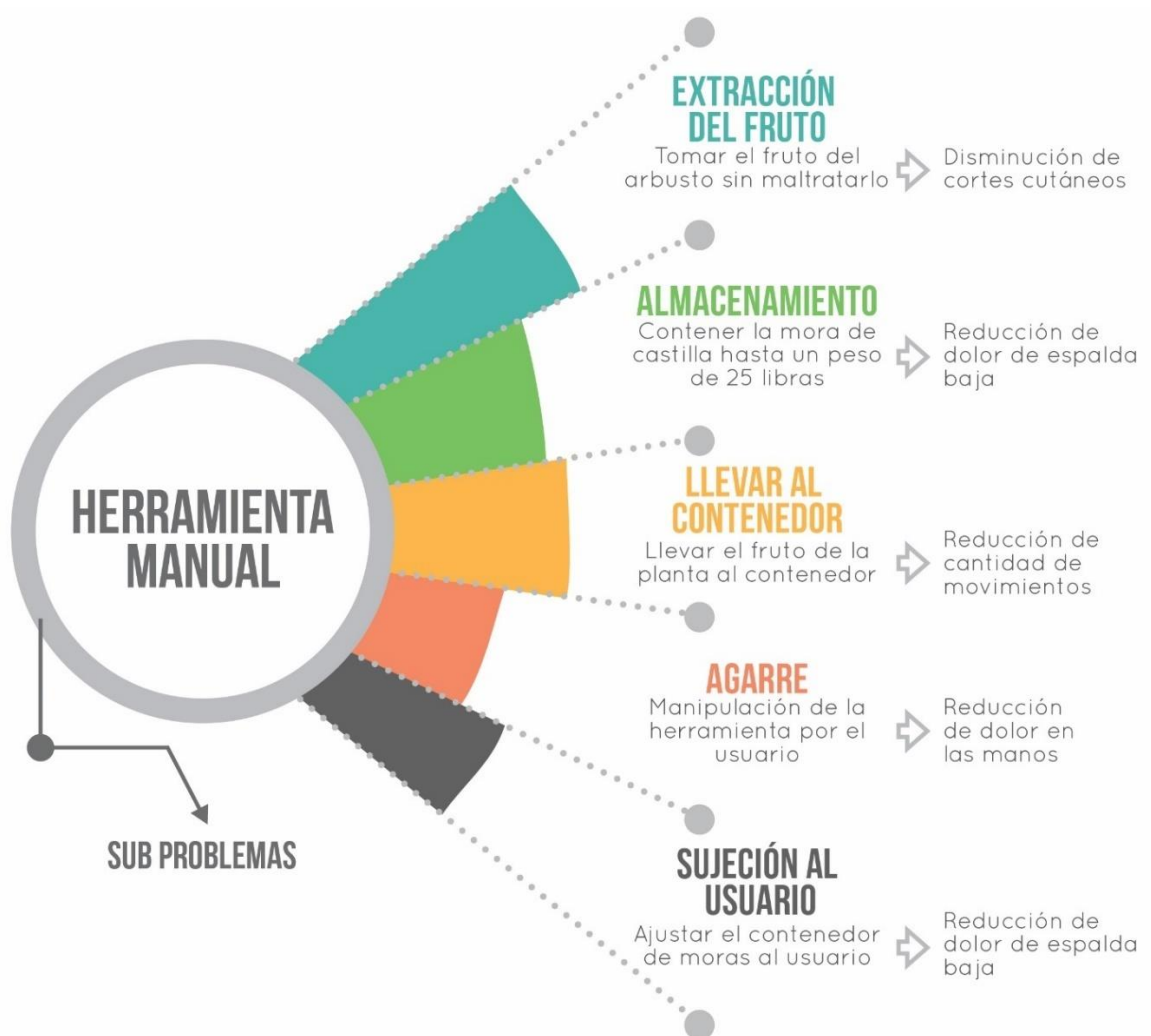
● DESEADO
● OBLIGATORIO

FORMAL-ESTÉTICO	PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR IDEAL O MARGINAL
● Debe tener texturas que permitan un mejor agarre	Texturas	Tipo de textura	
● Debe tener colores que permitan una fácil identificación	Colores		
● La herramienta debe tener coherencia			
● La herramienta debe generar interés en el usuario			

7 GENERACIÓN DE CONCEPTOS

El problema de diseño se dividió en partes más pequeñas, para resolver cada uno de estos sub-problemas de forma particular y obtener varias soluciones que pueden intercambiarse para resolver el problema mayor. En este ámbito la Figura 58 muestra la segmentación propuesta, la cual diferencia cinco sub-problemas del producto a diseñar.

Figura 58 División del problema en Sub - problemas.



Los sub-problemas se relacionan a continuación:

La primera denominada extracción del fruto, corresponde a la parte de la herramienta que tendrá contacto directo con el arbusto de mora de castilla, será la encargada de retirar el fruto evitando total o parcialmente la mayor cantidad de golpes o movimientos que puedan lastimar la mora ya que si esta sufre algún tipo de trauma puede presentarse una laceración liberando líquido que provoca una fermentación acelerada del fruto. Además, se pretende alejar al campesino del factor de riesgo, en este caso las espinas para disminuir los cortes cutáneos en manos y antebrazos.

El almacenamiento y la sujeción de la herramienta van muy ligados y se deben pensar en conjunto, actualmente este sistema produce dolor de espalda baja debido a la forma como se sujeta al cuerpo humano¹⁴¹. Además, el sistema actual es incómodo y limita el movimiento debido a la configuración formal del canasto, por tanto, se debe evitar estos inconvenientes en la propuesta.

En cuanto a llevar al contenedor la fruta, se busca reducir este movimiento repetitivo que se realiza cada vez que se coge una mora, es decir puede realizarse de dos a diez veces por cada planta cosechada, que para una hectárea cultivada puede llegar a ejecutarse hasta diez mil veces¹⁴².

¹⁴¹ MARADEI GARCIA, M. Fernanda; ARDILA JAIMES, Claudia P. y SANABRIA SARMIENTO, Sandra Juliana. Estrategias para mitigar los factores de riesgo por carga física en la actividad agricultora, caso cultivo de mora de castilla. 2015. Pag 15.

¹⁴² LÓPEZ GONZÁLEZ, Jairo y GÓMEZ SANTOS, Raúl. Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado compilación. CORPOICA. Rio Negro. 2008. pp. 138.

Y por último el agarre, el cual hace referencia a la interacción de manejo o control que tendrá el usuario sobre la herramienta para que esta coja o no una baya y que tendrá estrecha relación con la parte encargada de la extracción del fruto.

Los tres problemas denominados extracción del fruto, almacenamiento y llevar al contenedor, se consideraron de mayor importancia con respecto a los otros dos, debido a que componen las funciones principales del producto y son las que presentan mayor dificultad al momento de realizar la cosecha manualmente. Por ello se empezó a plantear soluciones para estas tres inicialmente.

7.1 POSIBLES ASOCIACIONES O SOLUCIONES

Teniendo en cuenta las especificaciones de diseño y los problemas identificados, se procede a revisar y proponer principios en cada uno de los problemas para ello se identificaron acciones humanas que permitieran solucionar el problema y de ahí se plantearon mecanismos y objetos como se ve en las Figuras 59, 60 y 61. Luego se realizaron combinaciones por agrupación y se identificó posibles ideas que van desde guantes y cuchillas entre otros, con el fin de estimular el pensamiento creativo y generar conceptos diferentes y más acertados.

Figura 59 Diagrama morfológico de la extracción del fruto.

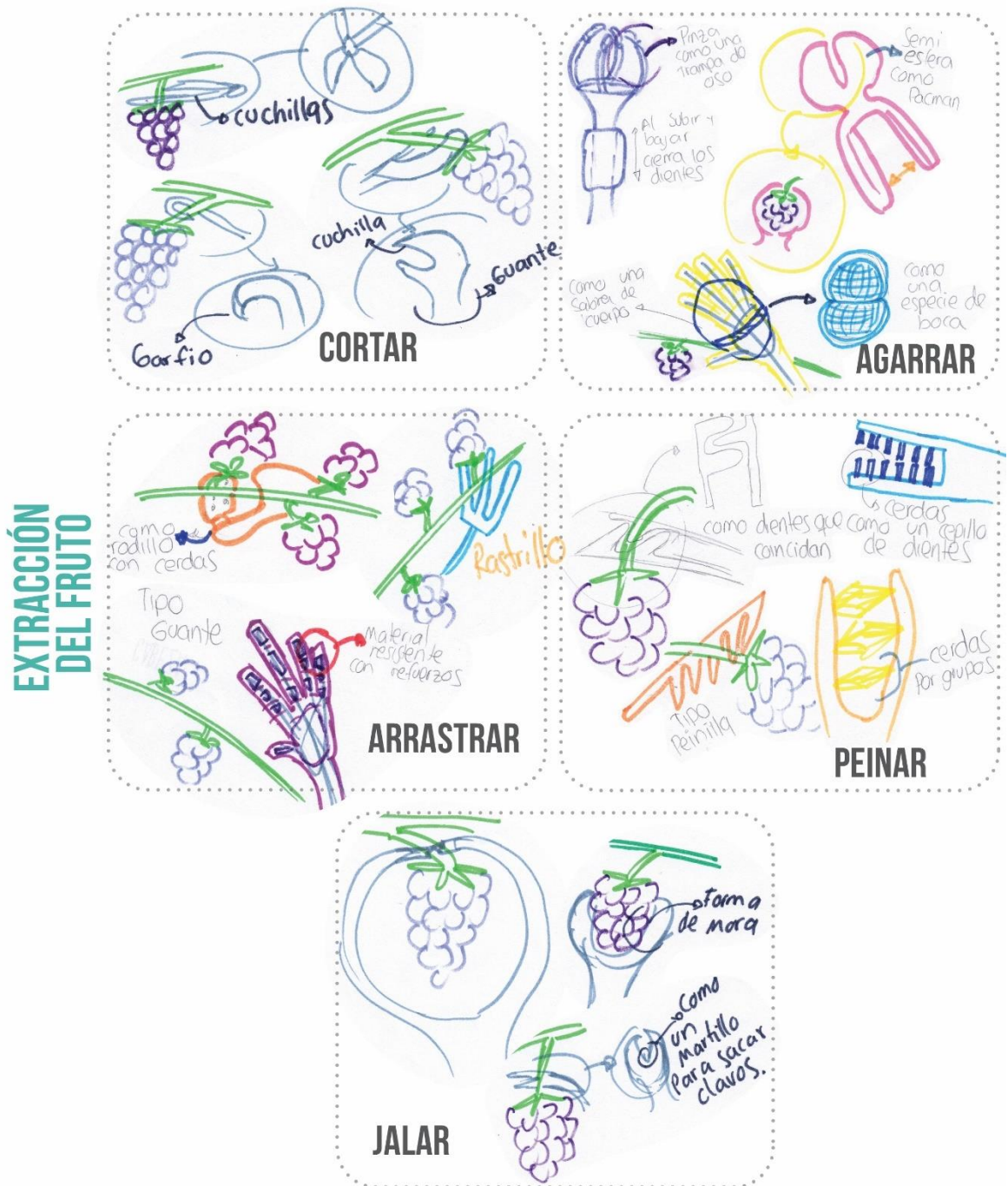


Figura 60 Diagrama morfológico del almacenamiento.

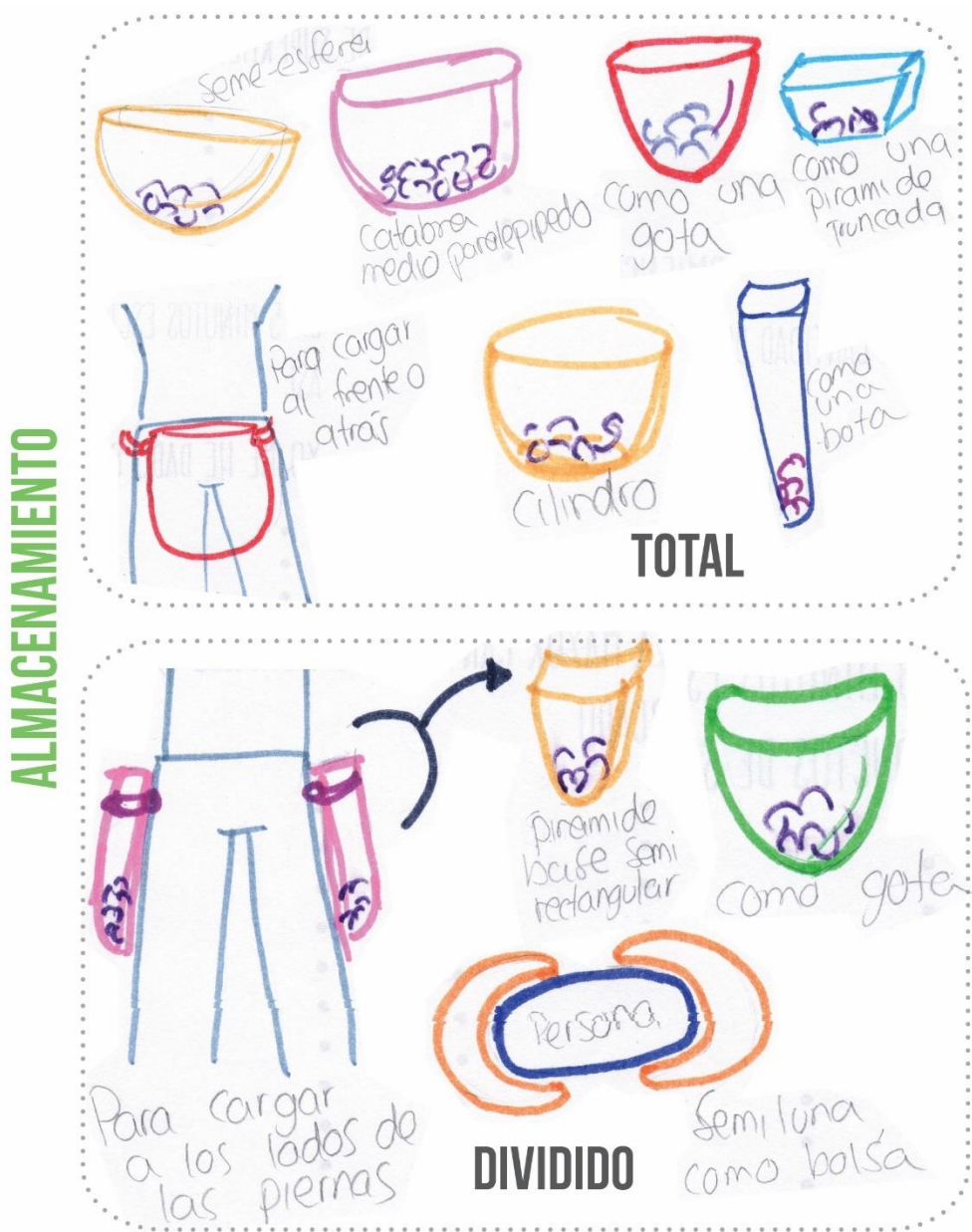
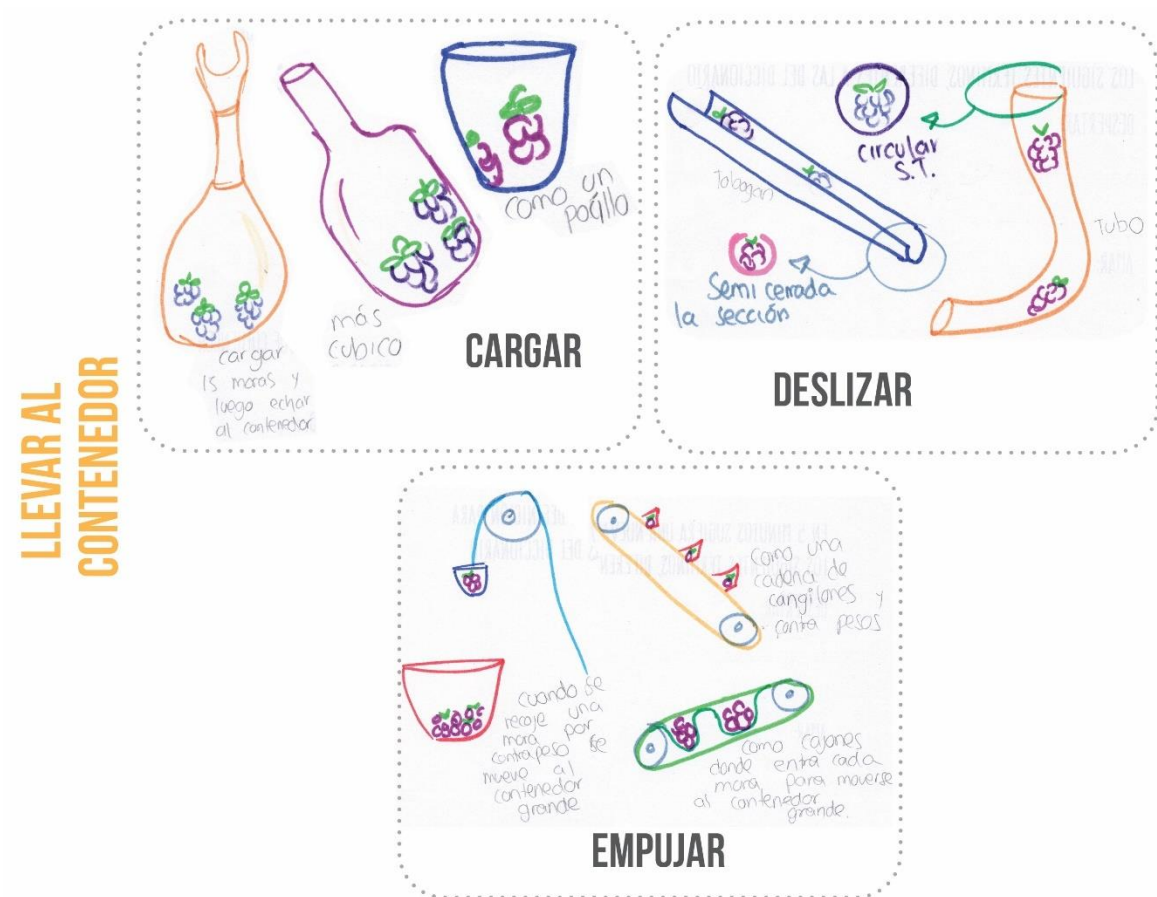


Figura 61 Diagrama morfológico de llevar al contenedor.



Estas primeras ideas surgieron teniendo en cuenta los distintos tipos de acciones que se deben realizar al momento de una intervención ergonómica, donde primero se busca intervenir el ambiente, luego la fuente del problema y finalmente se interviene al trabajador mediante implementos de seguridad¹⁴³. Aplicando esto, el primer nivel hace referencia a las estructuras (Tutorado y distribución del cultivo) que se colocan para darle forma a la planta mora y que buscan facilitar y ayudar en las tareas de cosecha, poda y mantenimiento de la parcela, el segundo sería la intervención biológica que se realiza a la planta de mora para eliminar las espinas

¹⁴³ WOLFGANG, Laurig y JOACHIM, Vedder. Ergonomía: Herramientas Y Enfoques. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 2010. pp. 2-102.

como se mencionó: *Rubus Glaucus Benth* la cual se hace por injerto. Y finalmente la tercera correspondería a las propuestas planteadas donde se vale de una herramienta para mejorar sus condiciones laborales sin olvidar que las limitaciones humanas son inherentes y normalmente invariables¹⁴⁴ por ello la herramienta se debe adaptarse al trabajo y usuario y no al contrario.

7.2 LLUVIA DE IDEAS

Para tener otros puntos de vista y nuevos conceptos, se realizó una lluvia de ideas el 16 de diciembre de 2016, con estudiantes voluntarios de la Universidad Industrial de Santander de las carreras de ingeniería mecánica y diseño industrial, se planteó el problema, para llegar a ideas que pudieran ser usadas para la generación de alternativas. El resultado de la sección se registró como se muestra en la Figura 62, donde se obtuvo alrededor de diez ideas para recolectar la mora.

Figura 62 Lluvia de ideas.



Entre estas ideas se encontraba guantes adhesivos, mangos con recubrimientos adherentes y cuchillas, las cuales serán explicadas a continuación, donde se

¹⁴⁴ WOLFGANG, Laurig y JOACHIM, Vedder. Ergonomía: Herramientas Y Enfoques. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 2010. pp. 2-102.

centraron en el sistema de extracción del fruto de la planta; maltratando lo menos posible a la mora mediante principios mecánicos.

7.2.1 Idea A La primera propuesta es la que se muestra en la Figura 63, consiste en un mango con una cabeza para la extracción del fruto; en esta parte se propone cerdas inferiores y superiores que ayuden atrapar los frutos de mora para ser removidos de la planta.

Figura 63 Idea A - cerdas.

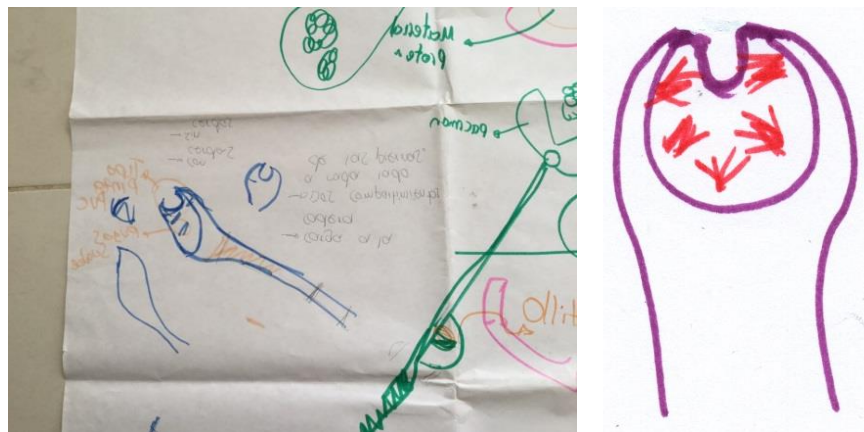


Esta primera aproximación, se basa en las herramientas que se están implementando para recolectar café, mediante cilindros con cerdas para agilizar la recolección del café¹⁴⁵. La cabeza de la herramienta funcionaria como una pinza que permite abrir y cerrar los dos ejes de cerdas, para facilitar la ubicación de la herramienta en la planta.

¹⁴⁵ OLIVEROS TASCÓN, Carlos Eugenio, *et al.* Diseño y evaluación de una herramienta para agilizar la cosecha manual de café. Cenicafé. Vol. 56. N° 1. 2005. pp 35-49.

7.2.2 Idea B La segunda propuesta consignada en la Figura 64, se fundamenta en la forma de la herramienta para extraer la mora ya que la propuesta no cuenta con ningún mecanismo que provoque algún movimiento para extraer la baya. Por tanto, la alternativa se vale de la palanca de tercer grado para jalar la mora del fruto; con una forma semiesférica y ovalada, en la cual se pueda asentar el fruto, para luego jalar del mango. Además, cuenta con cerdas en la concavidad para dar un mejor agarre a la mora. Se propone también una cabeza que va unida a un mango tubular por el cual se deslizaran las moras para llegar al contenedor o recipiente que las almacenara, mientras se cosecha la parcela o cultivo.

Figura 64 Idea B - pinza.



7.2.3 Idea C Finalmente, la última propuesta que surgió de la lluvia de ideas en la Figura 65, fue un mango que succionara las moras, como una aspiradora que podía funcionar con electricidad u otra fuente de energía.

Figura 65 Idea C - succión.

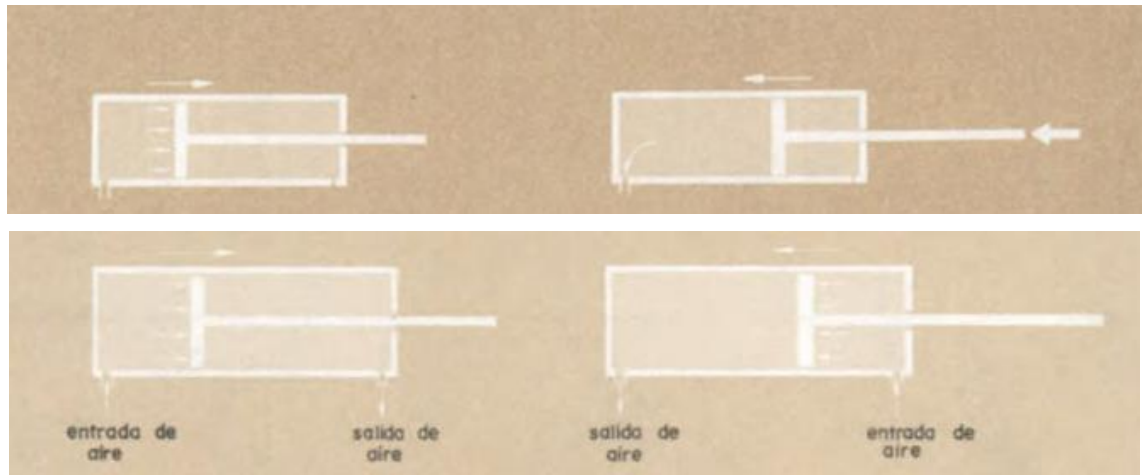


Esta propuesta tendría una boca que se ajusta a la forma de la mora y luego las succionaría para arrancarla de la rama y rodar por un tubo hasta el contenedor.

A partir de estas ideas, se empezó a probar los principios mediante modelos rápidos, iniciando con el concepto de succión, el cual se buscaba recrear mediante cilindros de simple y doble efecto, los cuales se utilizan para transformar la energía neumática en movimiento rectilíneo, que están conformados por un tubo de sección circular, con un émbolo que separa dos cámaras y se encuentra unido a un vástago que se encarga de transmitir el trabajo obtenido como se puede ver en la Figura 66 que se muestra a continuación¹⁴⁶.

¹⁴⁶ Guillén Salvador, Antonio. Introducción a la neumática. Marcombo, Boixareu Editore. Bogotá. 1993. pp. 150.

Figura 66 Cilindro de simple (Arriba) y doble efecto (Abajo).



Fuente: ¹⁴⁷.

Un cilindro de simple efecto es el mismo sistema que utilizan los lapiceros retractiles; al entrar el aire comprimido a la primera cámara, desplaza el émbolo y en el momento en que se interrumpe la fuerza, el muelle recuperador regresa el embolo a la posición inicial.

Partiendo de esto, se planteó el mismo sistema, pero invirtiendo el proceso como en una jeringa, que utiliza una fuerza aplicada para generar succión en la otra cámara. Además del principio de Pascal¹⁴⁸, el cual dice que la presión aplicada en cualquier punto de un líquido incomprensible contenido en un material indeformable, será igual en todos sus puntos. Agregando un pistón con diferentes secciones transversales en las salas, el resultado es una fuerza mayor a la inicial¹⁴⁹, como se

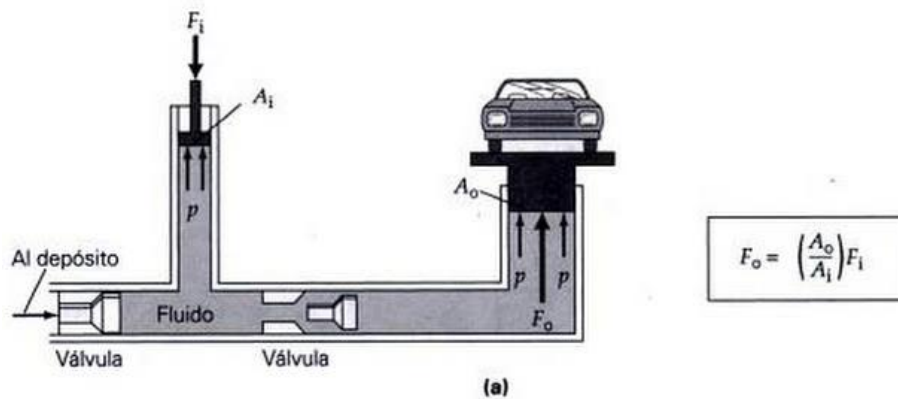
¹⁴⁷ Guillén Salvador, Antonio. Introducción a la neumática. Marcombo, Boixareu Editore. Bogotá. 1993. pp. 150.

¹⁴⁸ Bases teóricas de la fuerza hidráulica.

¹⁴⁹ BUFFA, Wilson. Física, Quinta edición. Pearson. México. 2003. pp. 920.

muestra en la Figura 67, que se usa en los gatos hidráulicos y en máquinas de construcción.

Figura 67 Principio de Pascal.



Fuente:¹⁵⁰.

Para el caso de un gas, la variación de la presión se da junto a un cambio de temperatura o volumen, pero una vez se llega al equilibrio el principio de Pascal aplica¹⁵¹.

Basándose en todo lo anterior se propuso una alternativa que retirará la mora del árbol, mediante una fuerza de succión para ello se tomó como referencia una jeringa y una bomba destapa caños en la Figura 68.

¹⁵⁰ BUFFA, Wilson. Física, Quinta edición. Pearson. México. 2003. pp. 920.

¹⁵¹ BUFFA, Wilson. Física, Quinta edición. Pearson. México. 2003. pp. 920.

Figura 68 Bomba de succión.



Pero al momento de probar el concepto, este no tenía un área de contacto uniforme para arrancar el fruto de la rama, debido a que la superficie con la cual hace contacto es irregular y anula la succión que se realizaba, además la mora puede alcanzar los 3 cm de diámetro¹⁵² y la parte del émbolo debe ser mayor, lo cual podría dificultar el agarre y el manejo de la herramienta.

Otras observaciones realizadas es que el usuario posiblemente debería aplicar una fuerza mayor a la que se aplica actualmente al recolectar la mora. Por otra parte, el sistema tendría muchas más piezas y articulaciones que aumentan la probabilidad de fallo y posibles áreas donde se generen cultivos de bacterias o microorganismo.

7.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO.

Con la unión de la lluvia de ideas y el diagrama de morfología, se desarrollaron propuestas para cada sub-problema por individual, que se describen a continuación y para la selección de alternativas se realizarán pruebas en condiciones reales con campesinos que se detallan más adelante en este documento en el numeral 7.5,

¹⁵² ICONTEC. Norma Técnica NTC 1406, Frutas frescas, Mora de castilla, Especificaciones. 1993. pp. 24.

donde se consideró la eficiencia y efectividad para la selección de alternativas con respecto al método tradicional de guantes y canasta.

7.3.1 Extracción del fruto Para la extracción del fruto se propusieron tres formas para retirarlo de la rama que se empiezan más adelante, todas se plantean para coger una mora a la vez, al igual que el método tradicional. Inicialmente se pensó en retirar varias moras a la vez, para ello se analizó como se realiza la tarea de manera industrial, que se realiza mediante un tractor el cual también se emplea en la recolección de zarzamoras, frambuesas y arándanos entre otros, que se vale de dos rodillos con un movimiento rotacional y traslación vertical, para básicamente sacudir y peinar la planta para que todos los frutos caigan, sin embargo, se utilizan 3 o 4 trabajadores que van sobre el tractor y realizan una separación de los frutos verdes y dañados en una banda transportadora como se muestra en la Figura 69.

Figura 69 Cosecha Industrializada de Arándanos.



Fuente:¹⁵³.

¹⁵³ OXBO. 7440 Berry Harvester. Oxbocorp. 2016.

Al mirar este sistema, pero a menor escala se incluiría una tarea adicional al campesino, que sería la selección de las moras, para que las que presentan enfermedades no contaminen el resto¹⁵⁴. Además, las que más fácilmente caen son las dañadas ya que no presentan consistencia y son las que se deshacen apenas hacen contacto con la mano¹⁵⁵, por tanto se volvería una tarea tediosa. Finalmente se descartó al realizar las entrevistas con los trabajadores en las salidas de campo, en las cuales manifestaron que se debe realizar una selección inicial en el arbusto y solo se recolectan las moras que tienen una consistencia firme (las que no cumplen con esta condición están dañadas y presentan enfermedades^{156 157}). Además deben tener una tonalidad adecuada porque la mora no es climatérica¹⁵⁸ y cada baya que se extraiga verde es una menos en la siguiente cosecha.

Los diseños que se plantearon fueron formales, con el propósito de disminuir el margen de error por probabilidad de fallo, el cual está asociado al número de piezas que componen un sistema. Además, se buscó eliminar los posibles espacios en los cuales pueda darse un cultivo de microorganismos, debido a que se puede contaminar la mora y las plantas a cosechar. También se consideró que las propuestas debieran ser usadas en pronación, porque se realiza menos esfuerzo muscular con agarres de este tipo¹⁵⁹.

¹⁵⁴ AREVALO PEÑARANDA, Emilio, et al. Manejo fitosanitario del cultivo del mora (*Rubus glaucus* Benth) Medidas para la temporada invernal. Bogotá. 2011. Pag 32.

¹⁵⁵ ICONTEC. Norma Técnica NTC 1406, Frutas frescas, Mora de castilla, Especificaciones. 1993. pp. 24.

¹⁵⁶ AREVALO PEÑARANDA, Emilio, et al. Manejo fitosanitario del cultivo del mora (*Rubus glaucus* Benth) Medidas para la temporada invernal. Bogotá. 2011. Pag 32.

¹⁵⁷ ICONTEC. Norma Técnica NTC 1406, Frutas frescas, Mora de castilla, Especificaciones. 1993. pp. 24.

¹⁵⁸ LÓPEZ GONZÁLEZ, Jairo y GÓMEZ SANTOS, Raúl. Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado compilación. CORPOICA. Rio Negro. 2008. pp. 138.

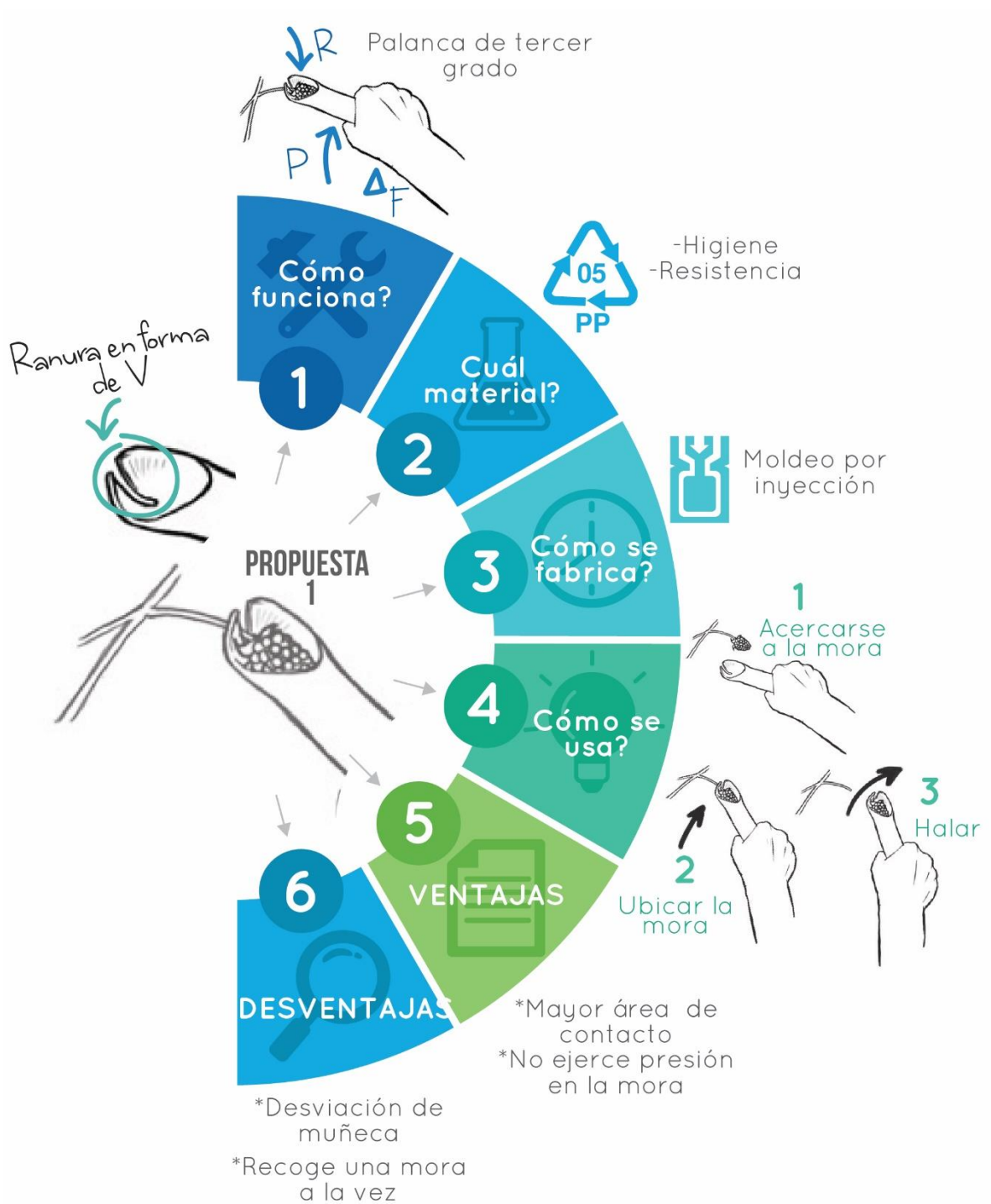
¹⁵⁹ MARADEI GARCÍA, María F.; DELGADO GAMBOA, Adriana C. y ESPINEL CORREAL, Francisco. Influencia de la postura durante el corte de flores en la fuerza de aprehensión. Revista de Salud Pública. Vol. 14. N° 3. 2012. pp. 458-467.

La propuesta 1 se presenta a continuación en la Figura 70, es una sola pieza que conformaría la cabeza de la herramienta, con una concavidad de doble curvatura; tiene una ranura en forma de “V” y permite sujetar el tallo de la mora y desprenderla, para que posteriormente ruede hasta el contenedor.

Esta solución se basa en una palanca de tercer grado como se evidencia en el numeral uno de la Figura 70; donde P es la fuerza aplicada por la mano, R la resistencia representada en la fuerza necesaria para arrancar un fruto y F es fulcro o punto de apoyo que estaría en la muñeca.

Una desventaja de la propuesta 1, es la desviación de muñeca que se presenta al momento de agarrar la herramienta para jalar el fruto y que se muestra en la Figura 70 en el numeral 4, pero que se puede ser eliminado con modificaciones formales al incluirse la curva de desviación en la forma de la herramienta tal como lo sugieren los manuales de ergonomía.

Figura 70 Propuesta 1, extracción del fruto.



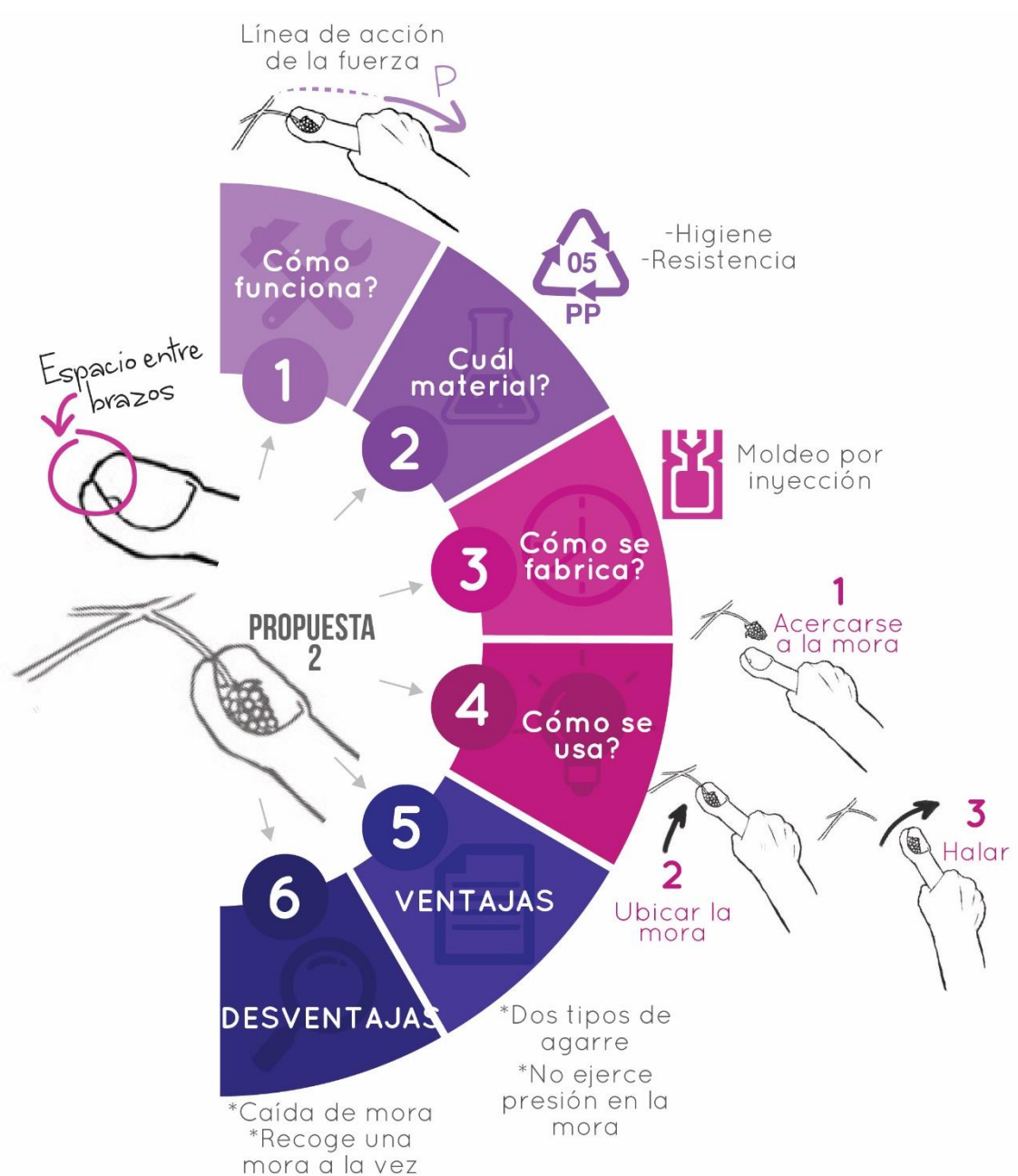
Este tipo de pieza con mangos largos, permite alejar al usuario del factor de riesgo (Espinas) ya que no se tiene contacto directo con el fruto o el arbusto, pero que al

aumentarse la distancia se reduce la precisión que tiene el trabajador para recolectar la mora.

La propuesta 2 también es de una sola pieza como se muestra en la Figura 71, en forma de pinza con dos brazos de doble curvatura y una sección abierta semicircular, en donde se ubica la mora para proceder a halarla y así desprenderla de la rama para luego desplazarse hasta el contenedor como se explica en la Figura 71 del numeral 4. Esta forma es abierta en la parte donde terminan las pinzas, para que pueda pasar el pecíolo de la planta y no quede atascado en la herramienta o se vaya con la mora.

A diferencia de la propuesta 1, la propuesta 2 se basa en la línea de acción de la fuerza, en este caso la realizada por el trabajador como se muestra en el numeral 1 de la Figura 71. Sin embargo, por la forma abierta a ambas caras, hay una probabilidad de que la mora pase derecho, que será verificada al momento de probar el principio en el cultivo de mora.

Figura 71 Propuesta 2, extracción del fruto.



Finalmente, la propuesta 3 que se muestra en la Figura 72 se compone de dos ejes con cerdas al final y sección abierta donde se ubica la mora y se jala para desprenderla, esta opción cuenta con tres pares de cerdas a cada lado, ubicados en triángulo para una mejor distribución como se explica en la Figura 72. Sin

embargo, se presenta una gran desventaja, por el desgaste de las fibras poliméricas, a causa del uso, lo que debe representar para el trabajador piezas de cambio o reparación.

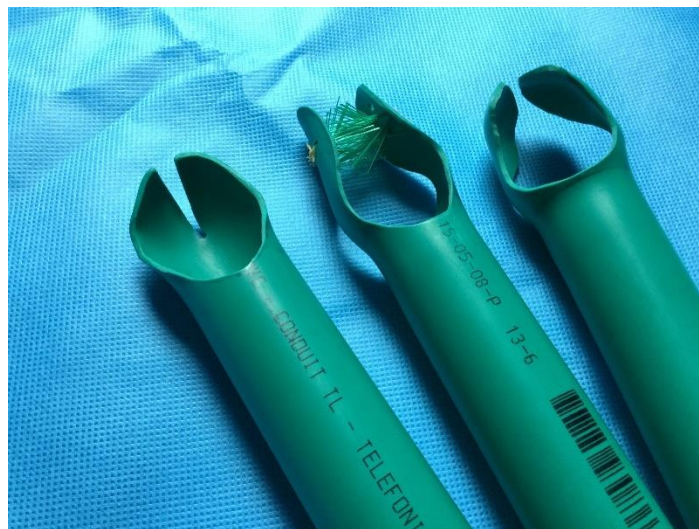
Figura 72 Propuesta 3, extracción del fruto.



A diferencia de las propuestas 1 y 2, este cabezal se compone de más piezas, pero con la ubicación actual el nacimiento de las cerdas no tiene contacto con la mora como se muestra en la Figura 72 en el numeral 4, por lo cual la posibilidad de acumulación de microorganismos o suciedad es mínima, además las cerdas irán insertadas dentro del material de la cabeza en la manufactura industrial. Al igual que la propuesta 2, también utiliza la línea de acción de la fuerza. Además de presentar una sección mucho más ancha en la entrada del tubo para una adecuada ubicación del fruto y el riesgo de caída.

Otra ventaja que tienen estas tres propuestas de la Figura 73, respecto a la forma tradicional, es la eliminación del gesto de pinza para agarrar la mora ya que se pasa de un agarre de precisión a un agarre de fuerza. Y una desventaja general para las tres propuestas es que el trabajador no puede tocar la mora para verificar su estado según la consistencia, él debe guiarse por el color de la mora para reconocer si se encuentra dañada o con enfermedades.

Figura 73 Propuesta 1, 3 y 2, extracción del fruto.



7.3.2 Sujeción al usuario y Almacenamiento Para este ítem se propusieron dos alternativas para ser usadas mientras se encuentran realizando la actividad de cosecha. Inicialmente la sujeción al usuario, para ello se indagó y se propuso un cinturón de cadera que permite eliminar las cargas en la espalda presentes en el actual canasto¹⁶⁰, de esta forma el peso se distribuye en la pelvis y de ésta se transmite a las piernas¹⁶¹; las cuales presentan mayor fuerza en relación a los brazos, que se debe porque en las piernas están los músculos y huesos más grandes y largos de todo el sistema^{162 163}. De hecho para deportes como el boxeo los movimientos que se realizan para dar un golpe son pivotes y giros que se transmiten desde las piernas^{164 165}.

En estudios realizados a atletas de alto rendimiento, donde se buscaba determinar la fuerza máxima, potencia máxima y fuerza explosiva, aplicada por las extremidades inferiores, los resultados demostraron que el rendimiento deportivo y potencia tienen una relación significativa, entendiéndose la potencia como el resultado de la fuerza aplicada por la velocidad del movimiento¹⁶⁶, también se encontró que la potencia mayor se daba al momento de encontrar una equilibrio entre fuerza y velocidad mediante partes iguales, contrario a lo que se creía que a mayor fuerza se lograba una mayor potencia; el promedio de fuerza máxima en

¹⁶⁰ EARLE RICHARDSON, Giulia, *et al.* An ergonomic intervention to reduce back strain among apple harvest workers in New York State. *Applied Ergonomics*. Vol. 36. 2005. pp. 327–334.

¹⁶¹ BUSQUET, Léopold. *Las cadenas musculares: Miembros inferiores*, Quinta Edición. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2004. pp. 216.

¹⁶² BUSQUET, Léopold. *Las cadenas musculares: Miembros inferiores*, Quinta Edición. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2004. pp. 216.

¹⁶³ También aplicando la segunda ley de la dinámica, que dice que la fuerza es igual a masa por aceleración

¹⁶⁴ BUSQUET, Léopold. *Las cadenas musculares: Tronco, columna cervical y miembros superiores*, séptima Edición. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2004. pp. 177.

¹⁶⁵ GALÁN, Fermín. *Boxeo: Es un libro de texto destinado a los institutos de cultura física*. Ráduga. Madrid. 1998. pp. 308.

¹⁶⁶ BALSALOBRE FERNÁNDEZ, Carlos, *et al.* Relación entre potencia máxima, fuerza máxima, salto vertical y sprint de 30 metros en atletas cuatrocientistas de alto rendimiento. *Apunts Educación Física y Deportes*. N° 180 – 2. 2012. pp. 63-69.

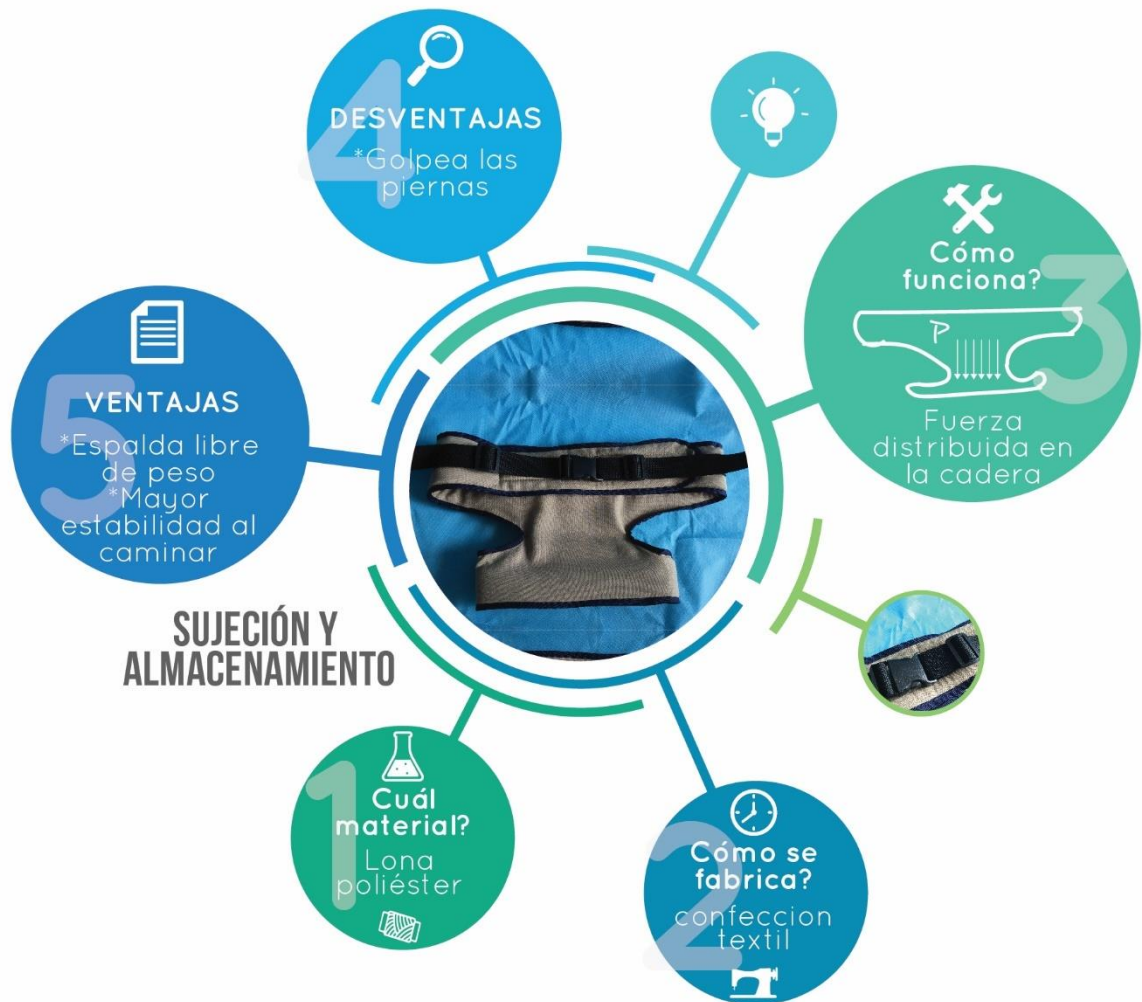
media sentadilla fue de 185 kilogramos para hombres y 137 Kilogramos para mujeres.

Además de lo anterior se consideró las cargas que se sugieren en los manuales de ergonomía, sobre el peso máximo que debe levantar una persona con sus brazo el cual se estableció en 23 kg como límite de carga en 1991¹⁶⁷, el cual se busca eliminar con el diseño propuesto, por lo que la carga ya no va a las extremidades superiores y espalda, sino va directo a las piernas.

Continuando la propuesta 4 en la Figura 74, es un cinturón que consta de velcro y una hebilla Clic Clac para ajusta al usuario mediante riatas, el cual tiene unas asas adicionales para sujetar la canasta que en éste caso sería un único contenedor, para ubicarse en la parte trasera de la persona para que pueda inclinarse y moverse más libremente

¹⁶⁷ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. 2002. Pag 54.

Figura 74 Propuesta 4, Sujeción y almacenamiento



Se propone en lona poliéster con un acolchonado en espuma de polietileno de 5 mm para mayor comodidad del usuario, todo el cinturón se compone de una sola pieza la cual consta de curvas para las transiciones de las diferentes funciones, debido a que en éstas los esfuerzos se reducen en comparación a las rectas¹⁶⁸, lo

¹⁶⁸ BUFFA, Wilson. Física, Quinta edición. Pearson. México. 2003. pp. 920.

que va a prolongar la vida de uso de la pieza como se explica en la Figura 74 numeral 3.

Sin embargo una desventaja que esta relacionada con las dimensiones del contenedor, que debe permitirle al trabajador cargar 13 kg de mora, es el pivotar de la canasta sobre su centro de masa que golpea la pierna del trabajador y que se ve reflejado en un estrés en el área de contacto con la extremidad, es decir cada vez que él de un paso el contenedor golpeará sus piernas y este movimiento en una jornada de tres hora dará como resultado incomodidad¹⁶⁹.

Por ello la propuesta 5 divide el contenedor en dos con capacidad de 6 kg cada uno y que iría con el cinturón de la Figura 75, el cual ubica los contenedores a los lados del cuerpo evitando el golpe, ya que el movimiento de oscilación se daría paralelo a la vista lateral del cuerpo y no contra este.

¹⁶⁹ WOLFGANG, Laurig y JOACHIM, Vedder. Ergonomía: Herramientas Y Enfoques. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 2010. pp. 2-102.

Figura 75 Propuesta 5, Sujeción y almacenamiento.



Además de una mejor distribución del peso sobre las piernas¹⁷⁰, la propuesta 5 cuenta con el mismo sistema de ajuste a la persona y el contendor; teniendo en cuenta que el macho del velcro está en la parte interna del cinturón; para que llegado el caso de ser una persona de talla muy ancha, la parte de la correa que tendría velcro y no hizo contacto con el macho, no maltrate al usuario ya que correspondía a la hembra del agarre. Pero la desventaja se evidencia en que, si el trabajador llena

¹⁷⁰ BUSQUET, Léopold. Las cadenas musculares: Miembros inferiores, Quinta Edición. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2004. pp. 216.

primero el derecho o el izquierdo, perderá el equilibrio debido a que su cuerpo tendera a irse en la dirección en la que se encuentre él que está lleno, por esto se debe alimentar cada canasto de igual forma.

Cabe mencionar que tanto para la propuesta 4 como la 5, la sección que une la parte superior e inferior del cinturón presenta un área grande, para que la fuerza del peso de los contenedores llegue en carga distribuida a la cadera y no de forma puntual lo cual podría ocasionar un dolor localizado como se explica en la Figura 75 numeral 3, a parte de las ventajas de resistencia del material.

Este cambio en cuanto a donde se va a localizar la carga del contenedor la cual paso de ubicarse en los hombros y cintura a la cadera, se realizó teniendo en cuenta que el cuerpo humano obedece a tres leyes: equilibrio, economía y confort; que hace alusión a las posturas que opta el cuerpo para acomodarse y que están guiadas por estos tres criterios ya que siempre busca que sus sistemas (parietal, visceral, hormonal, etc.) estén en equilibrio con respecto a su funcionamiento acompañado de un estado de confort, sin olvidar economizar energía y procesos, que como lo menciona Léopold Busquet en su libro las cadenas musculares: “nuestro confort y nuestro equilibrio se pagan con un gasto superior de energía, que se traduce en un estado de fatiga más importante” ¹⁷¹ lo que se veía reflejado con la canasta tradicional que intercambiaban para mayor comodidad.

Para el almacenamiento que se complementa las propuestas anteriores, se optó por una forma orgánica; tanto para los 13 y 6 kg, esto con el fin de evitar las aristas y esquinas porque en estas zonas se acumula más fácilmente el mugre y desechos

¹⁷¹ BUSQUET, Léopold. Las cadenas musculares: Tronco, columna cervical y miembros superiores, séptima Edición. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2004. pp. 177.

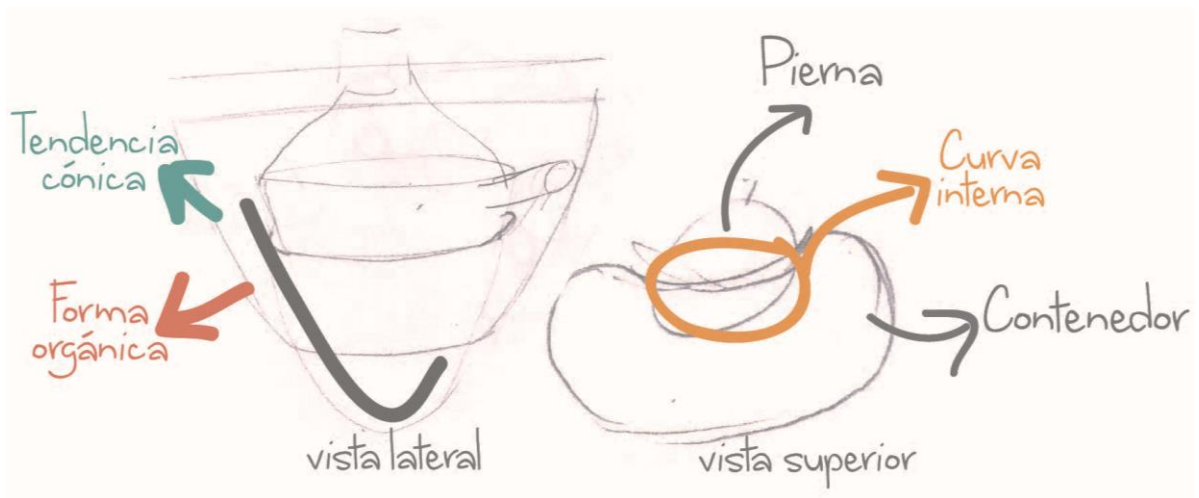
como se aprecia en la Figura 76, lo cuales contienen microorganismos y se dificulta el acceso para limpieza ya sea con esponjas o trapos debido a la geometría.

Figura 76 Catabra



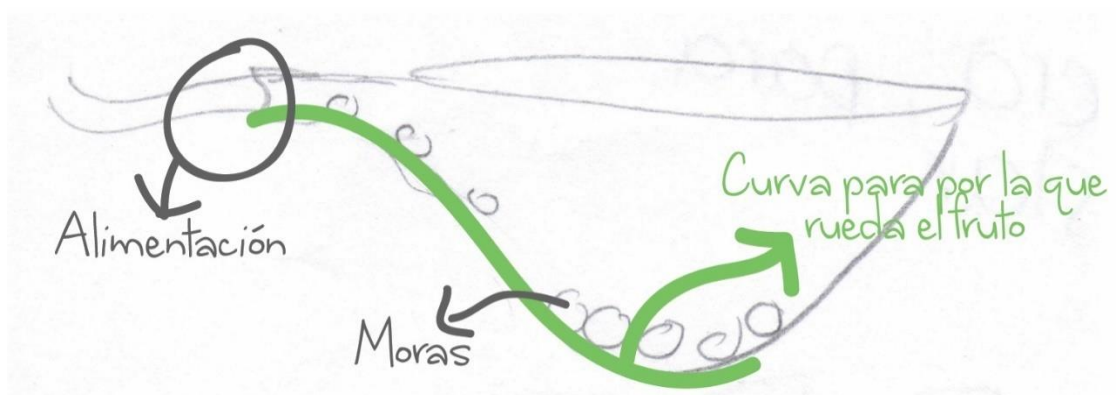
Además con una tendencia cónica, para mejorar el centro de masa de la pieza ($2/3$ de altura total) y así esté más cerca de la cadera para mayor estabilidad al encontrarse lleno y una curva interna en la pared que hace contacto con la pierna o la parte trasera del cuerpo para que se apoye en una mayor área como se muestra en la Figura 77.

Figura 77 Contenedor propuesto.



Para el caso de la propuesta 4, la alimentación llegará por un lado para permitirle a las moras rodar sobre la curva del borde de la pieza como se muestra en la Figura 78 y no se presente una caída libre y en los contenedores laterales es decir la propuesta 5 estará ubicada en la parte frontal, con respecto a usuario.

Figura 78 Contenedor propuesta tanto para la propuesta 4 como 5.



El material en el cual se fabricará el recipiente es caucho de silicona para alimentos por moldeo por inyección como se muestra en la Figura 78, este se caracteriza por

ser flexible, pero conservando la forma; esto le permitirá al trabajador tener mayor libertad al momento de desplazarse o ubicar, pero sin maltratar la mora ya que mantiene la forma y las moras no tienen que hacer fuerza para lograr la forma, como en el caso de una bolsa plástica, donde su forma la determina su contenido.

Figura 79 Cubeta de hielos fabricado en caucho de silicona para alimentos.



Este material inerte no permite la generación de hongos o bacterias en su superficie y gracias a que el contenedor es de boca ancha fácilmente se puede voltear y limpiar facilitando el trabajo de higiene. Además de presentar mayor vida útil respecto a otros termoplásticos como el PET Y PE.

Finalmente, como el contenedor va a ir separado respecto al cinturón, él cuenta con una cintura para que la correa se agarre mejor, para ello es necesario que, en el desarrollo de la correa, ésta no se encuentre paralela sino en un ángulo, para que al momento de cerrarse esta quede inclinada y no vertical.

7.3.3 Llevar al contenedor Actualmente se realizan movimientos de flexión de codo y aducción del hombro para llevar la mora al cesto como se evidencia en la Figura

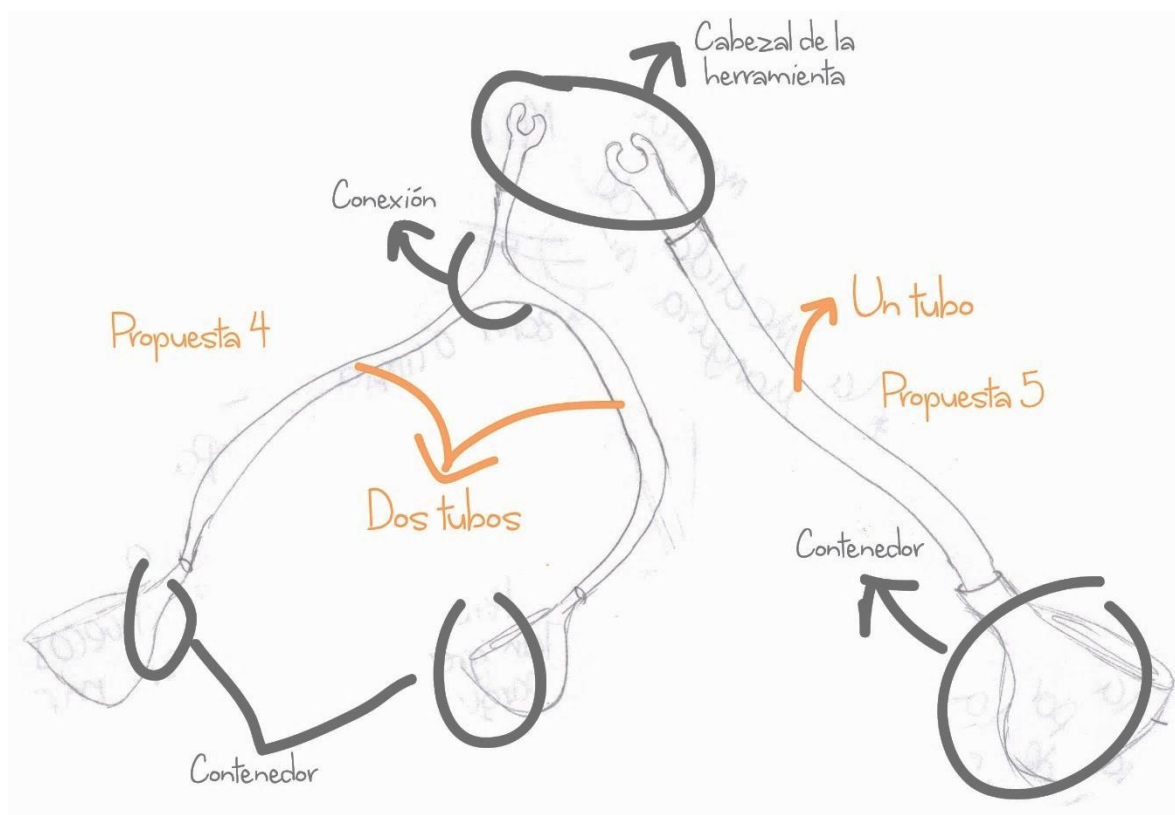
80, lo cual se hace cada 3 o 4 moras cortadas del arbusto, por ello se propone la eliminación de estos gestos al incorporar un tubo que va desde la herramienta hasta el contenedor y de esta forma el trabajador se ahorrará estos movimientos repetitivos.

Figura 80 Campesino llevando moras al canasto.



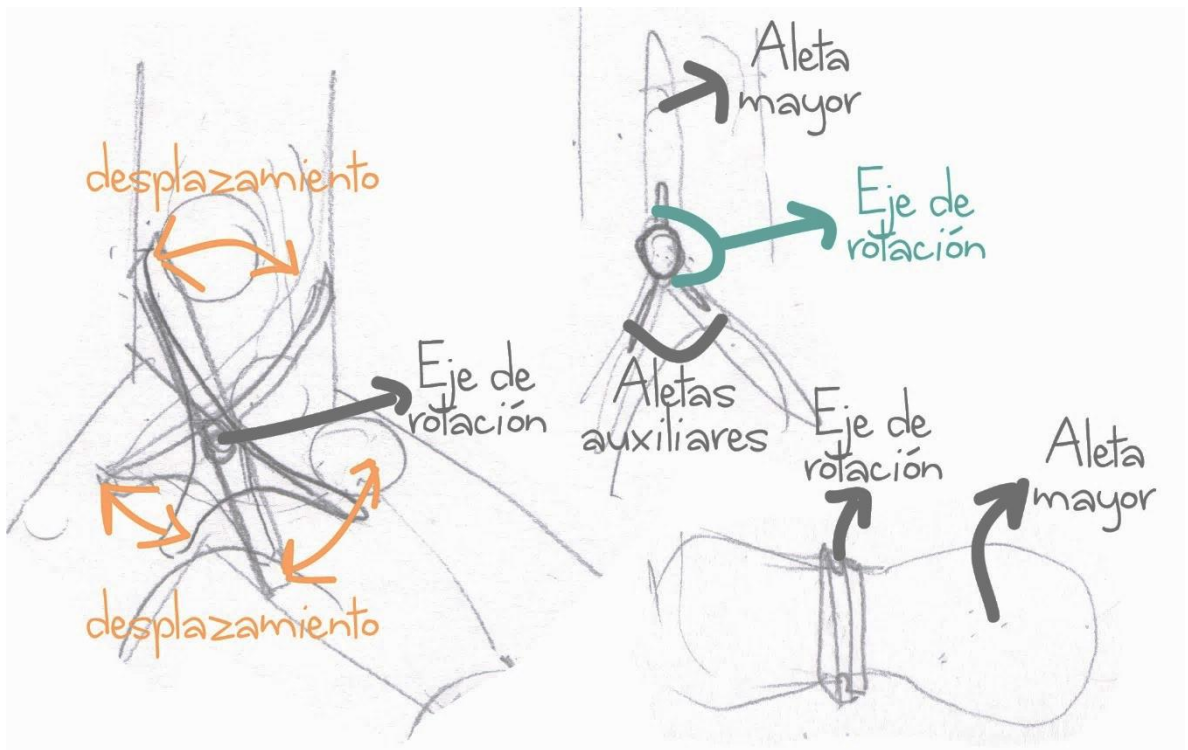
Como se plantean uno o dos contenedores, esto significa que pueden ser una o dos mangueras que hagan la conexión. En el caso de ser uno, iría directamente desde la cabeza de la herramienta hasta el contenedor, pero si son dos debe haber una conexión para que desde la herramienta salgan para los dos compartimentos como se muestra en la Figura 81, inicialmente se pensó en no controlar la dirección en la cual rodaban las moras, pero al revisar las grabaciones realizadas en campo se descartó ya que en la mayoría de las posturas las moras tenderían a irse todas hacia un solo lado lo que aumentaría el desequilibrio.

Figura 81 Propuestas de distribución de llevar al contenedor.



Se planteó un mecanismo encargado de administrar la orientación de las moras para la propuesta 5, si van a la derecha o izquierda el cual se compone de una pieza con aspas que iría en la cabeza de la herramienta y mediante un eje de rotación cambiaría la dirección. En la Figura 82, se muestra la articulación encargada de evitar la caída aleatoria de las moras en los contenedores; cuenta con tres paletas de material flexible (el mismo planteado para el contenedor), el aspa principal se caracteriza por ser la más larga, grande y flexible del conjunto, debido a la sección transversal delgada, con el objetivo de que al pivotar sobre el eje ésta tome la forma del tubo y no golpee el fruto con sus bordes. Las otras dos aspas son mucho más pequeñas y son las encargadas de cambiar la dirección, que se da porque estas son empujadas por las moras entrando al contenedor como llaves de paso.

Figura 82 Mecanismo de rotación para controlar la dirección de las moras.



En cuanto al material del tubo, inicialmente se pensó en una manguera para realizar la conexión, pero debido a la dificultad en la limpieza se optó por malla, la cual daba más ligereza visual y permite apreciar si alguna mora se queda atorada, además de su facilidad para lavar.

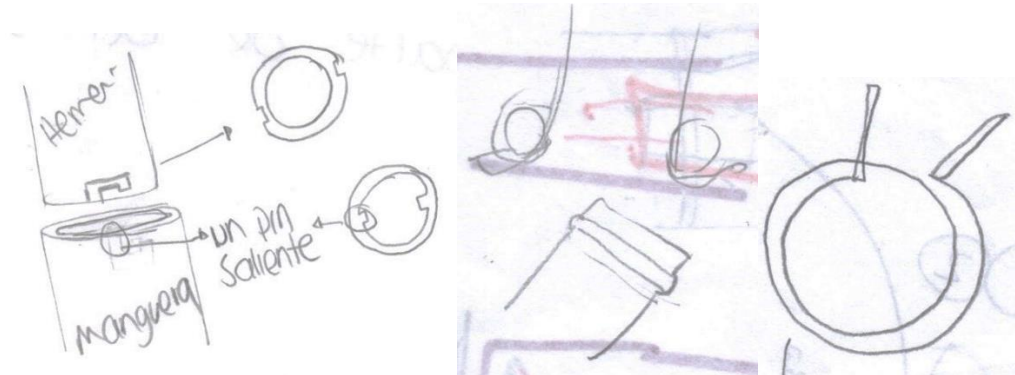
Para ello se empezó una búsqueda de mallas polimérica y fibras, que se pudieran utilizar para este propósito, las que mejor se adaptaban a los requerimientos se muestra en la Figura 83, se probaron en el cultivo al mirar cómo se desplazaban las moras y como se podían acoplar al resto de la herramienta.

Figura 83 Mallas disponibles en el mercado.



En cuanto a las uniones que se presentan con el canasto y la herramienta se plantaron inicialmente con acoples rápidos mediante pines como en la Figura 84 a la izquierda, pero al descartarse los tubos flexibles y empezar a mirar malla las cuales no tiene estructura suficiente como para este tipo de empalme, se cambiaron a abrazadera rápidas como las de la Figura 84 a la derecha, mediante un cuello en los extremos de las mallas.

Figura 84 Unión mediante pines y abrazaderas rápidas.



Finalmente para determinar el largo de tubo se utilizó la longitud de alcance máximo vertical menos la altura codo flexionado a 90°, para un percentil 95, 50 y 25 tanto

para hombres como para mujeres¹⁷², para garantizar que la distancia sea suficiente y le permita al usuario inclinarse, estirarse y moverse sin quedar corto de longitud de manguera. A continuación, se muestra las ventajas generales de la propuesta del tubo para el sub problema en la Figura 85.

Figura 85 Llevar al contenedor mediante un tubo.



7.4 MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACIÓN

¹⁷² MARADEI, Fernanda; ESPINEL, Francisco M. y PEÑA L., Astrid. Datos Antropométricos para el diseño: Región Nororiental colombiana 2008. Ediciones Universidad Industrial de Santander. 2008. pp. 111.

La propuesta definitiva se propone con los siguientes materiales y procesos de fabricación. Que para este caso el agarre y la extracción del fruto estarían en una sola pieza.

Figura 86 Procesos y materiales de la propuesta.



7.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la selección de las alternativas, se realizaron modelos rápidos de cada una de las propuestas. Para la cabeza de la herramienta se utilizó tubo de PVC de usos eléctricos, debido a su fácil mecanizado y termo-formado, donde se realizaron cada una de las particularidades de cada alternativa como se muestra en la Figura 87.

Figura 87 Propuesta de la cabeza de la herramienta en PVC.



Como había una posibilidad de caída de fruto en dos de las tres propuestas, se llevó una pieza plástica para ser adaptada a la herramienta en caso de presentarse dicha situación como en la Figura 87 en la parte derecha. El cinturón se fabricó en lona poliéster con agarres de la forma propuesta, a diferencia de los contenedores los cuales se usaron botellas de capacidad de un galón adaptadas para representar el principio de la alternativa, por ende, se hizo una línea de silicona en la agarradera para aumentar la fricción entre los materiales y así evitar que las pimpinas se deslizaran tal como se ve en la Figura 88.

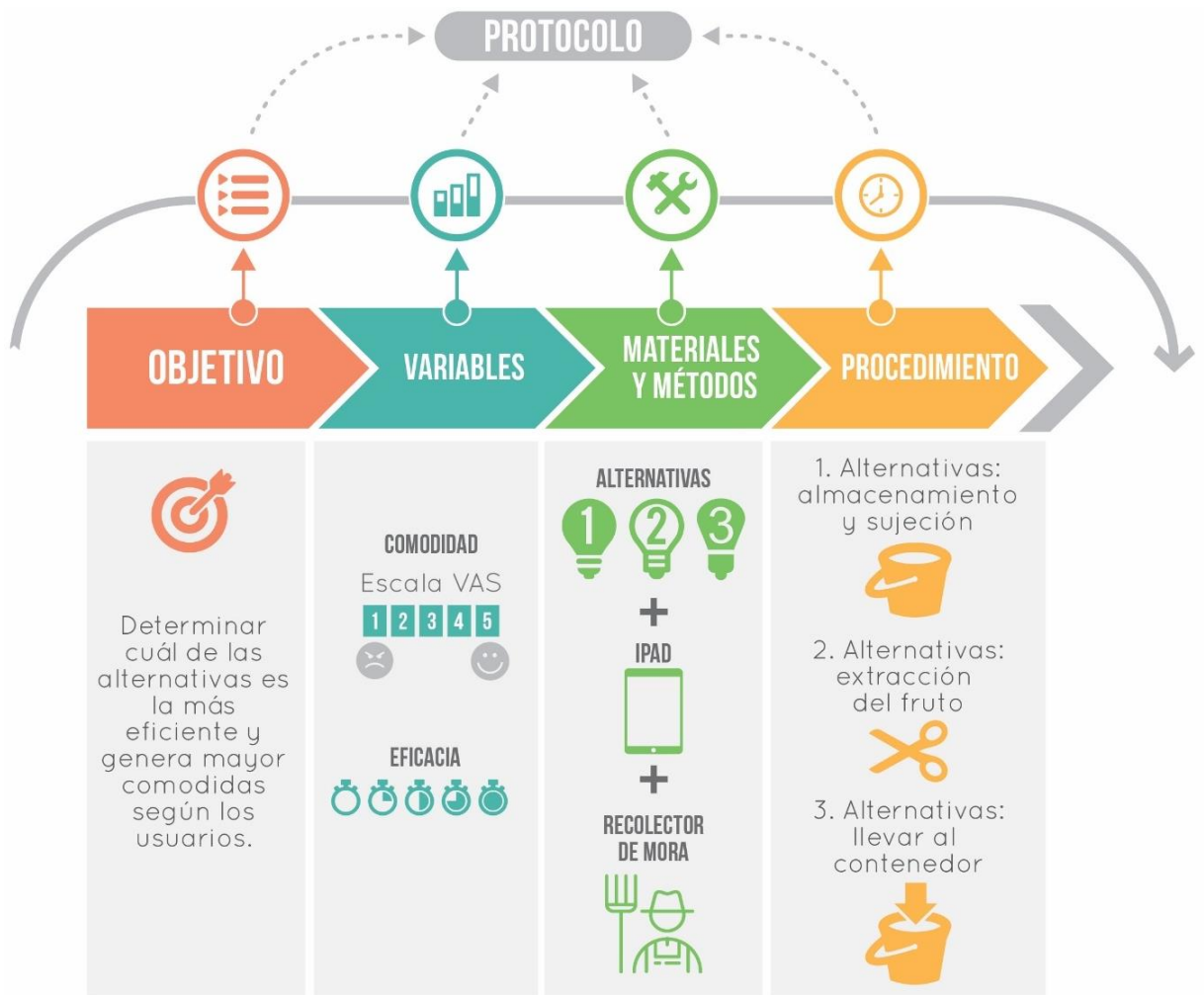
Figura 88 Propuestas del cinturón de ajuste a la cadera, botellas adaptadas y silicona antideslizante.



Y para la propuesta de un solo contenedor se realizó al combinar el cinturón con la canasta que normalmente ellos usan ya que se buscaba filtrar cuál era la propuesta que mejor se desempeñaban en el ambiente y la comodidad que manifiesta el campesino al momento del uso para luego refinar la seleccionada. Para el caso de las mallas, se llevaron todas las que se encontraron en el mercado que cumplían con las especificaciones y así observar si el desplazamiento de las moras se daba de forma eficiente.

7.5.1 Protocolo de selección de alternativas La selección de los conceptos se realizó siguiendo el protocolo de la Figura 89, donde la comodidad se midió en escala VAS mediante una entrevista y la eficacia midiendo el tiempo que demoraban realizando la tarea.

Figura 89 Protocolo selección de Ideas de Diseño.



7.5.2 Pruebas de selección de alternativas En marzo 14 de 2017 se visitó el cultivo de mora ubicado a las afueras de Bucaramanga vía a Cúcuta, para realizar la prueba de validación en terreno real de cada una de las alternativas propuestas. Lamentablemente esta fecha coincidió con el rendimiento más bajo del año ya que

solo se recogieron 6 kilogramos de mora en toda la mañana producto de la pérdida que se da en temporada de lluvias que viene acompañada de heladas¹⁷³.

Se probó cada una de las alternativas por individual y no en conjunto; para valorar la eficiencia de forma particular, además de no intervenir de forma drástica en las labores del usuario, iniciando con el cinturón hasta finalmente las mallas.

La propuesta de sujeción al usuario con un solo recipiente, fue la primera en probarse, para ello se le solicitó al trabajador que se retirara el canasto del hombro y se procedió a ubicar el recipiente y la correa (propuesta con un solo contenedor). Sin embargo, el trabajador duro menos de un minuto antes de solicitar el retiro del cinturón, debido a que la catabra es muy grande y llegaba hasta las rodillas, lo que ocasionó un golpe con el borde del canasto en esta zona, además de que al sacudirse se volcaba, lo que daba como resultado que todas las moras terminaran en el piso, a la par de esto la persona manifestó un alto grado de incomodidad y escepticismo respecto a la ayuda del cinturón.

Se retiró esta propuesta y luego se le sugirió probar el otro tipo de distribución de peso, se puso la segunda propuesta y los respectivos contenedores, la cual no se retiró sino hasta el final de su jornada, manifestando un alto grado de comodidad y el estar dispuesto a la posibilidad de implementarse de forma permanente en su trabajo como se muestra en la Figura 90. Pero se vio una deficiencia en cuanto a la ubicación ya que el trabajador pensó que era para ubicar en la cintura, por ello se requirió intervención para indicar la posición adecuada.

¹⁷³ BEJARANO M., Ana Delia. Guía para la producción de Frutales de clima frío moderado. Corporación Latinoamericana Misión Rural. Pag 80.

Figura 90 Prueba de alternativa con el cinturón de dos recipientes.



Posteriormente se procedió con los diferentes cabezales, iniciando con el que no tenía riesgo de caída es decir la propuesta 1 que se presenta en la Figura 91, en un primer instante no manifestó comentarios, pero al intentar retirar una o dos moras desistió de seguir intentando al decir que era sumamente ineficiente ya que debía sostener la rama y luego acomodar la pieza y finalmente halar, lo que le tomaba alrededor de 12 segundos que no se comparaban a los 2 segundos que normalmente gasta, además de esto se quedaban atrapados ápices en la ranura de la herramienta por lo cual desistió de su uso.

Figura 91 Propuesta 1 extracción del fruto.



Siguiendo con las propuestas de extracción del fruto, la siguiente fue la que poseía cerdas es decir la propuesta 3 y que se aprecia en la Figura 92, al intentar retirar moras estas se caían como se había pensado, lo que rápidamente llevo a ubicar la pieza de plástico en la parte posterior para evitar esto. Nuevamente se utilizó para retirar la baya, pero con esta tardaba el doble de tiempo que la anterior y de la misma forma tenía que sostener la rama y luego ubicarla. Otro inconveniente que se presentó fue que al halar no solo se quitaba la mora, sino que también se arrancaba parte del tallo y las hojas que estaban cerca y las cerdas se enredaban con gran facilidad en las espinas.

Figura 92 Propuesta 3 de extracción del fruto.



Finalmente, la que peor se desempeño fue la propuesta 2 en la Figura 93, que tardo casi un minuto en poder desprender una mora y al igual que la propuesta 3 se debió cerrar la parte posterior porque también se caía la mora. Al igual que en las anteriores dos el trabajador manifestó su inconformidad con respecto al rendimiento y optimización del tiempo.

Figura 93 Propuesta 2 de extracción del fruto.



Para terminar con la comprobación se probaron las diferentes mallas poliméricas y fibrosas, por las cuales debía desplazarse la mora para llegar desde la herramienta hasta el contenedor. En las plásticas la mora quedaba atrapada, de hecho, no rodaba así que todas se atascaron a la entrada e incluso al agitar y sacudirlas no lograban avanzar más de 10 cm. En cuanto a la que era en tela las moras rodaban más que en las otras, pero se debía sacudir y cuando se doblaba estas quedaban atrapadas en la curva porque se cerraba el paso como se muestra en la Figura 94.

Figura 94 Mallas para desplazar la mora.



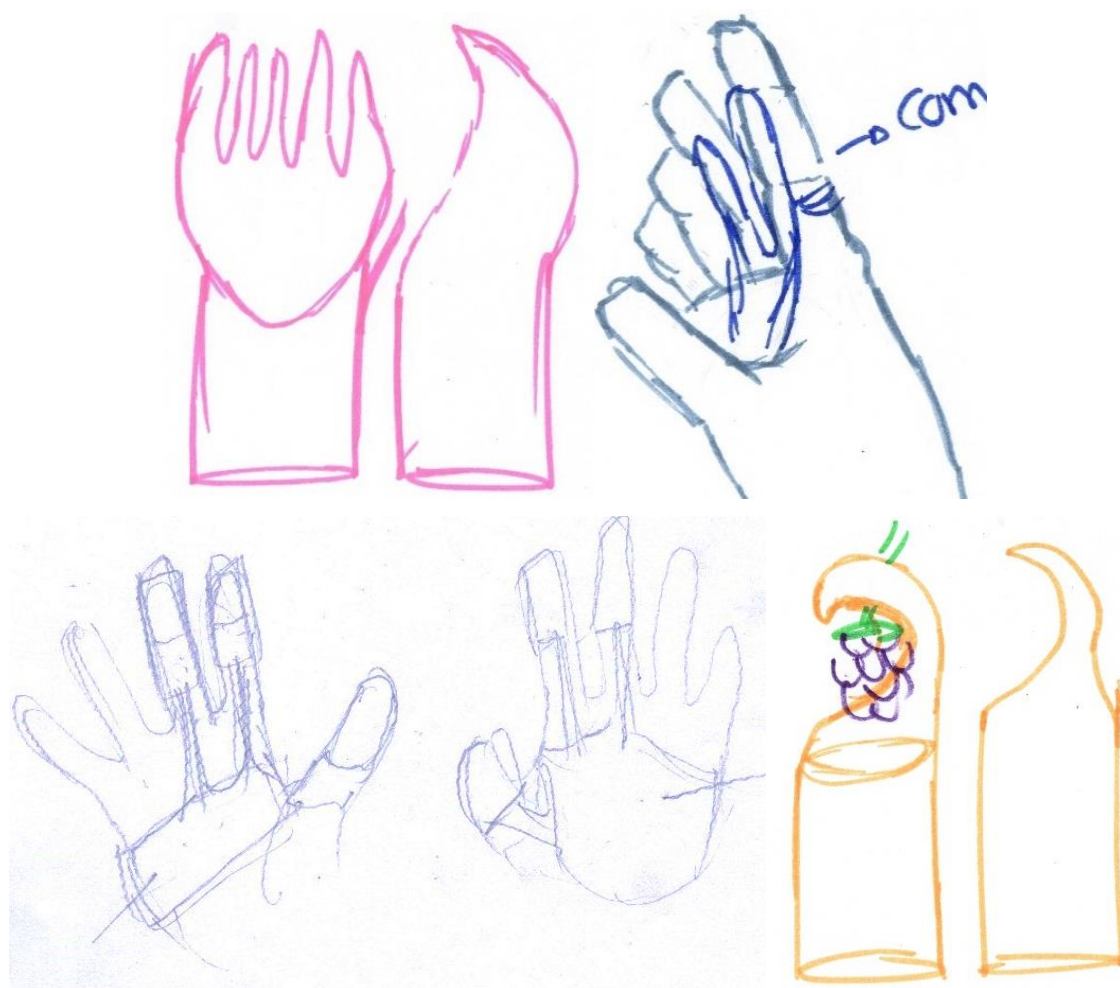
El resultado de esta jornada dio como prioridad la modificación total de la pieza que hacía contacto con la mora para desprenderla, por su alto grado de ineficiencia al demorarse mucho más tiempo realizando la tarea. Modificar el material para la parte de la herramienta que iba a llevar el fruto al contenedor y finalmente ajustar detalles del cinturón de doble canasta debido a que fue el que ofrecía mayor comodidad y aceptación.

7.6 AJUSTES DE LAS ALTERNATIVAS. EXTRACCIÓN DEL FRUTO

Luego de un análisis del problema y el material fotográfico recogido en las salidas de campo, se optó por cambiar totalmente el principio que regía las alternativas para la extracción del fruto, las cuales buscaban alejar al usuario del factor de riesgo a costa de la precisión.

Por ello se plantearon nuevas alternativas para esta tarea, las cuales se muestran en la Figura 95, que empezaban con pequeñas modificaciones de configuración formal hasta ideas totalmente diferentes.

Figura 95 Nuevas propuestas de extracción del fruto.



Donde posteriormente se filtraron basándose en los hallazgos de la selección de las alternativas enunciada en el numeral 7.5. Se consideró la mano como un instrumento altamente eficiente¹⁷⁴ donde la herramienta debe magnificar sus atributos y no competir contra estos, lo que se evidencia al momento de realiza la labor de cosecha en tiempos bajos.

¹⁷⁴ NARANJO O., Jeannette, *et al.* Parámetros de normalidad en fuerzas de prensión de mano en sujetos de ambos sexos de 7 a 17 años de edad. *Revista Chilena de Pediatría*. Vol. 80. N° 5. 2009. pp. 435-443.

Finalmente se propuso integrar la pieza del cabezal de la herramienta que tuvo el mejor desempeño es decir la propuesta 1, con un nuevo diseño de guantes con materiales y forma para aumentar la vida útil con respecto a los que usan actualmente

Para materializar la idea, se empezó a indagar sobre materiales y procesos de fabricación, por lo que se desechó los materiales poliméricos por los casos de alergia que se observaron en las primeras visitas de campo. En consecuencia se optó por lonas para el guante, por lo que se debe hacer un desarrollo en plano para llegar a un volumen con costuras.

Una vez definido el principio se realizaron diez modelos rápidos en polipropileno expandido comúnmente llamado Borland que se muestran en las Figura 96 a la 103, para definir el patrón de costura de los guantes y de ahí empezar a modificar atributos de guante para resaltar las características que ayudan en la cosecha de la mora.

Figura 96 Modelo rápido de patronaje para guantes.

Inicialmente se desarrolló un modelo de 3 piezas individuales, una era el pulgar, otra la palma y otra el dorso, pero se presentó un inconveniente ya que no daba suficiente espacio para introducir los dedos.



Luego se procedió con un desarrollo con más piezas, para este había seis piezas, las tres adicionales eran tirar para agregar entre dedos para generar más espacio para entrar las falanges.

Figura 97 Modelo rápido de patronaje para guantes.



Figura 98 Modelo rápido de patronaje para guantes.

Posteriormente se siguió trabajando con esa cantidad de piezas, pero se empezó a modificar la forma para dar zonas para mejor ventilación como un orificio en la palma.



Se identificó que dada la naturaleza de los materiales que se iban a usar, se debía implementar una zona con mayor flexibilidad por ello se empezó a manejar la palma de la mano con un material menos rígido.

Figura 99 Modelos rápidos de patronaje para guantes.



Figura 100 Modelo rápido de patronaje para guantes.

Entre las piezas que se identificaron que debían ser más flexibles están el pulgar, la palma y las tiras entre dedos.



Figura 101 Modelo rápido de patronaje para guantes.

Otra forma que se empezó a trabajar era la transición de la muñeca donde se debía dar una boca amplia para que entrara la mano en el guante.



Figura 102 Modelo rápido de patronaje para guantes.

Otra distribución que se planteó para las zonas flexibles fue dejar las piezas entre dedos regidas ya sea entre todos los dedos o solamente entre el índice y el corazón.



Figura 103 Modelo rápido de patronaje para guantes.

Finalmente se optó por dejar la palma, el pulgar y la tiras entre dedos en material flexible y el dorso en material regido.



Partiendo de que los dedos principales son el pulgar, índice y corazón, pero que se debía darles independendia a todos, a diferencia de otros diseños propuestos como el de la rosa de mosqueta silvestre de la Figura 104, el cual integro en un solo compartimiento el meñique, anular y corazón.

Figura 104 Modelos rápidos de guantes.



Finalmente se seleccionó un patrón el cual se podía ajustar fácilmente para diferentes tallas y daba un adecuado movimiento a cada uno de los dedos. Luego se procedió con la selección y ubicación de las pestañas auxiliares que facilitaban

la cosecha de mora que se observan a continuación en la Figura 105, donde se partió de la forma de la propuesta 1 y se fue evolucionando la forma y el material para implementarse en los guantes, tal como se muestra el desarrollo a continuación.

Figura 105 Pestañas para facilitar halar la mora.



Una vez se miraron varias configuraciones y dimensiones de las pestañas de material polimérico donde se miraba la ubicación en dos o tres falanges, pero que se descartó en 3 dedos ya que incomodaba en la movilidad y obligaba a mantener los dedos separados. Finalmente se decidió ubicarlas solo en el índice y el corazón, además del tamaño de las falanginas y en las dos manos, que aunque la mayoría de la población es diestra en esta labor, la ventaja de tener una herramienta

ambidestra es que en caso de cansancio en la mano dominante se puede intercambiar¹⁷⁵.

El movimiento de pinza se reemplazó por un movimiento de halar con los dos dedos de las pestañas, ya que permite usar los músculos que cierran la mano, que son más fuertes que los que la abren¹⁷⁶.

Una vez definido todos estos factores que intervienen, se procedió a la fabricación de un modelo más elaborado, para lo que se tuvo en cuenta dos diferentes tipos de lona, una con un mayor porcentaje de polímero; tejido grueso para la parte del dorso de la mano (esto en función a que en las observaciones que se realizaron, esta parte presentaba mayor deterioro) y una lona delgada para la palma que permitía mayor movilidad además de protección. Asimismo se adicionó un relleno de 2 mm para todas las piezas en espuma de poliuretano compuesto. Este prototipo incluía una pieza adicional en forma de bolsillo para ubicar la entrada de la alimentación del tubo el cual transporta las moras al contenedor con ajuste en el antebrazo con velcro. Este prototipo requirió un elemento adicional para facilitar la entrada de las moras al tubo, el cual se hizo pensando en embudos, como se aprecia en la Figura 106.

¹⁷⁵ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

¹⁷⁶ MONDELO, Pedro R., *et al.* Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo. Ediciones UPC. Barcelona. 2001. pp. 246.

Figura 106 Elemento de entrada a la alimentación del tubo.



A continuación, se muestra la primera propuesta de guante con materiales reales en la Figura 107.

Figura 107 Propuesta del guante sin la adaptación de las piezas plasticas.





En las fotos se puede observar la ubicación de la pieza de color verde que da la entrada al tubo, los diferentes materiales que dan la flexibilidad, además del velcro que da el ajuste en el antebrazo.

Sin embargo, se presentaron inconvenientes ya que el relleno conservaba el calor lo que provocaba demasiada sudoración y el acolchado le resto dimensiones lo que ocasionó partes muy grandes y zonas estrechas que restringían el movimiento, por lo que se fabricó otro modelo dando mayores holguras, mejorando el ajuste en el brazo para dar mayor movilidad y se retiró el acolchonado en algunas zonas para

mejorar la flexibilidad del guante y permitir una mejor refrigeración, además de agregar las pestañas poliméricas, en la Figura 108.

Figura 108 Segunda propuesta de Guante.



Sin embargo, se sobredimensiono la zona de los dedos, aunque permitía una mejor movilidad y manejo. Por lo que se confecciono un tercer par de guantes, pero para estos se implementó un nuevo material para reemplazar las zonas azules de los prototipos anteriores, porque la tela se enredaba con gran facilidad en las espinas lo que incomodaba al momento de recoger la mora, las pestañas poliméricas se cosieron para un mejor agarre de la pieza y se agregó un caucho para un mejor agarre de la pieza verde que es la entrada al tubo que conduce las moras al contenedor como se ve en la Figura 109.

Figura 109 Propuesta tres de guantes con pestañas cosidas.



Y se fabricó el resto de las piezas del sistema para la validación mostradas en las Figuras 110 y 111, con varias modificaciones con respecto a los modelos anteriores; el cinturón se le aumentó el relleno de 5 mm a 10 mm; para mejorar la comodidad del usuario, se agregó una sección en la parte inferior del cinturón donde se ubicó un elástico con una llave Clic-Clac para ajustar en la pierna y mejorar el lenguaje de uso (evitar el ajuste en la cintura y promoverlo en las caderas) y se le retiró el segundo seguro con riata para mejorar la forma de quitar y poner el cinturón.

Figura 110 Cinturón para dos compartimientos.



En cuanto a las piezas de entrada y el tubo, estas se fabricaron en PVC mediante cortes y termo formado como se muestra en la Figura 111. Para el tubo se seleccionó un material rígido acordonado para dar mayor movilidad pero que al momento de darse una curva estrecha deja pasar las moras sin maltratarlas.

Figura 111 Tubos y piezas de entrada para el transporte de la mora.



Y finalmente los contenedores se fabricaron en etil vinil acetato (EVA), ya que el caucho de silicona para alimentos solo se puede trabajar con procesos industriales como inyección y extrusión además de requerir catalizadores¹⁷⁷. Esta condición requiere de moldes en metal para realizar el proceso, por tanto aumentaba excesivamente el costo; por ello se simuló el material con EVA, el cual ofrece una flexibilidad y resistencia similar al material propuesto, se muestra en la Figura 112.

¹⁷⁷ ASHBY, Michael F. Materials Selection in Mechanical Design Second Edition. Butterworth-Heinemann. Gran Bretaña. 1999. pp. 534.

Figura 112 Contenedores en EVA.



8 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA FINAL DE DISEÑO

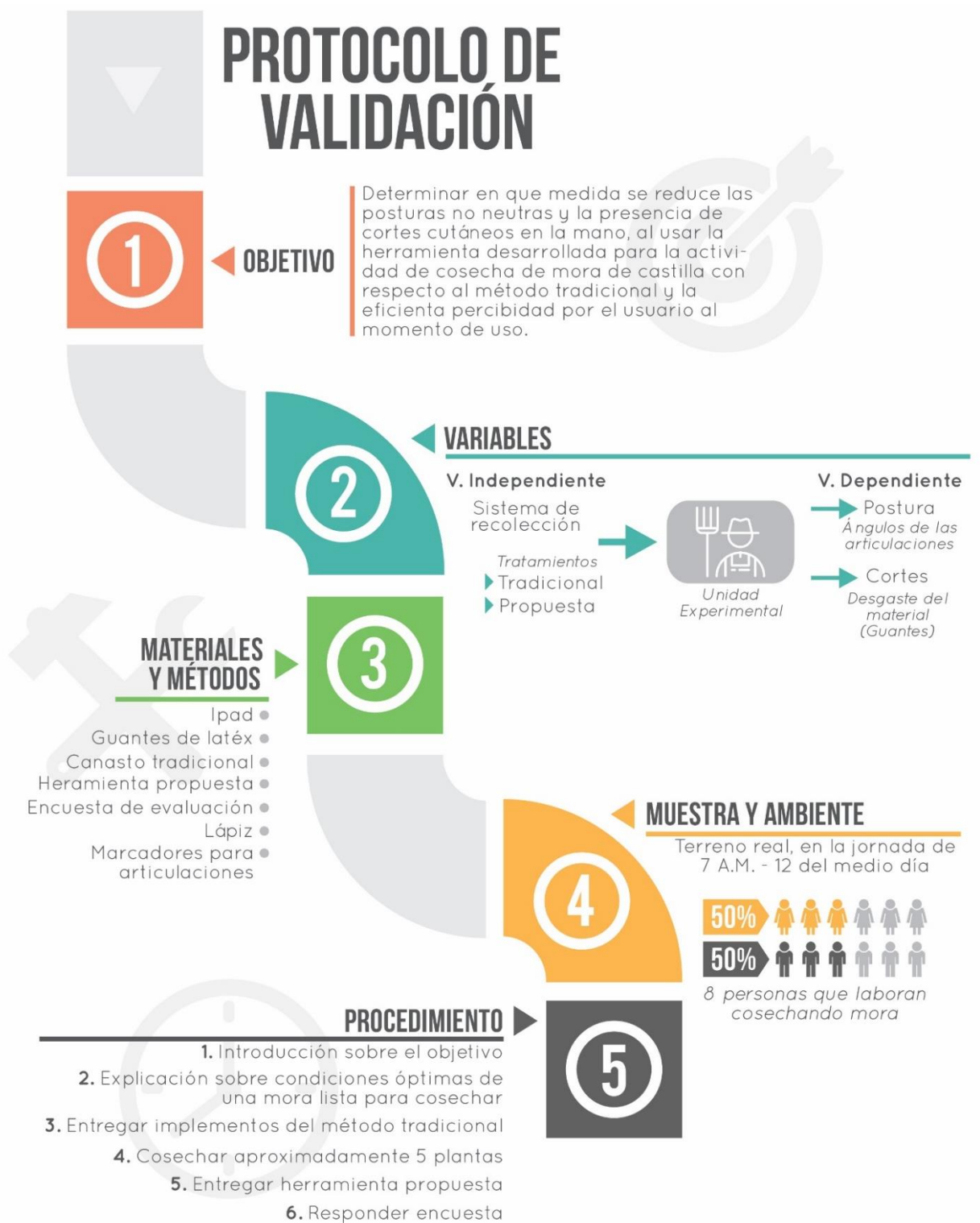
Para completar el diseño se realizó una validación del concepto en su totalidad, para ello se retomó la pregunta de diseño: ¿En qué medida se reduce las posturas no neutras y la presencia de cortes cutáneos en la mano, al usar la herramienta desarrollada para la actividad de cosecha de mora de castilla con respecto al método tradicional? lo que es una comparación entre el método tradicional y la herramienta propuesta. A continuación, el protocolo de la prueba en la Figura 113.

En este protocolo se establecieron como variable independiente la forma como se recoge la mora con dos tratamientos; el tratamiento 1 corresponde al método tradicional con canasta y guantes de látex y tratamiento 2 es el sistema de recolección propuesto en esta tesis. Para ello establecieron las variables dependientes postura y presencia de cortes.

La postura se midió con los rangos de los ángulos articulares que se forman al realizar la tarea, para esta medición se realizaron grabaciones en vista lateral y posterior del trabajador mientras realizaba la tarea con los dos tratamientos antes mencionados y con un posterior análisis del material grabado en un software especializado en análisis postural dinámico y estático, que se detalla más adelante.

Para la presencia de cortes se optó por un estudio observacional del deterioro del material en el cual estaba fabricado los guantes para los dos tratamientos.

Figura 113 Protocolo de validación.



8.1 VARIABLES

Las variables dependientes se dividen en posturas y cortes. Para medir las posturas se realizaron tomas con una cámara de video, en vistas lateral y posterior del trabajador mientras recolectaba de 4 a 5 plantas para cada tratamiento; las vistas lateral se alternaron entre derecha e izquierda entre plantas, posteriormente se utilizó el software libre Kinovea¹⁷⁸, con el cual se puede analizar ángulos y trayectorias de movimiento principalmente, este se utilizó para realizar un análisis estático de las diferentes posiciones que los participantes optaron a lo largo de la prueba y para luego hacer el análisis estadístico en el software Microsoft Excel¹⁷⁹. Para este caso de estudio, las tomas se realizaron de los ángulos que se forman entre las diferentes secciones del cuerpo.

Una vez se seleccionó el método de procesamiento de datos y definido previamente las posturas neutrales, se procedió a seleccionar las articulaciones de estudio, para ello se ubicaron puntos de referencia en el cuerpo humano como se muestra en la Figura 114, para que el programa detectara donde se encontraban las articulaciones y como debían ser los rangos a tomar.

Como las dolencias y modificaciones se realizaron para objetos ubicados en el plano superior del cuerpo, los puntos de referencia se ubican de la cadera hacia arriba para las dos vistas.

¹⁷⁸ Disponible en: <https://www.kinovea.org/>.

¹⁷⁹ Aplicación de hojas de cálculo que forma parte de la suite de oficina Microsoft Office.

Figura 114 Puntos somatometricos del cuerpo.



Para la vista posterior se utilizaron los puntos somatometricos sobre la vértebra L5 y otro sobre la T12 y en la vista lateral se marcaron los puntos trocánter, ilíaco, acromial, radial y estiloides cubital como se muestran en la Figura 114.

8.1.1 Ángulos articulares a medir La herramienta hace su intervención de la cadera hacia arriba, por ello se seleccionaron los siguientes movimientos para marcar los rangos de los ángulos:

- Flexión de espalda: la toma se realiza midiendo el ángulo que forman la espalda al inclinarse hacia adelante, con una línea de referencia totalmente vertical en una vista lateral de la persona, donde el punto de referencia es el trocánter para el vértice y el otro el acromial.

Figura 115 Flexión de espalda.



- Extensión de espalda: la toma se realiza midiendo el ángulo que forman la espalda al inclinarse hacia atrás, con una línea de referencia totalmente vertical en una vista lateral de la persona, donde el punto de referencia es el trocánter para el vértice y el acromial.

Figura 116 Extensión espalda.



- Desviación lateral izquierda de espalda: la toma se realiza midiendo el ángulo que forman la espalda al inclinarse hacia la izquierda, con una línea de referencia totalmente vertical en una vista posterior de la persona.
- Desviación lateral derecha de espalda: la toma se realiza midiendo el ángulo que forman la espalda al inclinarse hacia la derecha, con una línea de referencia totalmente vertical en una vista posterior de la persona.
- Flexión de brazo: la toma se realiza midiendo el ángulo que forma la línea que une el codo y el acromial con respecto al hombro y el trocánter, cuando el codo se encuentra al frente del cuerpo.

Figura 117 Flexión de brazo.



- Extensión de brazo: la toma se realiza midiendo el ángulo que forma la línea que une el codo y el acromial con respecto al hombro y el trocánter, cuando el codo se encuentra atrás del cuerpo.

Figura 118 Extensión de brazo.



- Flexión de antebrazo: la toma se realiza midiendo el ángulo que forma la línea que une el codo y la muñeca, con respecto a la línea que forma el acromial y el radial.

Figura 119 Flexión de antebrazo.



- Flexión de muñeca: la toma se realiza midiendo el ángulo que forma la línea que une el radial y estiloides cubital, con respecto a la línea que forma la

muñeca y la punta de los dedos. Aproximando la superficie palmar a la superficie anterior del antebrazo.

- Extensión de muñeca: la toma se realiza midiendo el ángulo que forma la línea que une el radial y estiloides cubital, con respecto a la línea que forma la muñeca y la punta de los dedos. Aproximando el dorso de la mano a la superficie posterior del antebrazo.

8.2 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA DE VALIDACIÓN

La primera sección de la validación fue el 4 de abril de 2017, se realizó con trabajadores que aceptaron participar. Se aplicó el protocolo de validación descrito anteriormente; se empezó con el método tradicional para luego probar la herramienta propuesta como se aprecia en la Figura 120.

Figura 120 Primera validación.



Sin embargo, al momento de aplicar el cambio de movimiento de pinza por el de halar, se presentaron inconvenientes ya que se negaba a cambiar el gesto, por lo que realizaba el gesto de pinza con el nuevo guante y se dificultaba por las pestañas plásticas.

Después de intervenir y explicar los beneficios que le proporcionaría cambiar la forma de agarrar la mora, el trabajador manifestó que desde siempre había cosechado la mora de esa forma y por ello no se podía agarrar de ninguna otra forma que no fuera el gesto de pinza, ya estaba acostumbrado y tenía práctica en realizarlo así. Lamentablemente se debió interrumpir totalmente la prueba, aunque en las observaciones el trabajador pudo realizar sin inconvenientes la tarea, este se negó a realizarla de nuevo y manifestó su inconformidad con respecto a los guantes.

Finalmente se retiró todos los implementos unos minutos después de colocados y no se insistió. Posteriormente analizando la situación se concluyó que se debía a una resistencia al cambio, que es normal en poblaciones con bajo nivel de escolaridad, debido a que genera un golpe cultural en cuanto a su trabajo. Se propone que este proyecto debe continuar en una fase 2, que consistiría en implementar estrategias que permitan realizar exitosamente la transferencia de la tecnología, dadas las ventajas ergonómicas que presenta.

Por ello se programó otra validación para el día 11 de abril de 2017. Se realizó sobre terreno y en condiciones reales, sin embargo la población utilizada no tenía experiencia o conocieran del proceso de cosecha de mora y que no fueran diseñadores industriales. Pero conservando las características demográficas presentadas en el numeral 4.3 del presente documento.

Posteriormente en el análisis con software antes mencionado, debido a las condiciones del terreno y las tomas de los videos, se descartaron los datos de

flexión y extensión de muñeca, porque en la mayoría no se apreciaba la articulación ya que la mano se ocultaba entre las hojas y tallo de la planta.

Por lo que a continuación se describe lo realizado para las tomas que se conservaron. Para esta prueba participaron 5 personas las cuales se muestran en la Figura 121 y en la Tabla 1 se muestran sus datos demográficos, donde S1 significa sección uno, más el número del sujeto. En la parte inferior de la tabla se encuentran los promedios de las diferentes columnas, los cuales están dentro de los rangos de la población de estudio.

Tabla 1 Descripción demográfica de la población participante de la prueba, sección uno.

	Sexo	Edad (Años)	Estatura (Mt.)	Peso (Kg)	IMC	Mano dominante
S1-1	M	25	1.7	75	25.95	Izquierda
S1-2	M	37	1.7	95	32.87	Izquierda
S1-3	F	25	1.67	55	19.72	Derecha
S1-4	F	23	1.68	70	24.80	Derecha
S1-5	F	27	1.64	60	22.31	Derecha
	40% M - 60% F	27.4	1.678	71	25.13	40% I - 60% D

Figura 121 Participantes de la sección 1.



El 22 de abril de 2017, se realizó una nueva validación, pero solamente con dos participantes que se muestran en la Figura 122, donde se implementaron algunas modificaciones en el guante para dar mayor movilidad y que se especifican más adelante.

Figura 122 Participantes de la sección 2.



Y en la Tabla 2 se da la descripción demográfica, la cual coincide con las especificaciones antes mencionada. Donde S2 significa sección dos más el número del participante.

Tabla 2 Descripción demográfica de la población participante de la prueba, sección dos.

	Sexo	Edad (Años)	Estatura (Mt.)	Peso (Kg)	IMC	Mano dominante
S2-1	F	21	1.58	52	20.83	Derecha
S2-2	M	23	1.7	62	21.45	Derecha
	50% M - 50% F	22	1.64	57	21.14	100% D

Las dos validaciones se realizaron en la finca ubicada vía a Cúcuta, en las zonas del municipio de Tona, la cual posee una extensión de media hectárea de cultivo de mora en edad productiva con especímenes de más de dos años de edad, además de presentar un relieve plano con zonas inclinadas.

La Tabla 3, muestra los promedios de los datos demográficos de los participantes de la sección uno y la sección dos.

Tabla 3 Descripción demográfica de la población participante de las dos secciones.

	Sexo	Edad (Años)	Estatura (Mt.)	Peso (Kg)	IMC	Mano dominante
S1	2 M – 3 F	27.4	1.678	71	25.13	2 I – 3 D
S2	1 M - 1 F	22	1.64	57	21.14	2 D
	57% F - 43% M	24.7	1.66	64	23.14	28% I - 72% D

8.3 TABULACIÓN Y RESULTADOS

El análisis se realizó teniendo en cuenta los fotogramas que proporcionaba la cámara (30 fotogramas por segundo); para evitar las sombras del movimiento que se generan al editar un video a mayor frecuencia de la que trae y que provoca un sesgo en la prueba. Se tomaron datos cada 10 fotogramas (1/3 de segundo) para cada participante, a excepción del S1-2; debido a que realizó la tarea mucho más rápido por ende se analizó posturas cada 5 fotogramas (1/6 de segundo) y en cada cuadro (fotos cada 1/3 o 1/6 de segundo) se midieron los ángulos antes mencionados.

Cabe mencionar que debido a la naturaleza de los ángulos, hay unos que no se presentan en la misma toma, como una flexión y extensión de espalda porque son opuestos. También se realizó una selección de videos ya que parte del material no correspondían a vistas laterales o posteriores, sino eran en $\frac{3}{4}$ o perspectiva producto del desplazamiento que se realiza entre plantas y que no pertenecía al objeto de estudio. Además de esto, se analizó solo cuando se cortaba una mora, por lo que se despreció el desplazamiento entre el cultivo.

Las tomas para cada momento estudiado de cada participante se presentan a continuación en las tablas 4 a 10, junto con los promedios de los diferentes ángulos articulares de cada uno de los tratamientos. Donde se observa el ángulo límite tanto superior como inferior que registro cada participante en las diferentes extremidades. En las siguientes tablas flexión (F), Extensión (E), desviación lateral izquierda (DLI) y desviación lateral derecha (DLD), se ubican según las siglas mencionadas y finalmente está el promedio de los datos registrados junto a la desviación estándar muestral de la toma.

En la Tabla 4 se registraron los datos obtenidos para el participante uno de la primer a sección, donde no se registraron datos de brazo y antebrazo en el tratamiento dos debido a que el material de video no correspondía con las especificaciones antes mencionadas.

Tabla 4 Datos obtenidos para el participante uno de la sección uno.

S1-1	Tratamiento 1 - Tradicional							Tratamiento 2 - Herramienta propuesta						
	Brazo		Antebrazo	Espalda				Brazo		Antebrazo	Espalda			
	F	E	F	F	E	DLI	DLD	F	E	F	F	E	DLI	DLD
Min	0	0	37	0	0									5
Max	59	56	139	23	17									5
Promedio	26.75	37	95.15	13.6	9.14									5
Desviación Estándar Muestral	16.18	32.05	24.25	8.47	4.26									0
M 1	51		92		7									5
M 2	45		94		8									5
M 3	29		104		7									
M 4	28		117		5									
M 5	40		100	0	0									
M 6	50		68	23										
M 7	24		85	17										
M 8		56	139	15										
M 9		55	126	13										
M 10	45		91		9									
M 11	28		83		14									
M 12	19		94		17									

Continuación de la Tabla 4.

M 13	15		103	12
M 14	11		98	12
M 15	14		92	11
M 16	14		88	15
M 17	15		82	13
M 18	31		37	12
M 19	28		47	12
M 20	59		65	7
M 21	46		74	11
M 22	0	0	119	3
M 23	2		119	6
M 24	14		115	10
M 25	14		122	7
M 26	20		120	3

En la Tabla 5, se muestran los datos del participante dos de la primera sección, para éste hay una división para las tomas ya que se realizarón en diferentes inclinaciones de terrenos.

Tabla 5 Datos obtenidos para el participante dos de la sección uno.

S1-2	Tratamiento 1 - Tradicional							Tratamiento 2 - Herramienta propuesta						
	Brazo		Antebrazo	Espalda				Brazo		Antebrazo	Espalda			
	F	E	F	F	E	DLI	DL D	F	E	F	F	E	DL I	DL D
Min	14	4	30	0	0	8		63		32			3	
Max	84	15	116	55	21	12		81		57			17	
Promedio	47.9	9.6	78.75	29.1	8.8	10		73.5		43.59			9.2	
Desviación Estándar Muestral	14.8	4.8	21.35	12.7	7.7	2.8		6.08		7.19			3.6	

M 1	39		81	28				64		50			10	
M 2	22		97	24				65		45			17	
M 3		13	115	20				65		44			12	
M 4		5	116	13				63		52			14	
M 5	43		68	22				69		42			12	

Continuación de la Tabla 5

M 6	56	48	26	79	33	5
M 7	56	37	20	78	37	3
M 8	52	52	26	80	46	4
M 9	54	55	31	81	32	8
M 10	37	71	25	79	36	7
M 11	7	112	24	76	41	8
M 12	15	112	14	78	38	6
M 13	54	80	28	77	39	11
M 14	47	85	29	76	49	8
M 15	49	78	27	73	57	9
M 16	45	78	28	73	52	11
M 17	45	80	27	75	48	12
M 18	45	82	26			
M 19	56	86	40			
M 20	27	107	31			
M 21	28	96	28			
M 22	50	93	33			
M 23	65	63	37			
M 24	62	63	38			
M 25	57	67	37			
M 26	44	93	34			
M 27	31	102	29			
M 28	46	84	30			
M 29	62	58	34			
M 30	65	58	35			
M 31	60	62	35			
M 32	56	74	34			
M 33	34	93	26			
M 34	19	97	23			
M 35	25	92	24			
M 36	84	30	0	0		
M 37	76	39	0	0		
M 38	61	71	0	0		
M 39	52	101		1		
M 40	50	73		2		
M 41	67	48	54			
M 42	64	57	53			
M 43	55	77	55			
M 44	37	96	52			
M 45	36	88	52			
M 46	34	75	16			
M 47	14	96	15			
M 48	14	107	21			

Continuación de la Tabla 5.

M 49	55	51	13
M 50	51	65	10
M 51	37	80	14
M 52	4	106	14
M 53	8		
M 54	12		

En la Tabla 6 se muestran los datos del participante 3, donde se realiza la misma división dependiendo del tipo de terreno en el cual que se realizó la tarea y que serán explicados más adelante en el numeral 8.3.1 del presente documento.

Tabla 6 Datos obtenidos para el participante tres de la sección uno.

S1-3	Tratamiento 1 - Tradicional							Tratamiento 2 - Herramienta propuesta						
	Brazo		Antebrazo	Espalda				Brazo		Antebrazo	Espalda			
	F	E	F	F	E	DLI	DLD	F	E	F	F	E	DLI	DLD
Min	3	14	23	0	0			10	21	6	1			
Max	107	54	141	17	7			64	81	21	13			
Promedio	58.26	31.46	75.38	7.76	3			38.54	54	13.86	5			
Desviación Estándar Muestral	30.86	12.31	31.91	4.59	2.37			13.12	18.43	5.70	4.86			
M 1	64		85	0	0			64	21	19				
M 2	69		83	5				58	26	21				
M 3	64		84	3				41	41	9				
M 4	67		89	4				10	77	10				
M 5	62		84	4				33	55		1			
M 6	65		90	5				35	50		2			
M 7	62		96	5				33	56		2			
M 8	56		96	6				34	53		9			
M 9	13		125	8				42	47		13			
M 10	46		59	8				42	59	18				
M 11	58		50	17				36	56	14				
M 12	35		82	16				30	80	6				
M 13		14	135	13				43	81		3			
M 14		43	57	15										
M 15		20	23	11										

Continuación de la Tabla 6.

M 16	26	131	11	
M 17	46	68	12	
M 18	42	75	11	
M 19	37	73	8	
M 20	39	74	9	
M 21	30	81	7	
M 22	32	120	10	
M 23	39	58	10	
M 24	19	25	14	
M 25	37	87	6	
M 26	17	141	4	
M 27	48	50	0	0
M 28	30	26		2
M 29	54	85	6	
M 30	107	28	11	
M 31	78	67	13	
M 32	28	117	5	
M 33	16	130	4	
M 34	32	88		2
M 35	35	97	0	0
M 36	12	120	5	
M 37	68	74	7	
M 38	87	48	6	
M 39	105	28	1	
M 40	102	34	2	
M 41	104	33	3	
M 42	100	38	3	
M 43	96	53	2	
M 44	99	49	3	
M 45	79	67	7	
M 46	3	89	5	
M 47	5	51	3	

Continuando en la Tabla 7 se muestran los datos del participante cuatro el cual presenta la misma diferenciación entre los terrenos cultivados tanto para el tratamiento uno como para el dos.

Tabla 7 Datos obtenidos para el participante cuatro de la sección uno

S1-4	Tratamiento 1 - Tradicional							Tratamiento 2 - Herramienta propuesta						
	Brazo		Antebrazo	Espalda				Brazo		Antebrazo	Espalda			
	F	E	F	F	E	DLI	DLD	F	E	F	F	E	DLI	DLD
Min	17	37	0	0	0	3		27		29	12			
Max	158	185	119	23	11	13		87		144	69			
Promedio	96.42	105	63.94	11.11	4.1	8.25		41.82		115.82	26.27			

Desviación Estándar Muestral	35.37	63.04	39.01	9.25	4.28	3.88		21.25	42.50	20.01
------------------------------	-------	-------	-------	------	------	------	--	-------	-------	-------

M 1	123		0	5				29	144	25
M 2	95		59	0	0			28	139	20
M 3		59	103		2			28	138	19
M 4		185	40		11			27	132	12
M 5		155	58		11			32	136	14
M 6		89	110		8			42	125	15
M 7		37	93		3			36	131	15
M 8	103		14	23				40	130	20
M 9	109		8	21				31	138	17
M 10	109		20	20				80	32	63
M 11	103		28	14				87	29	69
M 12	99		75	14						
M 13	98		74	3						
M 14	158		94	0	0					
M 15	97		90		1					
M 16	46		119		3					
M 17	17		102		2					
M 18						9				
M 19						9				
M 20						13				
M 21						11				
M 22						12				
M 23						6				
M 24						3				
M 25						3				

En la Tabla 8 se presentan los datos del último participante de la sección uno, el cual conserva las diferencias entre terrenos cultivados.

Tabla 8 Datos obtenidos para el participante cinco de la sección uno.

S1-5	Tratamiento 1 - Tradicional							Tratamiento 2 - Herramienta propuesta						
	Brazo		Antebrazo	Espalda				Brazo		Antebrazo	Espalda			
	F	E	F	F	E	DLI	DLD	F	E	F	F	E	DLI	DLD
Min	7	3	22	0	0			47		49	10			
Max	82	51	130	41	18			80		145	63			
Promedio	47.52	27.77	69.51	19.86	8.96			66.7		105.7	48.6			

Desviación Estándar Muestral	27.19	14.40	24.76	12.81	6.11			10.01		27.48	15.54			
------------------------------	-------	-------	-------	-------	------	--	--	-------	--	-------	-------	--	--	--

M 1	67		51	0	0			76		49	53			
M 2	74		49	8				76		103	50			
M 3	74		50	11				80		88	54			
M 4	81		49	15				72		92	55			
M 5	80		72	25				47		109	52			
M 6	75		55	22				64		115	58			
M 7	82		48	25				57		145	63			
M 8	74		55	23				68		143	57			
M 9	21		113	15				61		111	34			
M 10		20	107	11				66		102	10			
M 11	57		62	35										
M 12	59		65	41										
M 13	57		70	40										
M 14	51		72	35										
M 15	54		73	36										
M 16	55		69	36										
M 17	30		90	27										
M 18		29	110	8										
M 19	13		54	29										
M 20	19		88	23										
M 21	24		84	16										
M 22	19		72	8										
M 23	8		59	11										
M 24	7		70	25										
M 25	12		98	2										
M 26		3	113	0	0									
M 27		11	115	0	0									
M 28		13	106		3									
M 29		10	96		4									
M 30		5	86		7									
M 31		19	81		7									
M 32		47	57		8									
M 33		34	22		12									

Continuación de la Tabla 8.

M 34	27	80	27	
M 35	7	86	12	
M 36	35	48	0	0
M 37	33	35		5
M 38	32	27		7
M 39	31	35		6
M 40	40	33	40	
M 41	52	69	34	
M 42	25	86	32	
M 43	11	87	22	
M 44	32	69	13	
M 45	35	42	8	
M 46	39	33		11
M 47	43	41		17
M 48	76	74		17
M 49	81	68		14
M 50	81	65		11
M 51	75	68		12
M 52	7	130		18
M 53	51	87		17
M 54	42	49		16
M 55	40	50		14

Para la segunda sesión se muestran en las Tablas 9 y 10 los datos de los dos participantes.

Tabla 9 Datos obtenidos para el participante uno de la sección dos.

S2-1	Tratamiento 1 - Tradicional					Tratamiento 2 - Herramienta propuesta				
	Brazo		Antebrazo	Espalda		Brazo		Antebrazo	Espalda	
	F	E	F	F	E	F	E	F	F	E
Min	28		26	0	0	25		79		0
Max	74		80	29	3	57		112		9
Promedio	46.50		63.90	18.65	2	43.93		96.14		3.86
Desviación Estándar Muestral	14.76		14.39	9.21	1.41	10.35		9.31		2.96

Continuación de la Tabla 9.

M 1	51	70	5		56	85	9
M 2	47	67		3	38	89	6
M 3	52	59		3	30	91	6
M 4	47	64	1		25	94	0
M 5	29	64		2	35	95	4
M 6	31	52	0	0	56	79	8
M 7	60	64	18		38	109	6
M 8	59	73	23		38	112	4
M 9	56	78	25		57	91	1
M 10	54	76	24		54	93	0
M 11	47	80	21		43	103	5
M 12	30	74	17		46	103	3
M 13	28	26	15		46	105	1
M 14	28	45	14		53	97	1
M 15	35	75	21				
M 16	72	62	29				
M 17	74	61	28				
M 18	62	73	29				
M 19	36	78	27				
M 20	32	37	20				

Datos del participante dos de la sección en la Tabla 10.

Tabla 10 Datos obtenidos para el participante dos de la sección dos.

S2-2	Tratamiento 1 - Tradicional					Tratamiento 2 - Herramienta propuesta				
	Brazo		Antebrazo	Espalda		Brazo		Antebrazo	Espalda	
	F	E	F	F	E	F	E	F	F	E
Min	5	1	50	0	0	4		32	0	0
Max	53	4	110	10	14	68		126	27	2
Promedio	31.35	2.50	70.42	4.83	7.05	34.19		90.05	10.86	0.22
Desviación Estándar Muestral	11.48	1.07	13.27	2.80	3.58	20.56		30.75	11.22	0.67

Continuación de la Tabla 10.

M 1	52	66	11	14	96	1	
M 2	50	71	11	13	95	0	0
M 3	53	65	11	19	95	1	
M 4	42	85	12	20	98	2	
M 5	16	110	14	14	93	0	0
M 6	23	52	8	4	101	1	
M 7	41	52	7	4	126	5	
M 8	37	62	3	20	98		2
M 9	33	60	2	22	99	0	0
M 10	18	71	5	18	103	0	0
M 11	16	73	3	19	123	2	
M 12	17	79	2	13	125	0	0
M 13	45	50	3	14	121	0	0
M 14	45	53	10	16	117	1	
M 15	43	55	10	23	122	2	
M 16	42	56	9	21	126	2	
M 17	39	57	9	22	125	0	0
M 18	39	58	8	20	125	1	
M 19	36	61	6	21	120	1	
M 20	35	64	8	16	122	0	0
M 21	32	66	6	45	65	25	
M 22	29	70	5	54	52	25	
M 23	11	88	7	57	57	27	
M 24	12	82	7	45	68	24	
M 25	5	82	4	43	90	16	
M 26		2	86	3	46	96	12
M 27		2	82	5	47	122	12
M 28		4	84	4	53	68	23
M 29		3	86	3	50	64	27
M 30		1	81	0	65	42	27
M 31		4	73	3	66	34	23
M 32		2	74	6	67	32	25
M 33		2	92	8	68	41	26
M 34	31		67	6	66	40	26
M 35	34		72	4	59	49	23
M 36	30		74	5	55	81	17
M 37	33		71	6	46	101	14
M 38	32		68	7			
M 39	32		66	7			
M 40	29		81	7			
M 41	22		89	6			
M 42	21		88	8			
M 43	26		72	1			

Continuación de la Tabla 10.

M 44	37	54	3
M 45	35	52	3
M 46	33	51	2
M 47	30	65	1
M 48	18	64	2

Considerando los valores mínimos y máximos de cada uno de ángulos de las tablas anteriores se realizó la Tabla 11, la cual integra la sección 1 y 2 para determinar cuál fue el máximo y mínimo que se registró para cada tipo de toma en la validación de la herramienta propuesta en esta tesis.

Tabla 11 Resumen general de mínimos y máximos para las diferentes tomas.

	Tratamiento 1 - Tradicional							Tratamiento 2 - Herramienta propuesta						
	Brazo		Antebrazo	Espalda				Brazo		Antebrazo	Espalda			
	F	E	F	F	E	DLI	DLD	F	E	F	F	E	DLI	DLD
Min	0	0	0	0	0	3		4		21	0	0		5
Max	158	185	141	55	21	13		87		145	69	17		5

De esto podemos analizar los extremos tanto inferiores como superiores de los diferentes movimientos, para determinar donde se presentaron los límites. Para cuatro de las siete articulaciones los máximos se presentaron para el tratamiento uno; el cual corresponde a la cosecha con guantes y canasto tensado al hombro y los tres restantes se presentaron en el tratamiento dos (Herramienta propuesta).

Otro factor que interviene en el análisis de datos es la inclinación del terreno, al momento del análisis se encontró un error en cuanto a su manipulación, puesto que la zona donde se ubicaba el cultivo presentaba diferentes tipos de superficie, que pudieron intervenir al obligar al usuario a adoptar posturas forzadas para mantener el equilibrio, lo que supone que el promedio general para los tratamientos de los

sujetos esta alterado por las condiciones de relieve, lo que inhabilita la comparación de promedios generales de cada uno de los participantes y tratamientos.

8.3.1 Test Chi Cuadrado En consecuencia, se analizaron nuevamente los videos, pero en esta ocasión clasificando según el tipo de terreno en el que se habían cosechado en la prueba, los cuales se especifican y clasifican en la figura 123, asignándose un color y una letra.

Figura 123 Tipos de terreno presentes en la prueba.



La clasificación de terrenos se realiza una diferenciación en cuanto a inclinación media, ya que se encontró dos situaciones para este relieve; plantas que presentaban una zona en forma de circunferencia la cual representa un apoyo al momento de cosechar la mora y que coincide con el área que se debe dejar libre de maleza, el otro tipo de caso se dio en arbustos que no tenían la presencia de este círculo por tanto no tenían una superficie para facilitar el apoyo, estos dos casos se pueden apreciar mejor en la figura 124.

Figura 124 Terrenos inclinados medios con apoyo plano (izquierda) y con apoyo inclinado medio (derecha).



Para el caso de terreno inclinado alto también se vio esta situación por lo que la Figura 125 lo muestra claramente.

Figura 125 Terrenos inclinados altos con apoyo inclinado bajo (izquierda) y con apoyo inclinado alto (derecha).



Posterior a esto se realizaron tablas de contingencia para cada uno de los ángulos articulares, donde se diferencia los terrenos en los que se cosecho y el promedio de las posturas para cada uno de cada participante. Se realizaron con el objetivo de aplicar el Test Chi Cuadrado ya que las variables son ordinales y por ende no paramétrica. Se utilizó para demostrar si hay relación estadística entre las posturas y los diferentes terrenos, la cual se prueba mediante la obtención el coeficiente de Pearson (P valor), ya que cuando es menor a 0.05 las variables se relacionan.

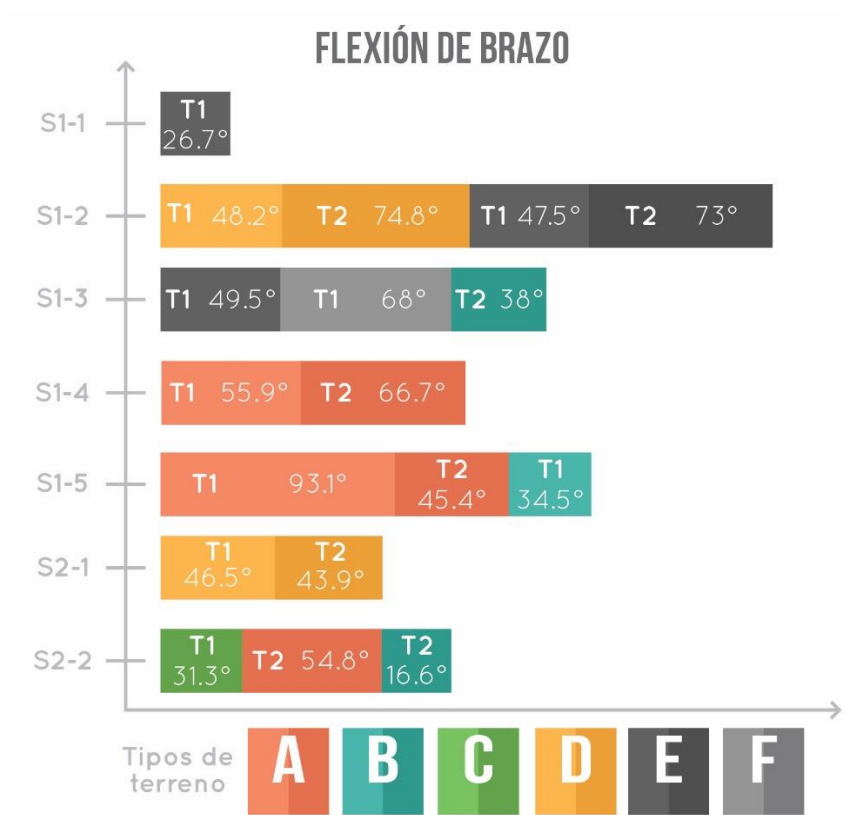
A continuación, se presenta la Tabla 12, la cual resume los promedios de cada participante en cada terreno para Flexión de brazo.

Tabla 12 Muestra la relación entre el tipo de terreno y la postura asumida por cada uno de los participantes, para la flexión del brazo

Flexión de brazo	Terrenos											
	Tratamiento 1 - Tradicional						Tratamiento 2 -Propuesta					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
S1-1					26.75							
S1-2				48.25	47.55					74.8	73.08	
S1-3					49.56	68.06		38.54				
S1-4	55.95						66.78					
S1-5	93.1	34.54					41.82					
S2-1				46.5						43.93		
S2-2			31.35				54.82	16.65				
Promedios	74.53	34.54	31.35	47.38	41.28	68.06	54.47	27.59		59.36	73.08	

Estos datos reflejan como una misma persona recolecto mora en dos o incluso tres tipos diferentes de terreno y que se grafican en la Figura 126.

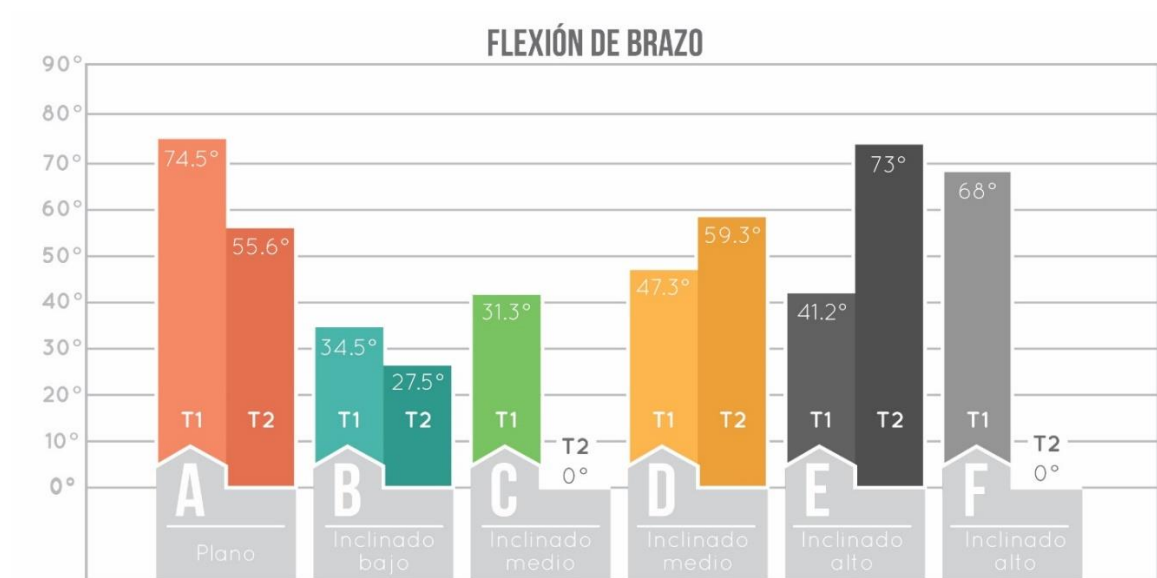
Figura 126 Relación entre el terreno y los usuarios de flexión de brazo.



Luego se calcula el promedio general del tratamiento uno en terrenos A y así para cada terreno y tratamiento, que se presentan en la Figura 127 y que son ingresados en la Tabla 13 de contingencia.

Inicialmente se observa una ventaja del T2, para terrenos tipos F, C, B y A con respecto al tratamiento T1. Pero una desventaja para los terrenos D y E, donde los ángulos fueron superiores con respecto al tradicional. Vale la pena aclarar que la presencia de cero en las barras es la ausencia de datos para este tipo de terreno y movimiento.

Figura 127 Relación entre el terreno y los tratamientos de flexión de brazo.



La tabla de contingencia se divide en dos, una con los valores reales que representan las tomas que surgieron en la validación en terreno real y los datos esperados los cuales se obtienen mediante un cálculo entre la muestra general y el porcentaje de cada tratamiento. Para luego aplica el test, el cual ya viene cargado en las formulas predeterminadas de Excel. El resultado de este es el P valor o coeficiente de Pearson, el cual es un número que representa la probabilidad de predecir una variable con respecto a otra, cuando este es menor a 0.05 es porque las variables tienen una relación estadísticamente demostrable. Para la Flexión de brazo el P valor obtenido se muestra al final de la Tabla 13.

Tabla 13 Tabla de contingencia Flexión del brazo, valores reales y esperados.

Flexión de brazo	Datos reales						
	A	B	C	D	E	F	
T1	74.53	34.54	31.35	47.38	41.28	68.06	297.13
T2	54.47	27.59		59.36	73.08		214.52
	129.00	62.13	31.35	106.74	114.37	68.06	511.65

Continuación de la Tabla 13.

Flexión de brazo	Datos esperados						
	A	B	C	D	E	F	
T1	74.91	36.08	18.21	61.99	66.42	39.53	297.13
T2	54.08	26.05	13.14	44.75	47.95	28.54	214.52
	129.00	62.13	31.35	106.74	114.37	68.06	511.65

P valor	0.000000000007016
---------	-------------------

El cual fue mucho menor al límite por lo que se puede decir que hay una relación entre el tipo de terreno y la postura asumida por cada uno de los participantes para la flexión del brazo. Por tanto, se puede predecir una variable con respecto a la otra.

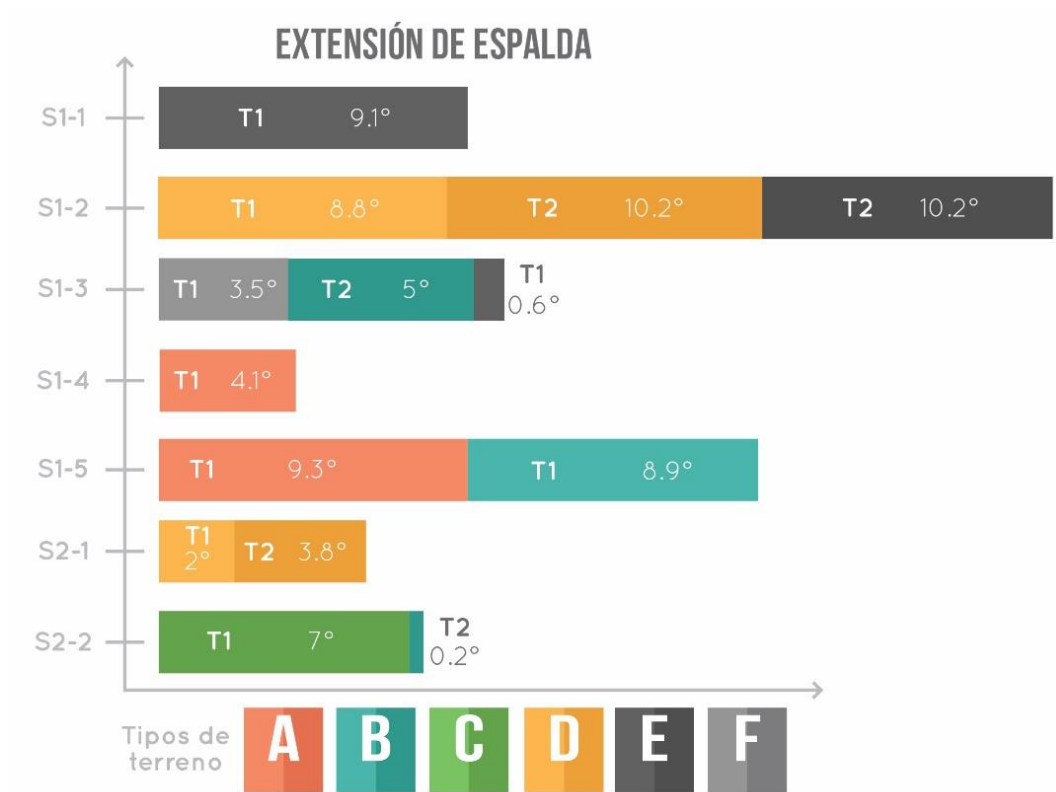
Este procedimiento se repitió para la extensión de espalda y la flexión de antebrazo y espalda. A continuación la Tabla 14 resumen los datos obtenidos para la extensión de espalda.

Tabla 14 Muestra la relación entre el tipo de terreno y la postura asumida por cada uno de los participantes, para la Extensión de espalda.

Extensión de espalda	Terrenos											
	Tratamiento 1 - Tradicional						Tratamiento 2 -Propuesta					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
S1-1					9.14							
S1-2				8.83						10.20	8.83	
S1-3					0.67	3.54		5				
S1-4	4.10											
S1-5	9.33	8.90										
S2-1				2						3.86		
S2-2			7.05					0.22				
Promedios	6.72	8.9	7.05	5.42	4.90	3.54		2.6		7.03	8.83	

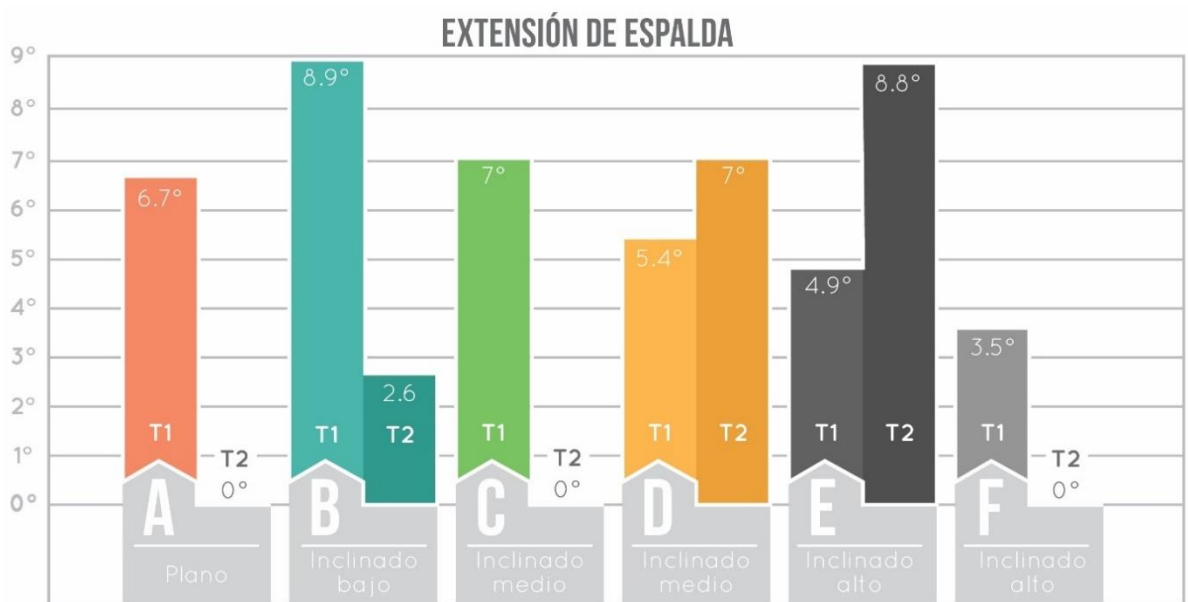
Y en la Figura 128, se muestra de forma más grafica el resumen de estos datos para cada uno de los participantes, los diferentes terrenos y tratamientos.

Figura 128 Relación entre el terreno y los usuarios de extensión de espalda.



De igual forma los promedios generales se muestran en la Figura 129, tanto para el tratamiento uno como para el dos. Para posteriormente ingresar los datos reales y esperados en la Tabla 15, para realizar el previo análisis y así determinar si hay o no relación entre las variables.

Figura 129 Relación entre el terreno y los tratamientos de extensión de espalda.



A continuación la Tabla 15 de contingencia para determinar la relación para el ángulo de extensión de espalda.

Tabla 15 Tabla de contingencia Extensión de espalda, valores reales y esperados.

Extensión de espalda	Datos reales						
	A	B	C	D	E	F	
T1	6.72	8.9	7.05	5.42	4.90	3.54	36.52
T2		2.6		7.03	8.83		18.47
	6.72	11.51	7.05	12.45	13.73	3.54	55

Extensión de espalda	Datos esperados						
	A	B	C	D	E	F	
T1	4.46	7.64	4.68	8.26	9.12	2.35	36.52
T2	2.26	3.87	2.37	4.18	4.61	1.19	18.47
	6.72	11.51	7.05	12.45	13.73	3.54	55

P valor	0.031046080281339
---------	-------------------

Para este movimiento el P valor fue 0.03104, por tanto se ratifica la relación existente en las variables. Y se procede con el movimiento de Flexión de antebrazo con los datos generales en la Tabla 17.

Tabla 16 Muestra la relación entre el tipo de terreno y la postura asumida por cada uno de los participantes, para la Flexión de antebrazo.

Flexión de antebrazo	Terrenos											
	Tratamiento 1 - Tradicional						Tratamiento 2 -Propuesta					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
S1-1					95.15							
S1-2				78.03	79.73					49	41.33	
S1-3					80.41	67.28		54				
S1-4	63.94						115.82					
S1-5	66.15	72.52					105.7					
S2-1				63.9						96.14		
S2-2			70.42				64.82	111.5				
Promedios	65.05	72.52	70.42	70.97	85.1	67.28	95.45	82.75		72.57	41.33	

Los datos se visualizan en la Figura 130 de forma más grafica para cada tratamiento, terreno y persona. Resaltando la particularidad de que se presentaron casos donde los participantes recolectaron mora de castillas en dos, tres e incluso cuatro tipos de terrenos durante el desarrollo de la prueba, que se da por la ubicación el cultivo en las montañas de cordillera oriental.

Y en la Figura 131 se muestra el promedio general de cada uno de los tratamientos en relación al tipo de terreno cultivado por los diferentes voluntarios. Y que fue el ángulo donde la diferencia entre los dos tratamientos no era tan elevada, sino que estaban sobre el mismo rango.

Figura 130 Relación entre el terreno y los usuarios de flexión de antebrazo.

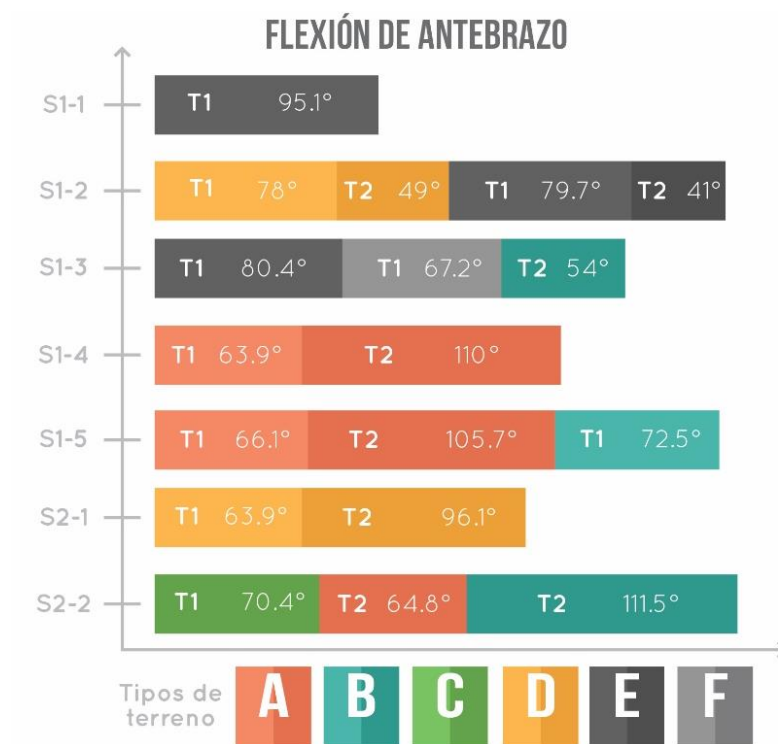
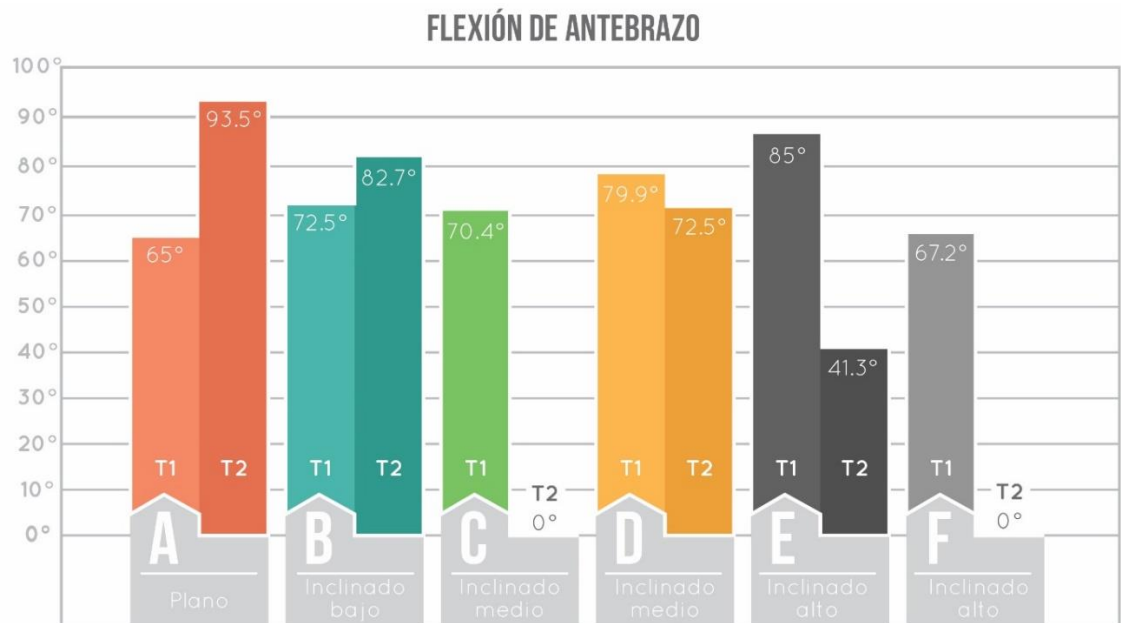


Figura 131 Relación entre el terreno y los tratamientos de flexión de antebrazo.



En la Tabla 18 se encuentran los datos reales y esperados para realizar el Test Chi Cuadrado para el movimiento de Flexión de antebrazo, además del resultado de este evidenciado en el coeficiente de Pearson el cual dio una tendencia a cero, mostrando la mayor relación entre estas dos variables.

Tabla 17 Tabla de contingencia Flexión de antebrazo, valores reales y esperados.

Flexión de antebrazo	Datos reales						
	A	B	C	D	E	F	
T1	65.05	72.52	70.42	70.97	85.10	67.28	431.32
T2	95.45	82.75		72.57	41.33		292.10
	160.49	155.27	70.42	143.54	126.43	67.28	723.43

Flexión de antebrazo	Datos esperados						
	A	B	C	D	E	F	
T1	95.69	92.57	41.98	85.58	75.38	40.11	431.32
T2	64.80	62.69	28.43	57.96	51.05	27.17	292.10
	160.49	155.27	70.42	143.54	126.43	67.28	723.43

P valor	0.0000000000000000
---------	--------------------

Para terminar el último dato al cual se le aplicó esta prueba fue la Flexión de espalda, ya que para los movimientos restantes y que están mencionados en los numerales anteriores no había suficientes tomas en los dos tratamientos para que fuera válida la prueba en cuestión.

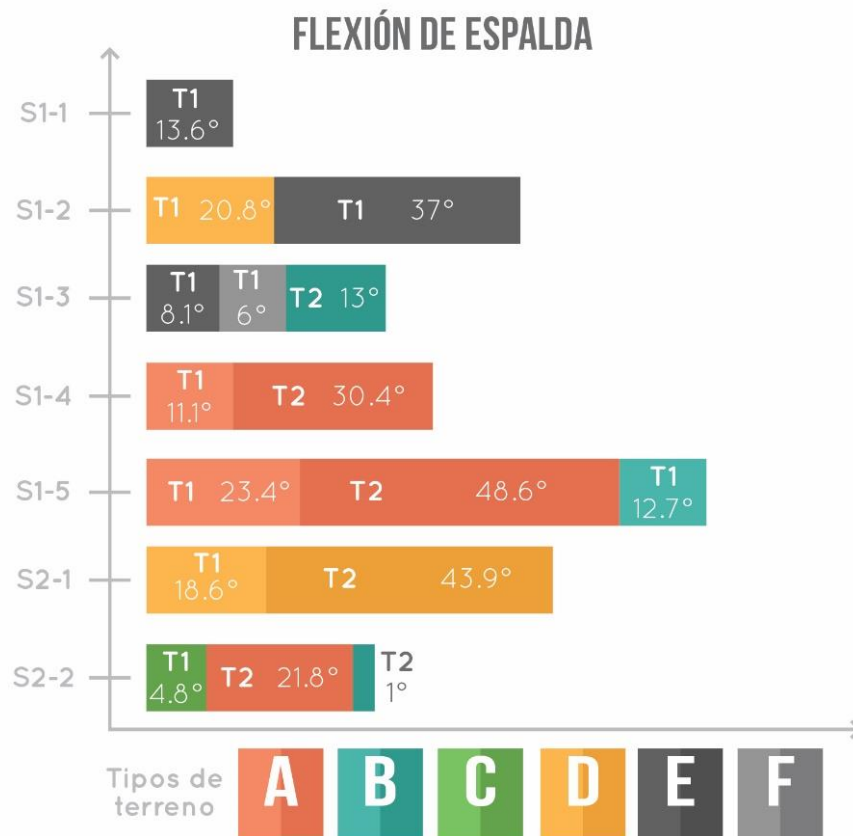
Por esto en la Tabla 18 se muestran los datos en cada una de las categorías de terrenos con respecto a los siete participantes de las dos secciones de validación, tanto para la herramienta propuesta como para el método tradicional.

En la Figura 132 se presentan los datos en diagrama de barras, para un mejor entendimiento.

Tabla 18 Muestra la relación entre el tipo de terreno y la postura asumida por cada uno de los participantes, para la Flexión de espalda.

Flexión de espalda	Terrenos											
	Tratamiento 1 - Tradicional						Tratamiento 2 -Propuesta					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
S1-1					13.6							
S1-2				20.86	37							
S1-3					8.14	6		13.86				
S1-4	11.11						26.27					
S1-5	23.42	12.75					48.6					
S2-1				18.65								
S2-2			4.83				21.88	1				
Promedios	17.26	12.75	4.83	19.75	19.58	6	32.25	7.43				

Figura 132 Relación entre el terreno y los usuarios de flexión de espalda.



Luego de esto los promedios generales se muestra en la Figura 133, los cuales fueron incluidos en la Tabla 19 para calcular si hay o no relación en este último ángulo.

Figura 133 Relación entre el terreno y los tratamientos de flexión de espalda.

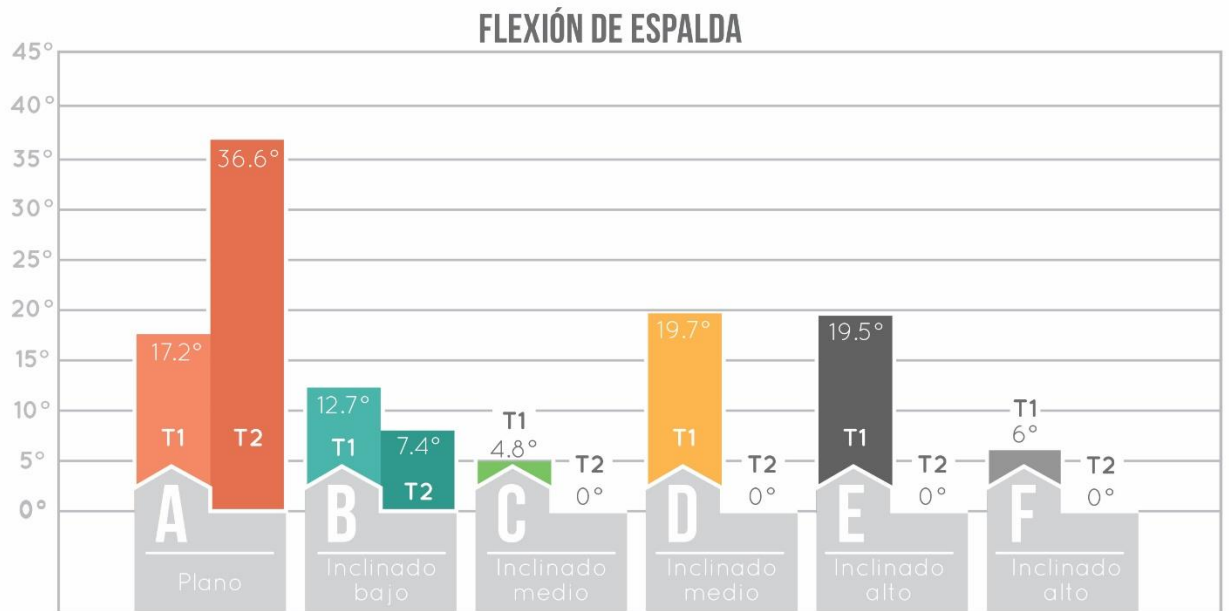


Tabla 19 Tabla de contingencia Flexión de espalda, valores reales y esperados.

Flexión de espalda	Datos reales						
	A	B	C	D	E	F	
T1	17.26	12.75	4.83	19.75	19.58	6	80.17
T2	32.25	7.43					39.68
	49.52	20.18	4.83	19.75	19.58	6	119.85

Flexión de espalda	Datos esperados						
	A	B	C	D	E	F	
T1	33.12	13.50	3.23	13.21	13.10	4.01	80.17
T2	16.39	6.68	1.60	6.54	6.48	1.99	39.68
	49.52	20.18	4.83	19.75	19.58	6	119.85

P valor	0.000008252247176
---------	-------------------

Para la Flexión de espalda también se encontró que hay una relación entre las variables. Finalmente, para los movimientos que se tenían los datos suficientes para realizar el test y probar la relación se encontró que en todos, el coeficiente de Pearson era mucho menor a requerido y por ende se encontraban relacionadas las variables tipo de terreno y postura adoptada.

En cuanto a la diferencia entre tratamientos, se puede apreciar amplios y reducidos rangos para la herramienta propuesta con respecto al tradicional, ya que para algunos terrenos se mostraba gran mejoría mientras que para otros no lo eran. Los terrenos donde se aprecia con claridad la mejora en cuanto a la herramienta propuesta y las posturas fueron los terrenos el B y D, aunque en dos movimientos es superior y la diferencia es mínima respecto a las otras muestras. Se propone una muestra mucho más grande donde se puedan abarcar todos los tipos de terrenos y ángulos articulares para mirar si hay una tendencia ya sea en términos generales o particulares.

8.4 ANÁLISIS OBSERVACIONAL DEL DESGASTE DE LOS GUANTES

En cuanto a los cortes cutáneos, estos se determinaron en referencia al desgaste que presentaba el material para el final de la validación, por lo que se proporcionó un par de guantes de látex nuevos y los guantes propuestos, los cuales utilizaron las cinco personas de la primera sección y para la segunda sección se proporcionó un nuevo par de guantes tanto propuestos como de látex.

Para la primera sección de validación se presenta en la Figura 134 el desgaste de las dos propuestas.

Figura 134 Desgaste presentado en la jornada de validación.



Donde se evidencia el deterioro que presentaron los guantes poliméricos, ya que presentan perforaciones de gran tamaño en dos zonas (dedos de gesto de pinza) y marcas de las espinas sobre las superficie dorsal y falanges. Para el guante propuesto el desgaste es mínimo casi imperceptible ya que no se presentaron marcas, el único indicio de deterioro está en dos o tres hilos que salieron alrededor

de la costura del dedo índice del resto se conserva intacto. La jornada de prueba duro alrededor de tres horas.

Para la segunda sección nuevamente se dio un par nuevo de cada tratamiento, pero esta vez la prueba duro alrededor de 45 minutos.

Figura 135 Desgaste del material para la segunda sección



Para esta el deterioro en los guantes plásticos es muy menor y se reduce a marcas de las espinas en los dedos índice y corazón, mientras que el guante que forma parte del sistema de recolección propuesto no presenta ningún deterioro. A pesar

de que cuenta con zonas abiertas no se presentó ningún tipo de lesión de piel, ya que están ubicadas en las zonas de menor desgaste.

8.5 ANÁLISIS BIOMECÁNICO

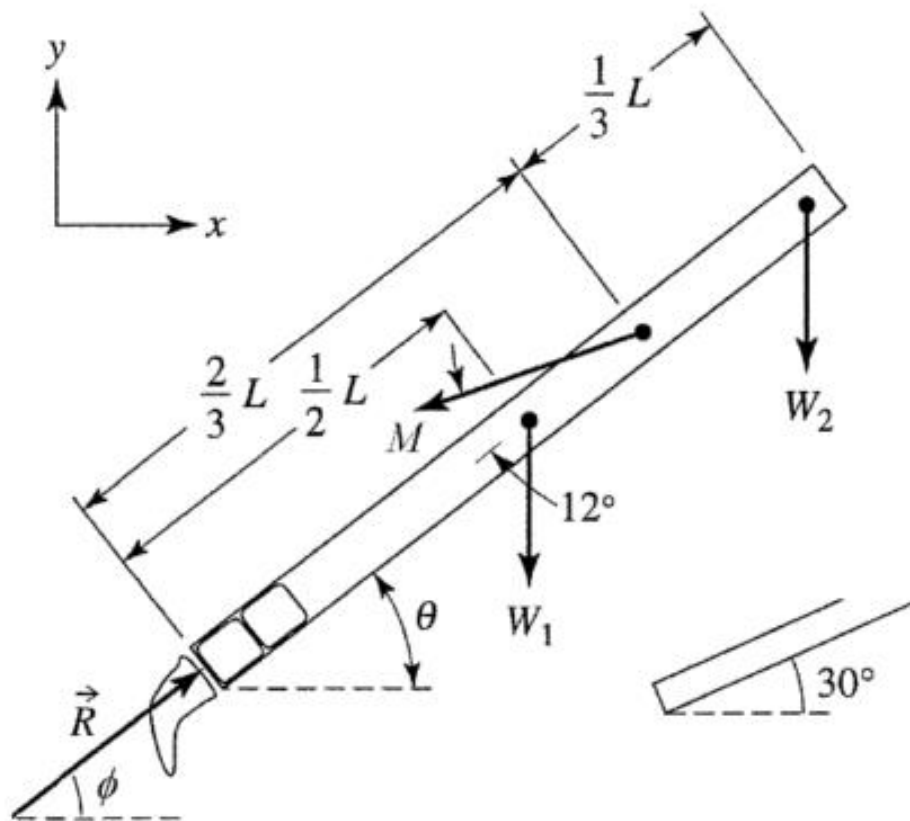
Además de la validación de ángulos y lesiones cutáneas, se realizó un análisis biomecánico con las cargas que soporta la espalda para esta tarea en la Figura 136. Para corroborar por estática la reducción del esfuerzo con la propuesta nueva, por lo que se realizó un diagrama de cuerpo libre de la espalda, como lo plantea Irving Herman en su libro *Statics of the Body*¹⁸⁰, es uno de los diagramas más aproximados a la realidad ya que contempla el ángulo de 12° del músculo erector de la columna (M); que es el que realiza toda la fuerza para erguir la parte superior del cuerpo, que corresponde a la fuerza de compresión de los discos intervertebrales la cual debe ser menor a 3400 N para que no exista riesgo de hernia discal según la fórmula NIOSH¹⁸¹.

Para aplicar el modelo se deben tener datos de peso, estatura y ángulo de la espalda, para este estudio se tiene el tratamiento uno con carga en los hombros de 13 kilogramos y el tratamiento dos sin carga en los hombros, para el punto más crítico que se presentó en la validación; un ángulo de flexión de espalda de 69° con respecto a la vertical y con la descripción demográfica de la población en la Tabla 3.

¹⁸⁰ IRVING P., Herman. *Statics of the Body*. Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering. 2007. pp 37-92.

¹⁸¹ DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. *Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas*. 2002. Pag 54.

Figura 136 Diagrama de cuerpo libre de la espalda.



Fuente:¹⁸².

En el diagrama W_2 es el peso de la cabeza y las extremidades superiores, W_1 es el peso del tronco del cuerpo, L la longitud de la espalda, R la reacción que se produce en la vértebra L5, M es la fuerza que realiza el musculo erector en un ángulo de 12° . Y las distancias a las cuales se deben ubicar los diferentes pesos y fuerzas.

La sumatoria de las fuerzas y momentos se presentan a continuación para el ejemplo de 30° como se muestra en la Figura 136:

¹⁸² IRVING P., Herman. Statics of the Body. Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering. 2007. pp 37-92.

Sumatoria de fuerzas en el eje X.

$$\sum F_X = R_X - M \cos 30 = 0$$

Sumatoria de Fuerzas en el eje Y.

$$\sum F_Y = R_Y - M \sin 30 - W_1 - W_2 = 0$$

Sumatoria de momentos en el punto R (punto de aplicación de la reacción), inclinando los ejes de referencia.

$$\sum M_R = \frac{2L}{3} \sin 12 * M - \frac{L}{2} \cos 30 * W_{B1} - L \cos 30 * W_2 = 0$$

Para aplicar a las condiciones del proyecto se retoman los siguientes datos

- Peso promedio del cuerpo: 64 kg
- Estatura promedio de la muestra: 1.66 mts.
- Ángulo de flexión de espalda con respecto a la horizontal: 21°
- Carga adicional para el tratamiento uno: 13 kg

Para determinar la longitud de la espalda, se realizó utilizando el método LSC¹⁸³, que parte de la estatura para calcular el resto de los segmentos corporales; que para el caso es de 0.478 mts. Y PSC¹⁸⁴ para determinar el peso de los segmentos corporales a partir del peso general el cual dice que el peso de las extremidades superiores y la cabeza corresponde al 20% de peso total, por tanto, W₂ es 0.2 del

¹⁸³ Disponible en Ergonautas, <http://www.ergonautas.upv.es/herramientas/lsc/lsc.php>

¹⁸⁴ Disponible en Ergonautas, <http://www.ergonautas.upv.es/herramientas/psc/psc.php>

peso general y el peso del tronco es el 40% del general, por tanto W_1 es 0.4 del total
185.

Retomando la sumatoria de momentos y reemplazando los datos para el T1, la carga adicional de la catabra se ubica en W_2 , ya que esta se ubica en los hombros.

$$\sum M_R = \frac{2L}{3} \sin \theta * M - \frac{L}{2} \cos \alpha * 0.4W - L \cos \alpha * (0.2W + C) = 0$$

Los datos con las unidades adecuadas para ingresar en la fórmula, donde se considera la gravedad para el peso y los ángulos en radianes:

$$\begin{aligned} \alpha &= 0.37 \text{ Rad} \\ \theta &= 0.21 \text{ Rad} \\ L &= 0.478 \text{ mts} \\ W &= 627.2 \text{ N} \\ C &= 127.4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sum M_R = M = \frac{\frac{L}{2} \cos \alpha * 0.4W + L \cos \alpha * (0.2W + C)}{\frac{2L}{3} \sin \theta}$$

$$\sum M_R = M = \frac{\frac{(0.478)}{2} \cos 0.37 * 0.4(627.2) + (0.478) \cos 0.37 * (0.2(627.2) + 127.4)}{\frac{2(0.478)}{3} \sin 0.21}$$

$$\sum M_R = 2547.87 \text{ N} = M$$

¹⁸⁵ IRVING P., Herman. Statics of the Body. Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering. 2007. pp 37-92.

Para el tratamiento T2, sin carga seria:

$$\sum M_R = M = \frac{\frac{L}{2} \cos \alpha * 0.4W + L \cos \alpha * (0.2W)}{\frac{2L}{3} \sin \theta}$$

$$\sum M_R = M = \frac{\frac{(0.478)}{2} \cos 0.37 * 0.4(627.2) + (0.478) \cos 0.37 * (0.2(627.2))}{\frac{2(0.478)}{3} \sin 0.21}$$

$$\sum M_R = 1689.78 \text{ N} = M$$

Con esto se reafirma la reducción de la carga con la herramienta propuesta ya que se reduce el esfuerzo en un 34% sobre el musculo erector de la columna, al cambiar de ubicación el soporte de los contenedores. Y aunque la fuerza de compresión con carga es menor con respecto al límite establecido por NIOSH, la diferencia entre los tratamientos presenta un alto porcentaje.

8.6 ENCUESTA SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL USUARIO.

También se realizó una encuesta para mirar la percepción de los participantes respecto a las diferentes propuestas de recolecta de mora, en donde se preguntó si pudieron cumplir la tarea en una escala de 1 a 5, donde 5 era muy exitosamente y 1 muy deficientemente. Y que tan óptimo fue realizar la tarea, evaluada con la misma escala.

Los resultados a estas preguntas se muestran en la Tabla 20, donde se muestra primero la eficacia para los dos tratamientos y luego la eficiencia para los mismos.

Tabla 20 Percepción de los usuarios.

	Eficacia T1	Eficacia T2	Eficiente T1	Eficiente T2
S1-1	5	3	4	4
S1-2	3	5	3	5
S1-3	5	4	5	4
S1-4	5	3	4	3
S1-5	5	2	4	1
S2-1	4	3	3	3
S2-2	3	4	4	4
	4.29	3.43	3.86	3.43

De esto se puede ver que no hay una clara diferencia entre una u otra propuesta ya sea en eficiencia o eficacia, sin embargo, en las jornadas de validación la mayoría manifestó su entusiasmo sobre esta nueva propuesta y como puede ser una opción viable de implementación y su percepción con respecto a la facilidad en relación a la otra, pero que requiere pequeñas modificaciones para un óptimo funcionamiento. Y todos manifestaron agrado y comodidad con respecto al método tradicional, especialmente con la distribución de los contenedores y el cinturón de cadera.

8.7 CONCLUSIONES

Se usaron cuatro diferentes métodos en la validación, donde se analizó diferentes características del tratamiento uno (guantes de látex y canasto) y el tratamiento dos (herramienta desarrollada) para contestar la pregunta de investigación.

¿En qué medida se reduce las posturas no neutras y la presencia de cortes cutáneos en la mano, al usar la herramienta desarrollada para la actividad de cosecha de mora de castilla con respecto al método tradicional?

De lo cual podemos decir que al usar la herramienta se da una reducción en la presencia de posturas no neutras, ya que reduce en un 34% la fuerza de compresión sobre los discos intervertebrales al reubicar la carga en la cadera, también en los rangos de movimiento de las articulaciones, puesto que en tres de los siete ángulos de la muestra se dan límites mucho menores al método tradicional; para la extensión de espalda la reducción fue de un 20% y para la flexión de brazo fue de 45% el tratamiento dos con respecto al uno.

En cuanto a la presencia de cortes cutáneos se observa una clara diferencia entre los dos tratamientos que se midió con el deterioro del material, dando un mejor resultado la herramienta propuesta al no presentar deterioro ya que tiene materiales con una mayor vida útil.

Para terminar, la percepción de los participantes para esta nueva propuesta no fue muy clara en los resultados de la encuesta, sin embargo estos manifestaron verbalmente lo atractivo que resulta esta implementación

9 PRODUCTO FINAL

9.1 ASOCIACIONES DE CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN FUNCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

Para finalizar se realizó una comparación entre la herramienta propuesta y el método tradicional con respecto a los requerimientos enunciados en este proyecto. Estos se muestran en las Figuras 137 y 138, donde la herramienta propuesta, cumple con todos lo obligatorios y casi todos los requerimientos deseados que surgieron en la ideación del producto. Se muestra cada requerimiento cumplido o no tanto para la propuesta desarrollada (T2) como para el método tradicional (T1), donde se evidencia una clara ventaja en la diseñada.

Figura 137 Requerimientos y atributos de la herramienta.



Figura 138 Requerimientos y atributos de la herramienta.

USO		T1		T2	
● DESEADO	● OBLIGATORIO				
●	Debe simplificar la tarea			✓	
●	Que sea cómodo				
●	Debe evitar las posturas no neutrales				
●	El peso fijo que debe cargar el trabajador debe ser mínimo	✓		✓	
●	Que sea intuitivo de usar	✓		✓	
●	Centro de masa no debe desbalancear al usuario			✓	
●	La herramienta permite varios tipos de agarre para las dos manos	✓		✓	
●	Debe poder transportarse fácil a la zona de cultivo	✓		✓	
●	La medida del asa de la herramienta debe ser adecuada			✓	
●	Puede integrarse al contenedor de mora			✓	

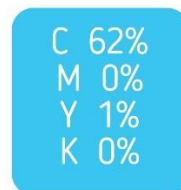
FUNCIONAL		T1		T2	
● DESEADO	● OBLIGATORIO				
●	Debe tener la menor cantidad de piezas ensambladas	✓			
●	Materiales eco amigables			✓	
●	Debe ser mecánico	✓		✓	
●	Debe tener acabados que no permitan la generación o propagación de enfermedades			✓	
●	La herramienta deben ser resistente al uso constante			✓	
●	La herramienta debe generar el mismo o un mayor rendimiento que con el método tradicional			✓	
●	La herramienta debe tener un ciclo de vida prolongado			✓	
●	La herramienta no debe tener zonas donde se acumule el muge				
●	La herramienta no puede transmitir enfermedades o plagas entre plantas	✓		✓	
●	Debe poder lavarse fácilmente	✓		✓	

9.2 IMAGEN CORPORATIVA

Para determinar el nombre, logo, colores y fuentes que regirían la imagen corporativa, se realizó un juego de palabras con los atributos que contaba el producto desarrollado.

Se combinaron las palabras seguridad, comodidad, Rubus Glaucus, mora de castilla y salud. Y el resultado es SeCura una sola palabra que acentúa las dos últimas sílabas para dar indicios y se lea como se cura, haciendo referencia a que va a mejorar la salud si se usa este nuevo producto. Por lo que se acentuó este concepto utilizando un color de la gama de los azules el cual se muestra en la Figura 139, el cual se asocian con la mayoría de las palabras clave que ayudaron en la generación del nombre.

Figura 139 Color institucional.



Para el tipo de fuente se seleccionó una Script como se muestra en la Figura 140, la cual se caracteriza por ser muy fluida y con formas orgánicas en relación al desarrollo proyectual seguido.

Figura 140 Tipografía.

Pacifio
abcdefghijklmnopqrstuvmxyz

Finalmente integrando todo lo anterior el resultado se muestra en la Figura 141, donde se muestra un imagotipo que contiene el color y la tipografía antes mencionadas con la silueta de mora de castilla en estado de maduración, para acentuar el concepto del área al cual va dirigido.

Figura 141 Imagotipo de la herramienta que se desarrolló.

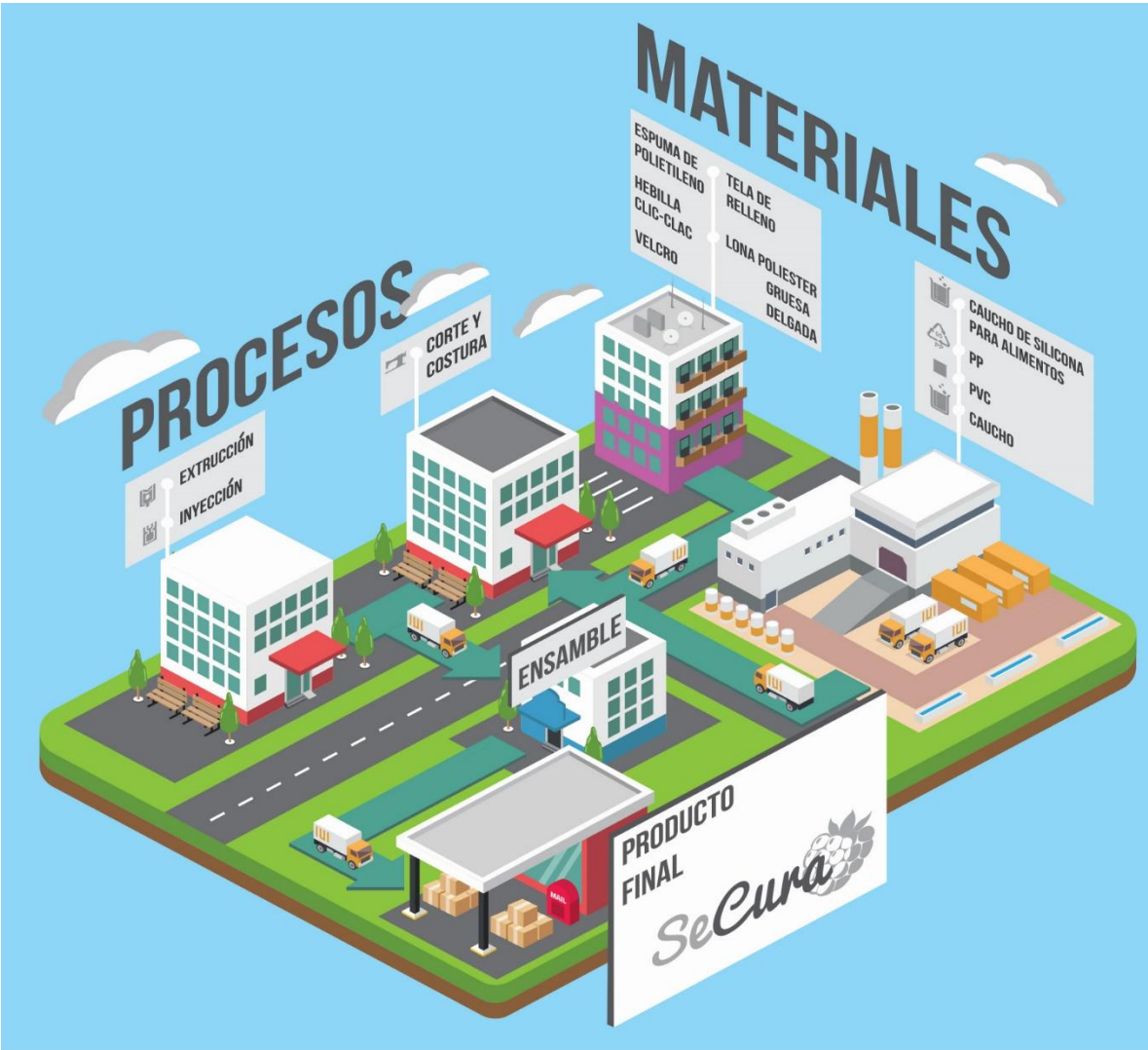


9.3 MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACIÓN Y LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Como ya se había mencionado a lo largo del desarrollo del producto y que fue un factor importante en la toma de decisiones. Las materias primas para fabricar SeCura, están entre telas, polímeros y piezas ya prefabricadas del mercado. En cuanto a los procesos productivos se pueden encontrar dos grandes grupos; los que trabajan los polímeros los cuales son extracción y moldeo por inyección y el otro el cual es de corte y costura de pizzas en las diferentes telas para finalmente ser ensambladas y empaquetadas para su posterior distribución.

A continuación, se muestran las materias primas y los procesos de fabricación que requiere la herramienta en la Figura 142.

Figura 142 Procesos de fabricación y materiales de la propuesta diseñada.



10 DISEÑO DEL DETALLE

La propuesta final posea varios beneficios adicionales a los mostrados en las versiones anteriores, por lo que se enuncia en las Figuras 143 a 156:

Figura 143 SeCura con cada una de las piezas.



Figura 144 Beneficios del guante que forma parte de Secura.



Figura 145 Beneficios del guante que forma parte de Secura.



Figura 146 Beneficios del guante que forma parte de Secura.



Figura 147 Beneficios del guante que forma parte de Secura.



Figura 148 Beneficios del guante que forma parte de Secura.



Figura 149 Beneficios del guante que forma parte de Secura.

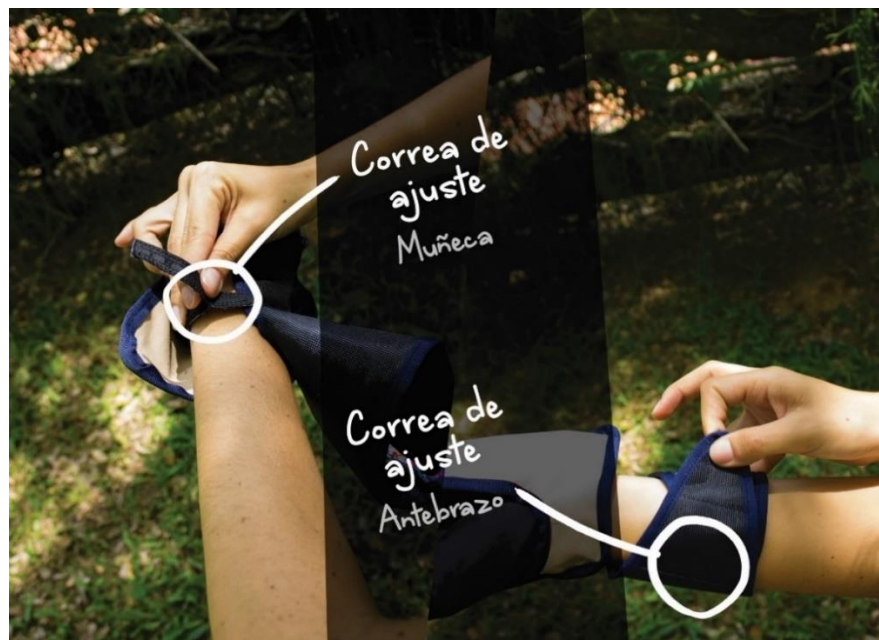


Figura 150 Beneficios del tubo de transporte de SeCura.

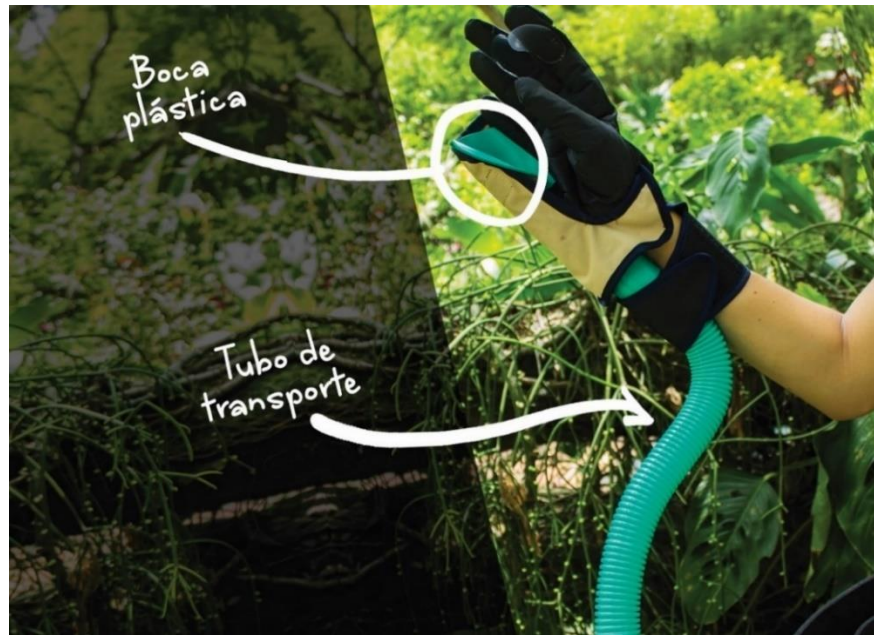


Figura 151 Beneficios de las piezas textiles en SeCura.



Figura 152 Beneficios del cinturón de cadera que forma parte de Secura.



Figura 153 Beneficios del cinturón de cadera que forma parte de Secura.



Figura 154 Beneficios del cinturón de cadera que forma parte de Secura.



Figura 155 Beneficios del cinturón de cadera que forma parte de Secura.



Figura 156 Beneficios del cinturón de cadera que forma parte de Secura.



11 CONCLUSIONES

El proyecto se desarrolló con ayuda de los campesinos que se dedican a cosechar mora de castilla en la zona de Piedecuesta y Tona, el cual buscaba llegar a una herramienta que mitigará las posturas no neutrales y los cortes cutáneos presentes en la recolección. Donde la mayoría de la población se caracteriza por trabajar informalmente y no contar con adecuados programas de prevención. Viendo este problema de diseño. Se realizó un proceso proyectual para dar solución y que culminó con la validación de la herramienta.

Se estudiaron las características morfológicas y fisiológicas de la planta de la mora de castilla y se determinó que factores como las espinas, crecimiento irregular del arbusto y maduración desigual dificultaban la tarea de cosecha. No obstante los trabajadores implementan estrategias como orientar el crecimiento e injertos de plantas para reducir la dificultad al momento de la recolecta. Sin embargo se observó la necesidad de una intervención ergonómica enfocada en las posturas para mejorar las condiciones laborales.

A partir de salidas de campo y estudios sobre el tema se identificaron los factores de riesgo que producían dolor de mano, espalda y hombros en esta población, producto del gesto de pinza que tradicionalmente se usa para desprender el fruto, la presencia de posturas con sobreesfuerzo y la forma como se trenzaba y ubicaba el canasto que actualmente usan para llevar la mora que puede llegar a pesar 13 kg.

Una vez se determinaron las circunstancias en las cuales se da este problema, se plantearon y construyeron alternativas de diseño enfocadas en mitigar las posturas no neutrales y los cortes cutáneos desde la visión del diseño. Donde la observación

continúa y visitas a los cultivos fue un factor decisivo para la evaluación de alternativas que respondan a soluciones más acertadas.

Así mismo se realizó la validación de la herramienta en terreno real que se contrastó con el método tradicional. Se cuantificó la reducción que se presentaba al usar el diseño propuesto, que se vio reflejado en la disminución de movimientos repetitivos, amplios rangos de desplazamiento de extremidades y eliminación de cargas aplicadas a la espalda. Además se determinó la relación que existe entre la inclinación de un terreno y las posturas que adoptan las personas para recolectar mora de castilla (P valor = 0.03).

SeCura cumplió con todos los parámetros que se plantearon y presentó un buen desempeño en terreno. Los participantes mostraron mucho interés y aceptación con respecto a la propuesta, no obstante propone seguir con este tipo de estudios que involucran el diseño social.

Se sugiere un nuevo estudio para mirar la viabilidad e implementación de la herramienta a este tipo de poblaciones que como ya que carecen de competitividad en comparación con el sector industrial. Además de estrategias para que se pueda dar una exitosa transferencia de tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

A. D. B. M and G. Gutierrez, *Frutales de clima frío moderado*. Corporación Latinoamericana Misión Rural. Bogotá. Pag 80.

Departamento de salud y servicios humanos, *Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas*. NIOSH. 2002. Pag 46.

E. Arévalo Peñaranda, A. L. Díaz Jiménez, J. R. Galindo Álvarez, and M. R. Rivero Cruz, *Manejo fitosanitario del cultivo del mora (Rubus glaucus Benth): Medidas para la temporada invernal*. Ica. Bogotá. 2011. Pag 32.

J. López GONZÁLES and R. GÓMEZ SANTOS, *Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado*. CORPOICA. Rionegro, Colombia. 2008. Pag 138.

Léopold Busquet, *Las cadenas musculares: Miembros inferiores*. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2004. Pag 221.

M. Fernanda Maradeí and Francisco M. Espinel, *Ergonomía para el Diseño*. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2009. Pag 313.

M. Fernanda Maradeí, Francisco M. Espinel and Astrid A. Peña, *Datos antropométricos para el Diseño: Región nororiental colombiana*. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2009. Pag 111.