

**DESARROLLO Y FABRICACION DE UNA HERRAMIENTA PARA LA  
ERRADICACIÓN MANUAL DE CULTIVOS DE MATA DE COCA.**

**David Vásquez Gómez.**

Código: 200116005085

**Camilo Andrés Vasco Ceballos.**

Código: 200210075085

Trabajo de grado presentado  
Para optar al título de:  
Ingeniería de Diseño de Productos.

Asesor:

Santiago Bravo

Ingeniero de Mecánico

Universidad EAFIT

**UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO  
MEDELLÍN  
2008**

Nota de Aceptación:

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

-----  
Firma del Presidente del Jurado.

-----  
Firma del Jurado.

-----  
Firma del Jurado.

-----  
Firma del Jurado.

Medellín 25 de Abril del 2007

## **AGRADECIMIENTOS**

A Victoria Eugenia Restrepo (Directora Programa Presidencial Contra Cultivos Ilícitos) por darnos acceso a información primaria.

A Andrés Gallego Segovia (Coordinador Grupos Móviles de Erradicación).

A Santiago Bravo Montoya Asesor de este trabajo, por su compromiso y colaboración.

## **RESUMEN**

En Colombia se viene desarrollando actualmente la erradicación de cultivos ilícitos manualmente, tal y como se hizo en otros países. Se optó por este proceso ya que se ha demostrado que con el herbicida Glifosato no solo mueren las matas de coca, amapola y marihuana, sino que también lo hacen especies nativas, generando un enorme impacto ambiental al ecosistema.

El proceso ha demostrado ser muy efectivo, además de todo lo que conlleva su realización; familias cobijadas con sustitución de cultivos, generación de empleo, reestructuración y disminución de problemas de orden social.

Se hizo un proceso de investigación del usuario, contexto, entorno, estado del arte y productos sustitutos que arrojó una gran oportunidad de mejorar el proceso actual con el desarrollo de una nueva herramienta. Es evidente que este nuevo producto debe ser sencillo, fácil de manejar, que mejore las condiciones ergonómicas del usuario y la productividad actual.

## TABLA DE CONTENIDO

1	Antecedentes.....	16
2	Justificación .....	19
3	Objetivos.....	22
3.1	Objetivo general:.....	22
3.2	Objetivos específicos:.....	22
4	Análisis del usuario.....	23
5	Análisis del entorno .....	32
5.1	Territorio .....	32
5.2	Topografía .....	33
5.3	Temperatura.....	33
5.4	Humedad ambiental.....	34
5.5	Pisos térmicos .....	34
5.6	tipos de suelo .....	35
5.7	Factores externos.....	35
5.8	Análisis de la mata y del cultivo .....	35
5.8.1	Variedad .....	35
5.8.2	Hojas.....	38
5.8.3	Tallo.....	39
5.8.4	Densidad.....	39
6	Análisis del estado del arte .....	40
6.1	Erradicación a mano.....	40
6.2	Erradicación manual por palines.....	40
6.3	Erradicación mecánica por aspersora de espalda.....	41
6.4	Erradicación por toconeo .....	41
6.5	Análisis palín .....	42
6.6	Análisis cococho.....	46

7	Productos sustitutos .....	47
7.1	Guadañadora.....	47
7.2	Palas y mangos .....	48
7.2.1	Mangos y hojas.....	48
7.2.2	Características y composición de los mangos.....	48
7.2.3	Ajuste del mango con la hoja. ....	49
7.2.4	Tipos y usos de palas .....	50
7.3	Fumigadora (aspersora) .....	51
7.4	Azadones.....	51
7.5	Picas.....	53
7.6	Machetes .....	54
7.7	Barras de acero .....	54
7.8	Barretón.....	55
8	Análisis de los factores humanos.....	56
8.1	Descripción del método .....	56
8.2	Aplicación del método.....	57
8.3	Conclusiones método rula .....	61
8.4	Consideraciones ergonómicas.....	61
8.5	Consideraciones método rula .....	68
9	Especificaciones de diseño.....	71
10	Análisis funcional .....	72
10.1	Definición de la función principal.....	72
10.2	Caja negra .....	73
10.3	Estructura funcional .....	73
10.4	Lista de funciones.....	73
11	Solucion de funciones.....	76
12	Rutas solucion .....	77

13	Alternativas de diseño.....	78
14	Evaluacion de alternativas .....	82
14.1	Definición de objetivos .....	82
14.2	Criterios de evaluación.....	82
14.3	Importancia del criterio.....	85
14.4	Matriz de calificación.....	85
14.5	Resultados evaluación .....	86
15	Proceso de diseño de detalle.....	89
15.1	consideraciones .....	89
15.2	Justificación del diseño .....	92
15.2.1	Justificación del diseño a.....	92
15.2.2	Justificación del diseño b.....	95
15.3	Logo propuesta b.....	97
16	Análisis mecánico .....	98
17	Análisis estructural del palín .....	99
17.1	Análisis mango .....	100
17.2	Análisis apoyo.....	101
17.3	Análisis pala.....	102
17.4	Ajustes.....	104
18	Conclusiones .....	105
19	Oportunidades de mejora.....	106
20	Proyectos futuros.....	107
21	Bibliografía .....	108

## LISTA DE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Campamento Caucasia.....	24
Ilustración 2 Acompañamiento ONU y Policía.....	24
Ilustración 3 Perfil de un grupo.....	25
Ilustración 4 Ingreso helicoportado al campamento .....	26
Ilustración 5 Formación guiada por la policía.....	27
Ilustración 6 Desplazamiento a la zona a erradicar.....	28
Ilustración 7 Obstáculos geográficos.....	28
Ilustración 8 Erradicación matas zoqueadas .....	29
Ilustración 9 Tiempo de descanso.....	29
Ilustración 10 Quema de laboratorio.....	30
Ilustración 11 Densidad de cultivos de coca en Colombia, 2006.....	32
Ilustración 12 Topografía en la que se encuentran los cultivos de coca.....	33
Ilustración 13 Variedad de colores de las matas .....	36
Ilustración 14 Cultivos de coca sembrados junto a otros cultivos.....	37
Ilustración 15 Altura y edad de la mata .....	38
Ilustración 16 Características de la hoja de coca .....	38
Ilustración 17 Tipo y grosor del tallo según la edad.....	39
Ilustración 18 Densidad de matas por hectáreas.....	39
Ilustración 19 Erradicación a mano .....	40
Ilustración 20 Erradicación por palín.....	41
Ilustración 21 Erradicación por aspersora de espalda.....	41
Ilustración 22 Erradicación por toconeo .....	42
Ilustración 23 Palín vs. Cococho .....	42
Ilustración 24 Vistas del palín .....	43
Ilustración 25 Dimensiones generales del palín.....	43
Ilustración 26 Funcionamiento del palín .....	43
Ilustración 27 Radio de ataque del palín con respecto a la mata.....	44
Ilustración 28 Ajuste de la hoja al mango.....	44
Ilustración 29 Proceso de afilado del palín.....	45
Ilustración 30 Desplazamiento.....	45
Ilustración 31 Foto cococho.....	46
Ilustración 32 Funcionamiento del cococho.....	46
Ilustración 33 Guadañadora .....	47
Ilustración 34 Palas y mangos.....	48
Ilustración 35 Tipos de palas .....	50
Ilustración 36 Fumigadora .....	51
Ilustración 37 Azadones .....	51
Ilustración 38 Tamaños y forma de cabezas azadones.....	53
Ilustración 39 Picas .....	53
Ilustración 40 Machetes.....	54
Ilustración 41 Barras metálicas.....	54
Ilustración 42 Barreton .....	55
Ilustración 43 Análisis puntuación del brazo.....	57
Ilustración 44 Análisis puntuación del antebrazo.....	58

Ilustración 45 Análisis puntuación de la muñeca .....	58
Ilustración 46 Análisis puntuación del cuello .....	58
Ilustración 47 Análisis puntuación del tronco .....	59
Ilustración 48 Análisis puntuación de las piernas .....	59
Ilustración 49 Centro de masa de la herramienta, aplicación de fuerza respecto a la muñeca .....	62
Ilustración 50 Rotación de la muñeca no recomendada .....	62
Ilustración 51 Modo de asir según la línea de acción .....	64
Ilustración 52 Modos de asir y disposición de la mano .....	65
Ilustración 53 Movimientos de la muñeca en función de la empuñadura. ....	66
Ilustración 54 Modo de tomar empuñaduras horizontales y verticales .....	66
Ilustración 55 Datos referidos a las fuerzas máximas (en N), que puede ejercer el sistema de la mano. ....	67
Ilustración 56 Posición indicada del antebrazo .....	68
Ilustración 57 Angulo del antebrazo no recomendado .....	68
Ilustración 58 Cruce del antebrazo no recomendado .....	68
Ilustración 59 Codos cerca al usuario .....	69
Ilustración 60 Movimiento de la muñeca no recomendado .....	69
Ilustración 61 Herramientas que propician una espalda recta y una operación a 45° .....	69
Ilustración 62 Movimientos del cuello no recomendados .....	70
Ilustración 63 Movimientos ideales del tronco .....	70
Ilustración 64 Posición de las piernas no recomendada .....	70
Ilustración 65 Matriz morfológica .....	76
Ilustración 66 Rutas solución .....	77
Ilustración 67 Propuesta que mejor puntuación obtuvo .....	86
Ilustración 68 Evaluación proceso actual .....	87
Ilustración 69 Evaluación nueva propuesta .....	88
Ilustración 70 Características de los mangos .....	90
Ilustración 71 Configuración de puntas de palas .....	91
Ilustración 72 Propuesta A .....	93
Ilustración 73 Funcionamiento de la propuesta A .....	93
Ilustración 74 Ángulos manipulación de la herramienta .....	94
Ilustración 75 Dimensiones generales propuesta A .....	94
Ilustración 76 Propuesta B .....	95
Ilustración 77 Forma como agarra la mata .....	95
Ilustración 78 Trinche .....	96
Ilustración 79 Filo de la propuesta B .....	96
Ilustración 80 Apoyo propuesta B .....	96
Ilustración 81 Dimensiones generales propuesta B .....	97
Ilustración 82 Logo propuesta .....	97
Ilustración 83 Diagrama de fuerzas y distancias de la palanca .....	98
Ilustración 84 Ensamble y fuerzas aplicadas al palín. (Esquema de las fuerzas) .....	99
Ilustración 85 Condiciones de frontera simuladas para el Mango. ....	100
Ilustración 86 Esfuerzos equivalentes (von-Mises) para el mango .....	100
Ilustración 87 Deformaciones totales para el mango .....	101

Ilustración 88 Condiciones de frontera simuladas en el pivote .....	101
Ilustración 89 Deformaciones totales del pivote .....	102
Ilustración 90 Esfuerzos equivalentes (von-Mises) del pivote, .....	102
Ilustración 91 Condiciones de frontera de la pala.....	103
Ilustración 92 Esfuerzos equivalentes (von-Mises) de la pala .....	103
Ilustración 93 Deformaciones totales de la pala .....	103
Ilustración 94 Percutor.....	106

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Perfil de un grupo.....	25
Tabla 2 Altura y edad de la mata .....	37
Tabla 3 Puntuación global para los miembros del grupo A. ....	59
Tabla 4 Puntuación global para los miembros del grupo B. ....	60
Tabla 5 Puntuación final método rula .....	60
Tabla 6 Importancia de los criterios .....	85
Tabla 7 Matriz de calificación .....	86
Tabla 8 Información del material .....	100

## **LISTA DE ANEXOS**

- Anexo A, Relato visita cultivo
- Anexo B, Censo cultivo de coca
- Anexo C, Productos sustitutos
- Anexo D, Especificaciones de diseño
- Anexo E, Método RULA
- Anexo F, Evaluación de alternativas
- Anexo G, Planos
- Anexo H, Alternativas
- Anexo I, Fotos cultivos
- Anexo J, Vídeos erradicadores

## **GLOSARIO DE CONCEPTOS CLAVE.**

**Abducción:** Movimiento por el cual un miembro u otro órgano se aleja del plano medio que divide imaginariamente el cuerpo en dos partes simétricas.

**Abrasión:** Acción y efecto de raer o desgastar por fricción

**Asir:** Tomar o coger con la mano

**Cococho:** Herramienta utilizada en Perú para la erradicación de cultivos de coca

**Empuñadura:** Puño de un objeto; de donde se agarra

**Ergonomía:** Estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y los objetos.

**Erradicación:** Arrancar de raíz. En términos de este documento, exterminar las matas de coca.

**Glifosato:** Herbicida utilizado para la eliminación de cultivos ilícitos

**GME:** Grupos Móviles de Erradicación

**Matas Zoqueadas:** Matas que han sido cortadas cerca de la raíz

**Palanca:** Barra inflexible, recta, angular o curva, que se apoya y puede girar sobre un punto, y sirve para transmitir una fuerza.

**Palín:** Pala angosta y afilada en la punta.

**Palinear:** Trabajo realizado con la herramienta palín.

**PDS:** Sigla en ingles para especificaciones de diseño de producto

**Productividad:** Capacidad o grado de producción por unidad de trabajo.

**Pronación:** Movimiento del antebrazo que hace girar la mano de fuera a dentro presentando el dorso de ella.

**Ramales:** Cada una de las ramas que resultan como división del tallo

**Resiembras:** Volver a sembrar un terreno o parte de él por haberse malogrado la primera siembra.

**Socavar:** Excavar por debajo algo, dejándolo en falso.

**Tallo:** Órgano de las plantas que se prolonga en sentido contrario al de la raíz y sirve de sustentáculo a las hojas, flores y frutos

**Toconeo:** Arrancar tronco de un árbol por medio de corte

**Topografía:** Conjunto de particularidades que presenta un terreno en su configuración superficial.

**Usuario:** Quien utiliza un servicio o producto

**Ventaja mecánica:** Es el parámetro que resulta de dividir el valor numérico de la resistencia de un cuerpo entre la fuerza aplicada sobre este

**Zoca:** Parte del tronco de un árbol

## **INTRODUCCION**

Colombia en la lucha contra el narcotráfico y contra los grupos armados que se benefician de él, adoptó diferentes métodos de erradicación de cultivos de mata de coca, entre ellos la erradicación manual forzosa. Este proceso es poco tecnificado por las condiciones topográficas en las que se desarrolla. Estas operaciones son largas y extensivas en mano de obra y a veces trae consecuencias críticas para la salud del trabajador por la forma en que se realiza el proceso.

Los métodos actuales de erradicación demandan altos niveles de productividad y efectividad, por lo cual el desgaste físico del usuario es muy grande. Problemas como: dolores de espalda, dolor del cuello, tendinitis y el síndrome del túnel del carpio, son tan solo algunos de los problemas causados por malas posiciones corporales de trabajo. Además de esto se presentan problemas de manipulación de las matas lo cual disminuye la eficiencia y productividad.

Este proyecto nació por una noticia escuchada en la emisión del medio día en el noticiero Caracol; en la cual el presidente Álvaro Uribe Vélez hablaba de que se harían las erradicaciones de cultivos ilícitos manualmente por el impacto ambiental que generan las aspersiones aéreas y los problemas que esto generaba en la comunidad y en los países vecinos.

Por todo esto se vio la oportunidad de investigar cómo y mediante qué procesos se erradicarían las matas; teniendo la fortuna de hacer contacto con Victoria Eugenia Restrepo; directora del programa presidencial contra cultivos ilícitos, la cual nos invito a ser parte el día 5 de febrero del 2008 de la primera fase de erradicación de cultivos de coca en Antioquia en el municipio de Caucaasia, con el fin de hacer una investigación profunda de todo lo relacionado con este tema (ver anexo A, relato visita cultivos).

## 1 ANTECEDENTES

Durante las décadas ochenta y noventa, Colombia se convirtió en el país con la mayor área de cultivos de coca y de producción de cocaína en el mundo y los cultivos de coca en Colombia se expandieron constantemente sobre todo en áreas remotas de la cuenca del Amazonas. Aunque los cultivos de coca comenzaron a disminuir en el 2001<sup>1</sup>, Colombia es todavía el mayor cultivador de coca en el mundo. No es para nadie un secreto que Colombia es el principal productor de drogas en el mundo, de ahí que las “mafias” sean las encargadas de suministrar, cuidar y distribuir los estupefacientes, lo que a su vez ha generado una enorme ola de violencia en la última década en todo el territorio Colombiano.

Para contrarrestar los efectos devastadores de los cultivos ilícitos y en general, del narcotráfico, el Gobierno Nacional estableció como prioritario en su plan de desarrollo “Hacia un Estado Comunitario”, el establecimiento de una política de lucha contra el problema de las drogas ilícitas y el crimen organizado, la cual está orientada hacia la desarticulación de los procesos de producción, comercialización y consumo de drogas, promoviendo la erradicación forzosa y voluntaria de los cultivos ilícitos y la interdicción (aérea, marítima, fluvial y terrestre) del narcotráfico.

Los logros en la reducción de los cultivos ilícitos en zonas tradicionalmente cocaleras y amapoleras, han sido acompañados de un fenómeno de traslado hacia nuevas zonas de economía campesina, cercanas a asentamientos humanos, o áreas pertenecientes al Sistema Nacional de Parques Naturales y/o cercanas a cuerpos de agua estáticos (lagos, lagunas, estanques), corrientes de agua. En esos territorios, los cultivos ilícitos empiezan a generar el efecto destructivo de las bases sociales, económicas y ambientales, que si no es contrarrestado a tiempo derivará en situaciones de pérdida de la gobernabilidad, como ha ocurrido en otras zonas.

---

<sup>1</sup>Programa de las Naciones Unidas para la Fiscalización Internacional de Drogas, Tendencias Mundiales de las Drogas Ilícitas, 2001.

Es por estas razones que el Gobierno Nacional ha considerado necesario el establecimiento de una estrategia de erradicación manual y mecánica forzosa, que complemente las acciones de aspersión, interdicción y desarrollo alternativo, que hacen parte integral de la política de lucha contra las drogas ilícitas. Así, se busca desarrollar una estrategia que recoja la experiencia peruana, que lidera el proyecto Especial Control y Reducción de Coca en el Alto Huallaga (CORAH)<sup>2</sup>.

La estrategia de erradicación manual se encuentra bajo la responsabilidad de la Agencia Presidencial para la Acción Social y se realiza por medio de los Grupos Móviles de Erradicación (GME), conformados por campesinos o reinsertados de los grupos ilegales con apoyo de la Policía Antinarcóticos y las Fuerzas Militares. En junio del 2004 en pensilvania caldas se hizo la primera prueba piloto del proyecto de erradicación manual y ese mismo año, en octubre, arrancó el funcionamiento del GME en putumayo y la sierra nevada.

De manera complementaria, la Policía Nacional implementó el plan institucional “Todos Contra la Coca” por medio del cual se encomendó a los comandantes de departamento de policía la responsabilidad de apoyar la erradicación manual.

La erradicación de estas plantas en Colombia se viene haciendo por medio de diferentes métodos de erradicación, manuales o mecánicos, según lo exijan las condiciones del territorio.

Actualmente se genera una discusión sobre cuál debería ser el método de erradicación por el uso de fumigaciones con glifosato, pues aunque científicamente estas cumplen su objetivo, todavía hay cierta confusión al respecto y se cree que las consecuencias de fumigar los parques nacionales podrían ser catastróficas. Las evidencias empíricas demuestran que la disminución de cultivos ilícitos de esta forma podría acabar con muchos ecosistemas y sin embargo, el problema seguiría igual o incluso mayor. Esto ha traído muchos problemas con la comunidad protectora del medio ambiente, con los campesinos y con las entidades de los países vecinos que dicen ser afectados por estas fumigaciones.

---

<sup>2</sup> Según informe del CORAH del 19 de agosto de 2004 entre 1983 y 2004 el proyecto contribuyó con la erradicación de 77.025 hectáreas de coca en el Perú.

Colombia no es el primer país en implementar la erradicación manual forzosa de cultivos ilícitos y aunque se dice que cada país debe implementar sus propias estrategias ya que la topografía cambia según la región donde se realiza el proceso de “desmonte”, se deben tener en cuenta sus antecedentes. Este proceso fue implementado hace aproximadamente 10 años en países como Afganistán y Tailandia y hace poco en Perú, donde la erradicación de estos cultivos se hizo a través de una herramienta especializada para dicha labor llamada “cococho”, la cual sujeta la mata del tallo y por medio de una palanca el usuario la arranca de raíz; esta herramienta se utilizó en Colombia pero no tuvo gran acogida por parte de los erradicadores pues era muy pesada y por la topografía colombiana no se adaptaba muy bien y decidieron seguir con los métodos tradicionales antes mencionados.

Un país como Tailandia que llegó a ser la capital mundial del narcotráfico en los 80's y hoy es reconocida como capital mundial del turismo, nos brinda un escenario alentador ya que Colombia es considerado un país mega diverso, generando un ambiente óptimo para el turismo ecológico.

## 2 JUSTIFICACION

Colombia continúa siendo el mayor cultivador de coca en el mundo y responsable del 62% del suministro mundial de cocaína, adicionalmente, la reducción del cultivo de coca es relativamente pequeña en comparación con el significativo aumento de la erradicación realizada: una reducción neta de 8.000 hectáreas comparada con el cultivo de coca en 2005 a pesar de la combinación de aspersión aérea y erradicación manual forzosa de más de 200.000 hectáreas<sup>3</sup>.

Por tercer año consecutivo la erradicación manual forzosa aumentó hasta 41.346 hectáreas de cultivos de coca lo que representa un aumento de 32% comparado con 2005<sup>4</sup>. Las actividades de erradicación manual forzosa se realizaron en 20 departamentos. Casi la mitad de la erradicación manual se llevó a cabo en Nariño, Meta, Putumayo y Cauca.

Colombia intensificó sus esfuerzos de erradicación en el 2006, destruyendo cantidades récord de coca. Comparado con el año anterior, la aspersión aérea aumentó el 24% al pasar de 138.775 a 172.025 hectáreas y la erradicación manual se incrementó en una tercera parte, de 31.285 a 41.346 hectáreas. Esta última cifra es impresionante: Colombia erradicó manualmente el pasado año la misma cantidad de coca que la que se cultivó en Perú. Como resultado de estos decididos esfuerzos, el área cultivada con coca en Colombia disminuyó el 9% en 2006 hasta 78.000 hectáreas- la cifra más baja en los últimos diez años<sup>5</sup>.

Según el Acción Social en el 2007 se erradicaron 66.800 hectáreas de mata de coca y en lo que va del 2008 han erradicado 18.000 hectáreas.

La erradicación manual tiene un mayor impacto sobre la producción de coca puesto que las plantas son totalmente arrancadas. Comparada con otros sistemas de erradicación, es relativamente menos costosa y genera menor impacto sobre los ecosistemas con importancia ambiental, como las zonas de

---

<sup>3</sup> <http://www.cultivosilicitoscolombia.gov.co/>

<sup>4</sup> <http://www.cultivosilicitoscolombia.gov.co/home.htm>

<sup>5</sup> [http://www.cultivosilicitoscolombia.gov.co/documentos/CultivosIllicitos/resumen\\_censo\\_04.pdf](http://www.cultivosilicitoscolombia.gov.co/documentos/CultivosIllicitos/resumen_censo_04.pdf)

parques naturales y las reservas naturales, públicas o privadas, donde no resulta posible implementar acciones de aspersión aérea o de desarrollo alternativo. Además la resiembra de estos cultivos significa costos para el campesino ya que se requiere de aproximadamente ocho meses entre la siembra y la primera cosecha con una baja productividad en la etapa inicial.

Así mismo, cuando se trata de territorios que se encuentran dentro de la frontera agrícola, la erradicación manual y mecánica forzosa minimiza el impacto negativo sobre los cultivos productivos lícitos.

Colombia cuenta con un presupuesto de 80 millones de dólares al año para la erradicación manual de cultivos ilegales y con 3.300 campesinos de todas las regiones del país que se convirtieron en erradicadores para acabar con 50.000 hectáreas antes de que se acabe el año.<sup>6</sup>

Pero los métodos y las herramientas utilizadas para la erradicación manual son muy precarias y llevan al erradicador a hacer grandes esfuerzos físicos y desgastantes, necesitando una gran cantidad de recursos humanos para poder tener una mayor eficiencia y así obtener los resultados esperados.

Las herramientas utilizadas no son adecuadas o no están hechas para la labor específica de erradicación manual de cultivos y no cuentan con los requerimientos necesarios para suplir las necesidades del usuario; características ergonómicas y antropométricas como comodidad, una correcta posición de trabajo, el peso adecuado, etc. y que además cuenten con la correcta eficiencia para que el usuario tenga que hacer el menor esfuerzo y tenga mecanismos específicos para un mejor desempeño a la hora de erradicar, el fácil transporte de sus herramientas y el tener en cuenta las condiciones del entorno.

Entonces se justifica desarrollar una herramienta específica para la erradicación manual de cultivos de mata de coca que cumpla con los requerimientos del usuario y del entorno para darle mayores resultados y facilidades a la labor que lleva a cabo la presidencia de la república en su lucha contra el narcotráfico y aplicar los conceptos vistos durante toda la carrera, que nos puedan servir para

---

<sup>6</sup> Revista cromos, edición # 4.668, agosto 27 de 2007, Pág. 68-71

llevar a cabo este último proyecto que es tan importante para la culminación de este proceso de aprendizaje de pregrado.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL:**

Desarrollar y fabricar una herramienta para la erradicación manual de cultivos ilícitos de mata de coca, que brinde al erradicador mayor efectividad y rapidez a la hora de realizar su labor, teniendo en cuenta las características ergonómicas para su comodidad y fácil manipulación.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Hacer un análisis detallado del entorno y del usuario para el que se concibe el producto y extraer las necesidades básicas de la erradicación manual
- Hacer un análisis de artefactos sustitutos existentes en el mercado, mediante consultas a diferentes fuentes, con el fin de establecer mecanismos, procesos de ensamble, manufactura y materiales que ayuden a la corporificación de nuestra herramienta.
- Plantear las especificaciones de diseño de producto (PDS) y el Brief teniendo en cuenta los análisis previamente realizados.
- Realizar un proceso de diseño que dé como resultado el planteamiento de alternativas de productos acordes a las necesidades y especificaciones
- Hacer análisis mecánicos y estructurales para obtener una solución más factible
- Construir un prototipo funcional con el fin de que este pueda ser usado en un futuro próximo en dicha labor de erradicación, con materiales y procesos disponibles en Colombia.

#### 4 ANÁLISIS DEL USUARIO

Los erradicadores manuales están en un rango de edad entre los 20-45 años, son personas de estrato socio económico bajo, provenientes mayormente del campo y de todas las regiones del país. Estos participan bien sea por recomendación de alguna persona que haya estado realizando la labor con anterioridad o por convocatorias públicas que se hacen días previos al proceso de erradicación. “Se escoge gente que sepa trabajar fuerte, que tenga experiencia en trabajo de finca, que sea desprendida de la familia, de la ciudad, que tenga buena disciplina y estado físico. Simplemente se llena el formato con el beneficiario del pago, vacunas de fiebre amarilla y las que se necesiten y una foto y listo”, explica Fernando Guevara, capataz del grupo de Caucasia.

El salario es de un millón ciento ochenta mil pesos el cual es consignado al finalizar los dos meses. Además cuentan con seguridad social, prestaciones y pensión, todo esto es lo que hace que el trabajador tome la decisión de internarse en la selva pese a las condiciones que esto representa.

Los grupos móviles de erradicación (GME<sup>7</sup>) se conforman según el área a erradicar y esta divididos de la siguiente manera. 28 erradicadores, 2 rancheros los cuales son escogidos del mismo grupo, un capataz y un topógrafo, este ultimo pertenece a las Naciones Unidas (UN) y su trabajo es identificar y graficar la ubicación de los cultivos para su posterior judicialización (expropiación de tierras).

Se alojan en un campamento provisto de carpas, dotación y comida donde pasaran el tiempo que dure la fase y además están protegidos por dos anillos de seguridad (uno interior de la Policía Nacional y uno exterior del Ejército Nacional)

---

<sup>7</sup> GME (Grupos Móviles de Erradicación)



Ilustración 1 Campamento Caucaasia

Los grupos son monitoreados por Coordinadores y Jefes Zonales que pertenecen a la Agencia Presidencial para la Acción social y la Cooperación Internacional, quienes previamente al inicio de las tareas de erradicación se desplazan por los diferentes departamentos del país de convocatoria, con el fin de explicar las condiciones técnicas y de seguridad en que se llevarán a cabo las actividades de erradicación.



Ilustración 2 Acompañamiento ONU y Policía.

Los erradicadores recorren por día unas 50 hectáreas en busca de los cultivos desde su campamento hasta volver y cada grupo (28 erradicadores) erradica en promedio 3 hectáreas de cultivos de coca.

Los grupos tienen las siguientes características:

<b>PERFIL DE UN GRUPO</b>	
<b>Grupo de erradicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 capataz, que es la persona encargada en campo.</li> <li>• 2 Rancheros quienes se encargaran de la preparación de los alimentos del grupo de erradicadores, los cuales saldrán del mismo equipo.</li> <li>• 28 erradicadores, campesinos con experiencia en labores de campo.</li> <li>• Topógrafo encargado de efectuar las mediciones y verificaciones de las áreas de trabajo, contratado por Naciones Unidas para el año 2007(se estima el apoyo de 1 topógrafo por cada 3 Grupos de trabajo)</li> <li>• Enfermero o médico dependiendo del número de grupos por punto de erradicación (estimado para cada 5 grupos de trabajo)</li> </ul>
<b>Implementos</b>	Jeans, camisetas, botas, distintivo (cachucha, pañoleta), guantes, capa.
<b>Materiales y Equipos</b>	Carpa bipersonal, colchoneta o estera, linternas, palines, machetes, limas, dotación de cocina (cubiertos, cucharones, ollas, pailas, platos, tazones, cuchillos).

Tabla 1 Perfil de un grupo.



Ilustración 3 Perfil de un grupo.

Se emplean varias maneras de llegar a los cultivos por parte de los GME, el primero es caminando; muchas veces días hasta llegar al punto de trabajo, en carro si hay carretera, o si la geografía no lo permite o bien hay presencia de grupos armados cerca de los cultivos, se hace de manera helicoportada. Esta última es la que se va utilizar en el año 2008 ya que agiliza las operaciones y disminuye el riesgo de transitar por lugares no seguros, cabe recordad que es muy costoso, pues los helicópteros que se emplean en esta labor son alquilados y la hora de vuelo esta actualmente a 5200 US.



Ilustración 4 Ingreso helicopuerto al campamento

La seguridad de estos grupos está a cargo de la policía nacional o el ejército, estos se dividen estratégicamente todo el territorio nacional con el fin de ser más efectivos en ciertos lugares. Cuentan con un grupo de avanzada el cual asegura el terreno días previos al proceso de erradicación para evitar posibles inconvenientes como los que se han presentado en ocasiones pasadas (muerte de erradicadores por fuego enemigo, o minas antipersonales).

El método a utilizar por los erradicadores considera la erradicación a mano con el apoyo de palines y en última instancia, la aplicación de glifosato, mediante una aspersora de espalda, en la dosis recomendada técnicamente, una vez arrancada la mata. Previo a la realización de sus labores, cada integrante de los grupos encargados de la erradicación recibirá capacitación, por medio de un taller sobre “manejo seguro de agroquímicos y calibración de equipos” cuando se haga necesario.

Se ha estimado que la productividad media de un grupo es de 3 hectáreas erradicadas diariamente por el método manual. No obstante, este cálculo varía mucho, dependiendo de las condiciones topográficas, climáticas y de seguridad de cada zona donde se lleve a cabo la erradicación; cuando el terreno es plano; 5 hectáreas, cuando es ligeramente montañoso; 3 hectáreas y en falda; 2 hectáreas por día.

Generalmente los cultivos ilícitos se encuentran en lugares de difícil acceso bien sea por presencia de grupos al margen de la ley o por las condiciones geográficas y topográficas de los terrenos. Es por esto que el proceso logístico

que conlleva llegar a un cultivo y arrancarlo demanda mucha preparación. Por un lado está el eminente peligro que corren los grupos que llegan a estas zonas al poder ser blanco de ataques armados o presencia de minas antipersonales, las cuales son sembradas a los alrededores de los cultivos o en muchos casos en los mismos cultivos, con el fin de atentar contra la vida de las personas que lleguen a cumplir cualquier tipo de labor que vaya en contra de los intereses de los dueños de estos sembrados.

Una vez listos, hacen la formación ilusionados con recibir sus tragos (chocolate y pan): la primera fuente de energía para arrancar las quinientas matas que en promedio erradican en una jornada de ocho horas diarias, de seis de la mañana a dos de la tarde, jornada que a veces cambia según la meta impuesta por los topógrafos. Reciben sus instrucciones y se preparan para la labor, mientras el personal antiexplosivos del Ejército o la policía hacen la labor de reconocimiento del terreno, muchas veces con perros y detectores antiminas.



Ilustración 5 Formación guiada por la policía.

Luego de recibir sus instrucciones cada grupo se dirige para el área que le corresponde con su equipaje (bolso con su comida y su uniforme) y herramientas (un palín, un machete y una lima por cada 2 erradicadores). Algo para tener en cuenta es la manera como cargan el palín, pues es muy pesado (2 Kg.) y muy largo (150 cm.) para desenvolverse en terrenos tan difíciles.



Ilustración 6 Desplazamiento a la zona a erradicar.

El territorio es tan vasto, que los erradicadores de un grupo no conocen a los hombres de los otros, en caucasia donde se hizo el trabajo de campo entre cultivos había aproximadamente media hora de camino entre cultivos y se camina entre faldas, terrenos despejados sin mucha sombra, terreno resbaladizo, zonas selváticas, ríos y un calor de casi 34°



Ilustración 7 Obstáculos geográficos.

Cuando se llega al cultivo se empieza a erradicar; el proceso lo efectúan dos personas por mata, uno “palinea” o socava y el otro hala la mata, esta labor se va intercalando a lo largo de la jornada de acuerdo al terreno. Si cada grupo erradica entre 2 y 3 hectáreas diarias y en promedio hay 10000 matas por hectárea cada pareja erradica 1800 matas diarias. Y si de las 8 horas de la jornada de los erradicadores se quitan los desplazamientos a los cultivos, la hora del desayuno y el almuerzo; cada pareja erradica unas 300 matas por hora aproximadamente

La parte más difícil además de peligrosa en la etapa de erradicación de las matas de coca, es cuando han sido zoqueadas con anterioridad, bien sea para

que no las identifiquen desde el aire en previos reconocimientos aéreos o para que la mata tenga una nueva cosecha de hojas. Generalmente este proceso se hace 4 veces al año por mata y es cortada casi desde la raíz .aprox. 15 a 20cm de la tierra haciendo que sea una labor difícil, ya que no se cuenta con suficiente “volumen” para tirar de la mata; proceso que es realizado por otra persona diferente a la que porta el palín, este tiene que acercarse peligrosamente las manos al palín pudiendo presentarse un accidente, aunque en otros casos es sacado exclusivamente con el palín demandando un mayor desgaste del erradicador, aumentando el tiempo por mata.



Ilustración 8 Erradicación matas zoqueadas

Tienen una media hora para su desayuno o muchas veces desayunan antes de salir y una hora para el almuerzo que les preparan los que se quedan en el campamento y que ellos llevan en sus bolsos. En esa hora ellos preparan y le dan mantenimiento a sus herramientas, limando la punta del palín para que penetre mejor el suelo y también apretando y ajustando el vástago (palo) con el palín (ver estado del arte).



Ilustración 9 Tiempo de descanso.

En el camino la fuerza pública se encuentra con raspaderos y laboratorios donde procesan la pasta de coca, que a su vez son analizados y destruidos



Ilustración 10 Quema de laboratorio.

Cuando se llega la hora en que terminan, ya sea porque se ha cumplido la meta o por que han terminado su jornada, caminan una hora hasta el campamento, lavan la ropa, comen y se preparan para dormir, porque al otro día les esperan más hectáreas por erradicar.

Aunque tienen una vigilancia de la ARP, no hay una normatividad para esta labor de erradicación manual de cultivos ilícitos y por ende Acción Social paga el riesgo más alto. La ARP está pendiente más que todo en los elementos de seguridad y de la prestación de servicios de salud dentro de los GME.

Los problemas físicos que se presentan con más frecuencia en los erradicadores son: dolor de espalda bien sea por el proceso de “palineo” o al arrancar las matas, también se presenta por el “mal dormir”, pues la esterilla con la que cuentan para dormir no les brinda el suficiente aislamiento térmico con respecto al suelo, si se tiene en cuenta que duermen en la selva por periodos aproximadamente de 2 mes como mínimo, se genera un constante deterioro ya que no pueden conciliar fácilmente el sueño después de las jornadas de trabajo. Además de esto se presenta una alergia el algunos erradicadores por el contacto de la piel con las hojas de coca, esta es conocida como “picadura de coca”.

La gente es difícil de manejar, es difícil que ellos entiendan el manejo de la disciplina por la seguridad. La disciplina también tiene otra razón de ser: cumplir la meta que el Plan Colombia ha establecido para la erradicación de cultivos ilícitos y la meta zonal que ellos deben cumplir.

Las claves de este proceso han sido los campesinos que habitan la zona rural del municipio; que decidieron dejar atrás el miedo y las ganancias que les producían los sembrados de coca para retomar el café, el cacao, el ganado. Por cada cincuenta arrobas de coca, ellos sacaban un kilo de pasta base de coca y eso representa más o menos unos tres millones y medio, dependiendo de la calidad de la pasta.

## 5 ANÁLISIS DEL ENTORNO

En el proceso de erradicación manual de cultivos de coca el entorno juega un papel fundamental en la efectividad de la labor en aspectos tales como: condiciones topográficas, factores atmosféricos, tipos de suelo, extensión del terreno, hectáreas sembradas, características de la mata y del cultivo. Sin dejar a un lado los factores externos a la labor como los grupos emergentes y al margen de la ley que están ligados al narcotráfico y que entorpecen la erradicación.

### 5.1 TERRITORIO

En Colombia la erradicación manual de cultivos ilícitos se presenta en 20 de los 23 departamentos donde se cultiva la mata de coca. Hasta el 2006 había 78.000 hectáreas sembradas de coca en todo el territorio nacional, con una erradicación manual para el mismo año de 41.346 hectáreas.

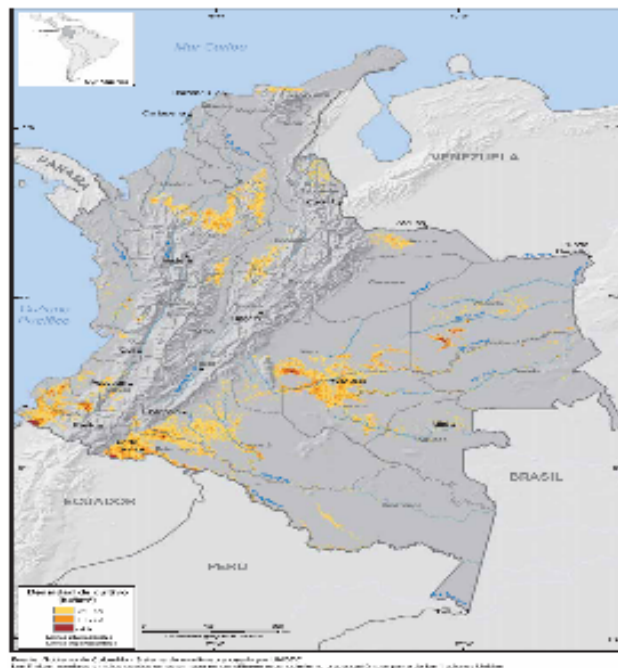


Ilustración 11 Densidad de cultivos de coca en Colombia, 2006

## 5.2 TOPOGRAFÍA

Haciendo un análisis de todo el territorio nacional la topografía en la que están sembrados los cultivos varía desde grandes valles y planicies hasta terrenos muy montañosos e irregulares, con pendientes que van desde los 0 a los 70 grados. Para acceder los cultivos muchas veces hay que atravesar zonas selváticas y con grandes obstáculos naturales como maleza, zonas sin caminos, ríos, grandes pendientes y suelos muy húmedos



Ilustración 12 Topografía en la que se encuentran los cultivos de coca

## 5.3 TEMPERATURA

La coca es un cultivo de clima caliente principalmente y se ha encontrado en 22 departamentos a lo largo y ancho del territorio Colombiano, se siembra desde 1 hasta los 1500 metros sobre el nivel del mar y temperaturas que oscilan entre los entre 15°C y 35°C. Las dependiendo de la altitud.

#### 5.4 HUMEDAD AMBIENTAL

Es bastante diversa y obedece este fenómeno a las características tan especiales que presentan cada una de las regiones donde se siembra la coca (que abarca los máximos y mínimos de la geografía colombiana), afectadas por factores tales como la altura, la temperatura, la vegetación, las masas de agua próximas o la ausencia de ellas, los vientos planetarios y los locales y las lluvias. Las regiones donde se registra la mayor lluviosidad, coincidiendo con un altísimo grado de humedad atmosférica, son las costas selváticas del Chocó, donde el promedio de lluvias es de 12.000 mm por lo cual figuran entre las más elevadas del mundo; la Amazonía y la Orinoquía, le siguen en su orden. La circunstancia opuesta en lo que a precipitaciones acuosas se refiere, se encuentra en Uribia (Guajira), donde el pluviómetro señala escasos 333 mm al año. En épocas de sequía, la humedad registrada en algunos lugares del valle del Cauca, la sabana de Bogotá y Girardot es aún inferior<sup>8</sup>.

#### 5.5 PISOS TÉRMICOS

Como la coca se siembra desde 1 hasta 1500 metros sobre el nivel del mar se da en un *piso térmico cálido* y en *piso térmico templado*.

El cálido comprende las tierras calientes entre 0 y mil metros de altura sobre el nivel del mar con una temperatura superior a los 24 grados centígrados (24°C). El clima presenta características similares al de las llanuras ecuatoriales y tropicales: lluvias abundantes y altas temperaturas, que suelen llegar a promedios anuales superiores a los 29°C, como ocurre en el valle del Magdalena. Las selvas predominan en varios tramos de este valle y en las laderas de la cordillera Occidental y los bosques menos húmedos en el valle del Cauca.

Corresponde a las tierras templadas, regiones entre los 1.000 y 2.000 m de altura. Su temperatura oscila entre los 17 y 22°C. Las lluvias son también variables: hasta los 1.700m de altura, oscilan de 2.000 mm a 2.500 mm anuales<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> <http://pwp.supercabletv.net.co/garcru/colombia/Colombia/clima.html>

<sup>9</sup> *ibíd.*

## **5.6 TIPOS DE SUELO**

El tipo de suelo varía según la región; hay regiones donde el suelo es muy húmedo y suelto donde la herramienta entra más fácil y otras en las que el suelo es más seco y por ende más difícil de penetrar. También hay suelos muy rocosos o con grava que entorpecen la labor y que acaban fácilmente con la herramienta por la abrasión que genera.

## **5.7 FACTORES EXTERNOS**

Los grupos al margen de la ley responsables de los cultivos de coca; llámese FARC, paramilitares o simplemente narcotraficantes, impiden por varios medios la erradicación de sus cultivos poniéndole a los grupos móviles de erradicación obstáculos y trabas.

La principal arma en contra de la erradicación son las minas antipersonales que se siembran alrededor de los cultivos, en los caminos o en matas específicas. También ponen trampas con armas hechizas con perdigones que son activadas al paso de la gente, les envenenan el agua y las frutas de los árboles. Además les hacen hostigamientos guerrilleros disparándoles desde las montañas, hiriendo, matando y hasta secuestrando a algunos erradicadores.

## **5.8 ANÁLISIS DE LA MATA Y DEL CULTIVO**

### **5.8.1 Variedad**

Existen gran variedad de nombres con lo que se conoce “vulgarmente” las matas de coca, estos varían de acuerdo a la zona en la que se encuentre. Tingo María, Peruana, Amarga, Cuarentana, Boliviana, Boliviana Negra, Dulce y Pajarita, son solo algunos de los nombres con los que se conoce las matas sin embargo dichos nombres no guardan una relación exacta con las tres variedades formalmente reconocidas.

La asignación de nombres comunes se hace principalmente con base en las variaciones de las características agronómicas del cultivo (tamaño, forma de la

hoja, porte de la planta, color, entre otras), procedencia de la semilla y rendimiento del cultivo. Algunos de los nombres guardan cierta relación con la variedad, por ejemplo el nombre de “pajarita” corresponde generalmente a E. Novogranatense var. Novogranatense, mientras que como “peruana” y “boliviana” se utilizan principalmente para la variedad E. coca var. coca. Sin embargo la única manera de diferenciar variedades es realizar un análisis morfológico detallado<sup>10</sup>.

El género *Erythroxylum* pertenece a la familia Erythroxylaceae y posee alrededor de 230 especies distribuidas en los trópicos del mundo. En Colombia se han registrado alrededor de 30 especies silvestres. Las especies de *Erythroxylum* son arbustos, rara vez árboles, con hojas simples, alternas con estipulas conspicuas, flor blanca agrupadas en fascículos y frutas en drupa. En Colombia se cultiva la variedad *Erythroxylum novogranatense* var. novogranatense, *Erythroxylum coca* var. ipadu por el contenido del alcaloide cocaína<sup>11</sup>.

Según Acción Social estas variedades de mata no afectan en el desempeño de la labor, es decir una variedad no es más difícil o más fácil de arrancar que otra, en esa dificultad inciden otros factores como la edad de la mata, la zoca entre otras que más adelante analizamos

El color del cultivo puede variar un poco desde el verde oscuro hasta el verde claro, dependiendo del cultivo o de la región del país.



Ilustración 13 Variedad de colores de las matas

---

<sup>10</sup> Guía para la identificación de variedades de “COCA” cultivadas en Colombia (Acción Social)

<sup>11</sup> *Ibid.*

La mayoría de las veces la coca se halla sembrada junto a cultivos de plátano, yuca o maíz



Ilustración 14 Cultivos de coca sembrados junto a otros cultivos

En otros cultivos no hay malezas, especialmente cuando las plantas tienen menos de seis meses de edad o una altura por debajo de la rodilla. Los cultivos pueden tener distintas alturas dependiendo de la edad como se ve la ilustración 15. También hay que tener en cuenta que los cultivadores zoquean las matas (las cortan muy cerca de su tallo) para hacer más peligrosa y difícil su erradicación.

Altura y edad de matas de coca:

Referencia Humana	Altura	Edad
Hasta la rodilla	50 cm	3 – 6 meses
Hasta la cadera	1 m	6 -9 meses
Hasta el pecho	1.40 m	9 – 12 meses
Hasta la cabeza	1.70 m	1 – 2 años
Por encima de la cabeza	1.80	3 – 4 años
Por encima de la mano	2.10 m	más de 5 años

Tabla 2 Altura y edad de la mata



Ilustración 15 Altura y edad de la mata

### 5.8.2 Hojas

La coca es un arbusto usualmente con hojas de punta redondeada cuya longitud puede variar entre 3 cm. y 12 cm., son de color verde pálido y con flores muy pequeñas de color blanco. El tronco y las ramas van desde el color rojo hasta el café claro. Los frutos maduros son de color rojo o amarillo y el arbusto casi siempre tiene un tallo central de donde nacen sus ramas



Ilustración 16 Características de la hoja de coca

Por debajo sus hojas son verde claro y tiene una textura suave como de terciopelo. Cuando se desentierra, su raíz es fuerte, dura y esta profunda.

Algunos arbustos no tienen tallo central, sino ramas que salen del suelo y pueden tener más de 20 ramas saliendo de su tallo.

### 5.8.3 Tallo

El grosor de los tallos varía según la edad y puede tener un máximo aproximado de 8 cm<sup>12</sup>, así como el número de ramales del tallo.



Ilustración 17 Tipo y grosor del tallo según la edad

### 5.8.4 Densidad

La densidad promedio de matas de coca por cada hectárea es de 14.500, en cultivos con plantas grandes puede haber 9000 plantas por hectárea y en cultivos con plantas muy pequeñas pueden llegar a 20000 plantas por hectárea.



Ilustración 18 Densidad de matas por hectáreas

<sup>12</sup> Guía para la identificación de variedades de "COCA" cultivadas en Colombia (Acción Social)

## **6 ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE**

A lo largo de las erradicaciones manuales se han desarrollado diferentes técnicas y herramientas, con el fin de mejorar la efectividad y productividad de este proceso.

Los grupos cuentan con diferentes métodos de erradicación, manuales o mecánicos, según lo exijan las condiciones del territorio. Las modalidades previstas son:

### **6.1 ERRADICACIÓN A MANO**

Consiste en el control de cultivos ilícitos mediante la fuerza física del operario el cual sujeta la planta y la hala, produciendo el desprendimiento de raíces del suelo con la consecuente muerte por deshidratación de la planta, se sugiere para plantaciones de ilícitos de corta edad con alturas aproximadas de 0.8 metros. Su efectividad es del 100%



Ilustración 19 Erradicación a mano

### **6.2 ERRADICACIÓN MANUAL POR PALINES**

Consiste en la erradicación de cultivos ilícitos mediante la utilización de palines (ver análisis de herramientas). Este método se basa en el uso de herramientas, que permiten desenterrar las plantas de coca o amapola. Su efectividad es del 100 % y se recomienda en plantaciones hasta de 1.8 metros.



Ilustración 20 Eradicación por palín.

### **6.3 ERRADICACIÓN MECÁNICA POR ASPERSORA DE ESPALDA**

Para este método se utiliza el herbicida glifosato en concentraciones recomendadas por los fabricantes de 10 lt/ha. Es necesario capacitar a los operarios en la aplicación del agroquímico y en los cuidados a tener según las normas de salud además calibrar el equipo para determinar la cantidad de agua a utilizar en el lote a erradicar. Se recomienda para cultivos donde no es posible utilizar los métodos anteriores.



Ilustración 21 Eradicación por aspersora de espalda

### **6.4 ERRADICACIÓN POR TOCONEO**

Este método se emplea, en cultivos antiguos, el cual se apoya en el uso de guadañadoras de disco para cortar el arbusto y posteriormente el corte en cruz

de la cepa de la planta para la aplicación de venenos conforme en las cantidades establecidas técnicamente para este fin.



Ilustración 22 Erradicación por toconeo

A continuación se hace un resumen del estado del arte a partir de la investigación de campo, para el cumplimiento de la labor de erradicación por medio de palines y también el análisis de la herramienta implementada en Perú (cococho) para esta misma labor de erradicación manual



Colombia (Palín)

Perú (Cococho)

Ilustración 23 Palín vs. Cococho

## 6.5 ANÁLISIS PALÍN

Es la herramienta usada actualmente en el proceso de erradicación en Colombia. Es una pala angosta en los lados, afilada en la punta y ayuda a que el usuario con pocos golpes socave y corte la raíz, permitiendo así que la persona que hala la mata pueda hacerlo de manera rápida y con menos desgaste físico.

Anteriormente los mangos de los palines eran en madera, esto generaba grandes problemas en el campo de trabajo, pues se quebraban en la unión con el palín y era muy difícil sacarlo. Por esto se cambio en las últimas erradicaciones por tubería metálica; lo cual acabó con el problema y a su vez ayudo a efectuar la labor más fácilmente y rápidamente por el peso extra que aporta.

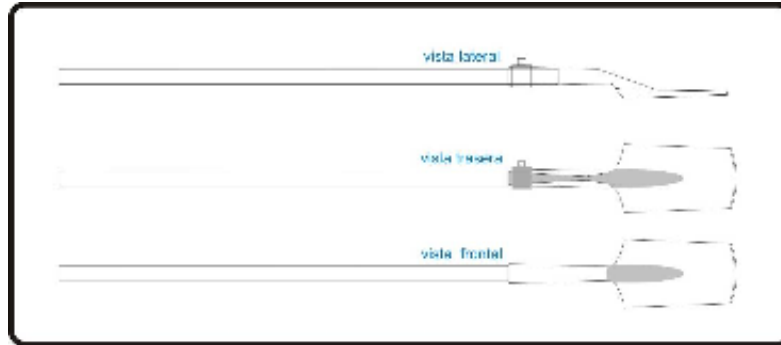


Ilustración 24 Vistas del palín

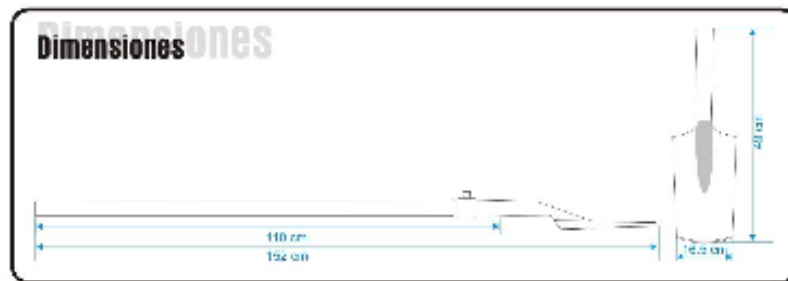


Ilustración 25 Dimensiones generales del palín.

En la ilustración 26 se muestra el funcionamiento de la herramienta. “A” es la palanca que se hace para debilitar la mata, “B” es la profundidad máxima que alcanza la cuchilla del palín al entrar en la tierra la cual es de 15 cm. aproximadamente

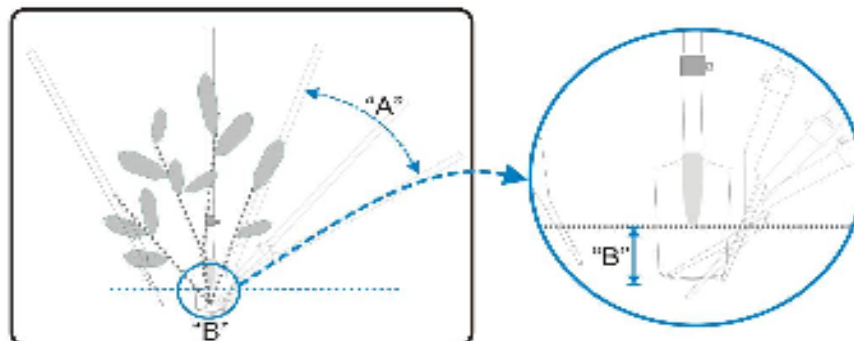


Ilustración 26 Funcionamiento del palín

En la ilustración 27 se ve la manera como se golpea y debilita la mata alrededor del tallo para su posterior arranque. La distancia del corte con respecto a la base del tallo es de una cuarta (20cm.) aprox.

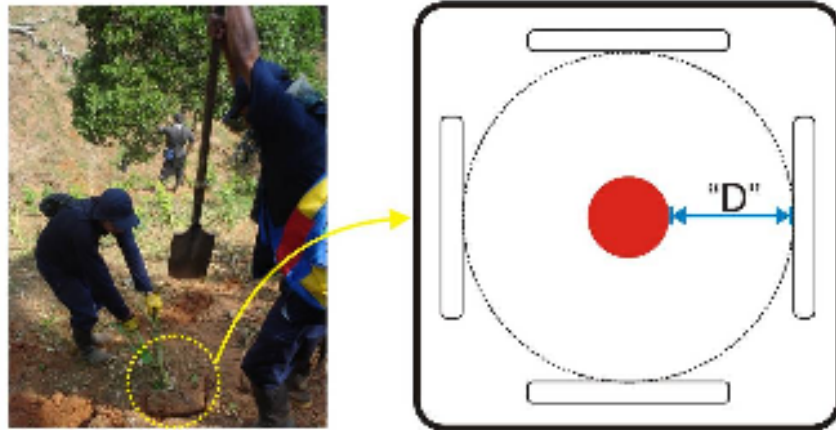


Ilustración 27 Radio de ataque del palín con respecto a la mata.

Los erradicadores cuentan con herramientas mínimas necesarias para ajuste del palín, pues este se va desajustando a medida que avanzando la jornada. Para esto cuentan una llave boca fija #12 que permite al usuario ajustar la abrazadera que une el palín con el mango, permitiendo una mayor fijación. En otros casos el palín no viene con abrazadera y se desajustan con facilidad causando un retraso en la labor y hay algunos que hicieron pruebas soldando el palín con el tubo pero los puntos de soldadura se reventaban y dejaban inservible la herramienta en el campo de trabajo.



Ilustración 28 Ajuste de la hoja al mango.

También cargan por parejas una “lima” que se usa ante, durante y después de cada jornada para sacarle filo en la cara frontal del palín, cabe decir que la duración del filo depende únicamente del suelo, a mayor dureza mayor desgaste; además si el terreno es pedroso hará que el filo no dure mucho y el desgaste físico aumente.



Ilustración 29 Proceso de afilado del palín.

Los palines no cuentan con elementos que les brinden una mayor comodidad o facilidad a la hora del transporte, además se han presentado accidentes en los desplazamientos en fila, pues con algún descuido o caída se lesionan fácilmente con la herramienta.



Ilustración 30 Desplazamiento

## 6.6 ANÁLISIS COCOCHO

El Coccocho fue una herramienta creada en Perú para arrancar matas de coca por medio de palanca. Su funcionamiento consiste en fijar la herramienta en la parte inferior del tallo a unos 5 o 10cm del suelo por medio de una pinza accionada por la palanca principal, que “muerde” la base de la planta y al mismo ejerce una fuerza contraria arrancando la mata desde la raíz. Esta herramienta no pudo ser implementada en Colombia por las condiciones topográficas, además del enorme desgaste físico que generaba en los erradicadores, pues era muy pesada y difícil de manipular.



Ilustración 31 Foto cocochó

En la ilustración 32 se ve como “**A**” es el ángulo que genera la palanca al accionar la pinza que sujeta la mata, “**B**” es el punto de apoyo con el suelo; es una placa metálica cóncava y permite una mayor área de contacto con la tierra. “**C**” es el ángulo de la mata a medida que se arranca de la tierra.

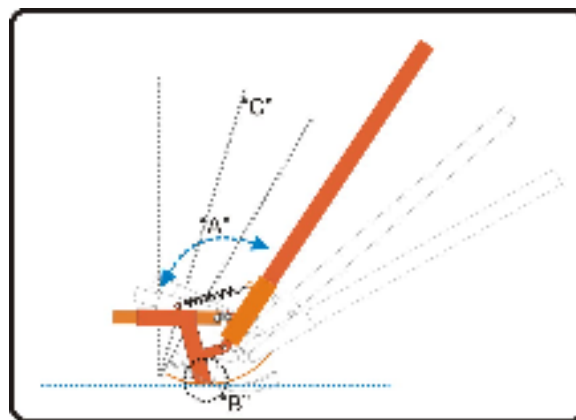


Ilustración 32 Funcionamiento del cocochó

## 7 PRODUCTOS SUSTITUTOS

Esta información se encontró por medio de catálogos de los fabricantes, páginas de Internet e información suministrada por terceros. Aquí se encuentra de manera resumida la información más relevante. Para ver la información completa remítase al anexo x productos sustitutos.

### 7.1 GUADAÑADORA

La guadañadora de tracción mecánica es un implemento agrícola dotado de un sistema de cuchillas, con filo sencillo y doble accionamiento reversible según las especificaciones de la maquina, que mediante movimiento giratorio realiza trabajos de corte de malezas y rastrojos.

Los cultivos de pastos pueden cortarse aplicando ya sea una fuerza de impacto o una fuerza de cizallamiento a la vegetación en pié. La fuerza de impacto se imparte cuando una cuchilla que gira a alta velocidad rompe o rasga el tallo de la planta.



Ilustración 33 Guadañadora

## 7.2 PALAS Y MANGOS



Ilustración 34 Palas y mangos

En general la pala es una herramienta utilizada para cavar al igual que para mover materiales "sueltos" y granulares (como polvo, grava, granos o nieve de un punto a otro) y se seleccionan según sus características, las cuales son: Peso, Tipo y largo de Mango, forma y tamaño de la cuchilla.

### 7.2.1 Mangos y hojas

- Los mangos largos: permiten llegar más lejos y son mejores palancas, pero requieren más fuerza en los brazos.
- Los mangos cortos: resultan muy útiles en zonas de trabajo limitadas, pero requieren que se haga más fuerza con las piernas. Los mangos cortos suelen ser más gruesos y pueden llevar una pieza de agarre, por lo que resultan más pesados que los utensilios más largos.
- Muchas herramientas de mango corto llevan piezas de agarre. Éstas pueden tener forma de T o de D. Las piezas de agarre proporcionan un mayor control sobre la herramienta.

### 7.2.2 Características y composición de los mangos.

- Los mangos de madera: (habitualmente fresno) son flexibles y duran mucho tiempo si se les dan los cuidados adecuados, además absorben las vibraciones generadas por el impacto.

- Los mangos de fibra de vidrio: son más fuertes, resistentes a las inclemencias del tiempo (buenos para uso comercial) y por lo general, más caros que los de madera.
- Los mangos de acero: son de larga duración, pero pueden vibrar o ser muy fríos al tacto.
- Los mangos acolchados o almohadillados: que presentan algunas herramientas hacen el trabajo más agradable para las manos.

### **7.2.3 Ajuste del mango con la hoja.**

- Manguitos: consisten en una prolongación metálica de la hoja que envuelve el extremo del mango. Se encuentran por lo general, en las herramientas más económicas.
- Manguitos con remaches: consisten en un forro de metal que envuelve el mango y está reforzado con remaches o atornillada para mayor sujeción.
- Espiga y casquillo: se trata de una varilla metálica (espiga) que sale de la cabeza de la herramienta y se inserta en un forro metálico (casquillo) situado en el mango.

Además del mango, la cuchilla juega un papel muy importante a la hora de escoger la indicada para cada labor. La proporción de la pala depende de qué tan fácilmente se puede introducir esta en el material que se está movilizándolo (ejemplos, grano, nieve, grava, tierra compacta). Algunas como el palín poseen filo en la punta para poder así entrar y “cortar” más fácil las raíces de la mata. Algunas terminan en punta como las de jardinería con el fin de entrar más fácilmente en la tierra y desplazar así el mayor volumen de material.

Generalmente son africanas con materiales resistentes a la flexión, torsión y desgaste.

### 7.2.4 Tipos y usos de palas

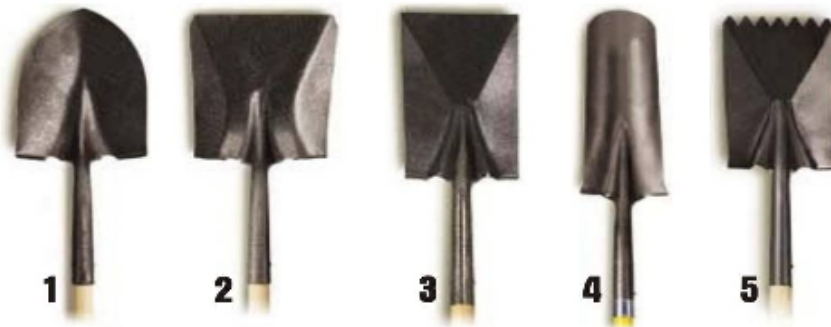


Ilustración 35 Tipos de palas

1. Pala de punta redonda: herramienta número uno para cavar, levantar y arrojar tierra. La punta redondeada se clava y penetra en el suelo. La parte superior de la hoja de la pala tiene un reborde que permite hacer presión con el pie al excavar hoyos.
2. Pala de punta cuadrada: excelente para trasladar materiales. Las de mayor tamaño se llaman cucharones.
3. Pala de zapa para jardinería: parecida a una pala de punta cuadrada, especial para segar, cavar, hacer bordes y levantar césped.
4. Pala de zapa para desagües o zanjas: tiene una hoja estrecha y un mango más recto que permite trabajar en espacios reducidos. Se utiliza también para trasplantar.
5. Pala de zapa para tejados: su hoja dentada sirve para arrancar y levantar los tejamaniles<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> Tejamanil: Tabla delgada y cortada en listones que se colocan como tejas en los techos de las casas.

### 7.3 FUMIGADORA (ASPERSORA)



Ilustración 36 Fumigadora

Es usada tanto en la Agricultura como en jardinería y actualmente se emplea para la aplicación manual del herbicida Glifosato, ya que brinda la posibilidad de “fumigar” puntualmente las matas y así minimiza el impacto ambiental al no verse afectadas especies nativas.

Existen dos tipos de aspersoras, a motor y manuales. Esta última es la usada ahora por su bajo costo y funcionalidad por no requerir gasolina como medio de compresión.

Su diseño varía de acuerdo a la función. Para la Agricultura se emplea en la espalda ya que las jornadas de trabajo son por lo general largas y se requiere la mayor comodidad del operario. Cosa que no pasa con la Jardinería por lo que esta se carga manualmente además que el volumen del tanque es un poco menor.

### 7.4 AZADONES



Ilustración 37 Azadones

Es utilizada en la agricultura para cosechar, cultivar y limpiar terrenos. Es una herramienta de golpe y arrastre. Su función varía de acuerdo a la geometría de la "cuchilla"; una cuchilla más alta y menos ancha se usa para profundizar más en la tierra.

Si la punta es plana es empleada para arrastre pero si es en forma de "V" es para que se pueda enterrar más fácilmente en la tierra.

La geometría del orificio en que entra el cabo depende de la restricción que se le quiera dar a este, si se quiere o no limitar el movimiento además de facilitar el intercambio de los mangos si es requerido.

Son fabricados en fundición con materiales resistentes a la flexión, torsión y desgaste.

Existen diferentes tamaños y formas de cabezas:

- Modelo habitual para jardinería: la hoja cuadrada o rectangular forma un ángulo recto con el mango para triturar.
- Azadón triangular: su diseño es más apropiado para la siembra que para la limpieza de malas hierbas. La hoja en forma de V tiene una doble función: El extremo puntiagudo se utiliza para cavar surcos, la parte superior que queda al aire puede utilizarse para cerrar dichos surcos
- Escardillo: tiene una hoja chata en un extremo para triturar y dientes puntiagudos en el otro extremo para arrancar las malas hierbas de raíz.
- Azadón de doble acción: se mueve hacia adelante y hacia atrás debajo del suelo para cortar las raíces de las malas hierbas. La hoja corta tanto al empujar como al halar.



Ilustración 38 Tamaños y forma de cabezas azadones

## 7.5 PICAS



Ilustración 39 Picas

Son usadas en la agricultura, construcción y minería, para romper y cavar superficies duras.

Su diseño, nombre y peso varía de acuerdo a la función. La pala pica, posee en uno de sus extremos una “punta” la cual es usada para romper por medio de golpes la superficie, el otro extremo se encuentra una “cuchilla” la cual se usa para apalancar o remover lo “picado” por la punta.

Se usa en la minería (carbón, oro y esmeraldas), generalmente son en colores fuertes para ser reconocidas en la oscuridad y están fabricadas en acero forjado (tratamiento térmico en una sola pieza).

## 7.6 MACHETES



Ilustración 40 Machetes

El machete es un cuchillo grande pero más corto que una espada. Comúnmente mide menos de 60 cm. y tiene un sólo filo. Se utiliza para cortar la hierba, cortar la caña de azúcar, podar plantas y abrirse paso en la selva.

Generalmente, el filo es muy agudo en el tercio de cuchilla más cercano a la punta. La punta del machete sobresale ligeramente por arriba del resto de la cuchilla. El frente del machete es curvo.

También existe otro tipo de machete cuyo frente es puntiagudo y se afila el tercio final de la cuchilla por ambas orillas. Especialmente usado para cortar maleza y segar hierba.

## 7.7 BARRAS DE ACERO



Ilustración 41 Barras metálicas

Herramienta enteramente fabricada en acero macizo. Es empleada en la agricultura y construcción para arrancar y romper superficies. Por ser en su totalidad fabricada de acero las vibraciones por el uso de esta producen lesiones en el operario. Tiene en uno de sus extremos una punta, la cual ayuda a romper

más fácilmente la superficie y el otro extremo sirve para cavar separar y apalancar.

La barra es para trabajo pesado, por su geometría básica y composición es usada con frecuencia para otras funciones como sistema de sujeción de tuberías de concreto.

Son fabricados en fundición con materiales resistentes a la flexión, torsión, desgaste e impacto.

### 7.8 BARRETÓN



Ilustración 42 Barretón

Instrumento formado por un mango de madera y una paleta cortante de hierro para hacer hoyos y sembrar. Su diseño y peso depende de la función, a menor superficie de contacto penetra mas en el suelo y a mayor peso, mayor es el impacto y corte por acción.

Es utilizado en la agricultura y construcción, para cavar, romper y podar.

Es fabricado en fundición con materiales resistentes a la flexión, torsión, desgaste e impacto.

## 8 ANÁLISIS DE LOS FACTORES HUMANOS

En el trabajo de campo se analizó al erradicador en su tarea específica para conocer cuáles eran los factores de riesgo en dicha labor, para lo cual se implementó el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) que fue desarrollado por los doctores McAtamney y Corlett de la Universidad de Nottingham en 1993 (Institute for Occupational Ergonomics)<sup>14</sup>, que permite evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo: posturas, repetitividad de movimientos, fuerzas aplicadas y actividad estática del sistema músculo esquelético.

### 8.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO<sup>15</sup>

El RULA divide el cuerpo en dos grupos, el grupo A que incluye los miembros superiores (brazos, antebrazos y muñecas) y el grupo B, que comprende las piernas, el tronco y el cuello. Mediante las tablas asociadas al método, se asigna una puntuación a cada zona corporal, para que en función de dichas puntuaciones, asignar valores globales a cada uno de los grupos A y B.

La clave para la asignación de puntuaciones a los miembros es la medición de los ángulos que forman las diferentes partes del cuerpo del operario. El método determina para cada miembro la forma de medición del ángulo.

Posteriormente, las puntuaciones globales de los grupos A y B son modificadas en función del tipo de actividad muscular desarrollada, así como de la fuerza aplicada durante la realización de la tarea. Por último, se obtiene la puntuación final a partir de dichos valores globales modificados.

---

<sup>14</sup> McAtamney, L. Y Corlett, E. N., 1993, RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24, pp. 91-99.

<sup>15</sup> Ver anexo E , Método RULA

El valor final proporcionado por el método RULA es proporcional al riesgo que conlleva la realización de la tarea, de forma que valores altos indican un mayor riesgo de aparición de lesiones musculoesqueléticas.

El método organiza las puntuaciones finales en niveles de actuación que orientan al evaluador sobre las decisiones a tomar tras el análisis. Los niveles de actuación propuestos van del nivel 1, que estima que la postura evaluada resulta aceptable, al nivel 4, que indica la necesidad urgente de cambios en la actividad.

## 8.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO

### Grupo A: Puntuaciones de los miembros superiores.

- Puntuación del brazo: el erradicador hace una flexión repetitiva del brazo con respecto al eje del tronco de más de  $90^\circ$  lo que le da una puntuación de 4, más un aumento de 1 punto por abducción de los brazos. Puntuación total de los brazos: **5**



Ilustración 43 Análisis puntuación del brazo

- Puntuación del antebrazo: el erradicador hace una flexión repetitiva del antebrazo con respecto al brazo de más de  $100^\circ$  lo que le da una puntuación de 2, más un aumento de un punto por el cruce de la línea central del cuerpo. Puntuación total del antebrazo: **3**

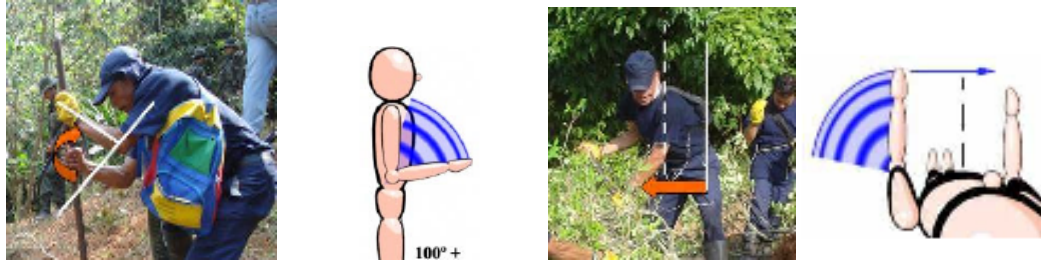


Ilustración 44 Análisis puntuación del antebrazo

- Puntuación de la Muñeca: se hace una flexión y una extensión de la muñeca entre  $-15^\circ$  y  $15^\circ$  lo que le da una puntuación de 2, más un aumento de 1 punto por giro de la muñeca por pronación en rango medio. Puntuación total de la muñeca: **3**



Ilustración 45 Análisis puntuación de la muñeca

Grupo B: Puntuaciones para las piernas, el tronco y el cuello.

- Puntuación del cuello: se hace una flexión del cuello entre  $0$  y  $20^\circ$  lo que le da una puntuación de 2, mas 1 punto por el giro del cuello. Puntuación total de cuello: **3**



Ilustración 46 Análisis puntuación del cuello

- Puntuación del tronco: el erradicador realiza su labor de pie haciendo una flexión repetitiva del tronco de más de  $60^\circ$  lo que le da una puntuación de 4,

mas 2 puntos por torsión y lateralización del tronco. Puntuación total del tronco:

**6**

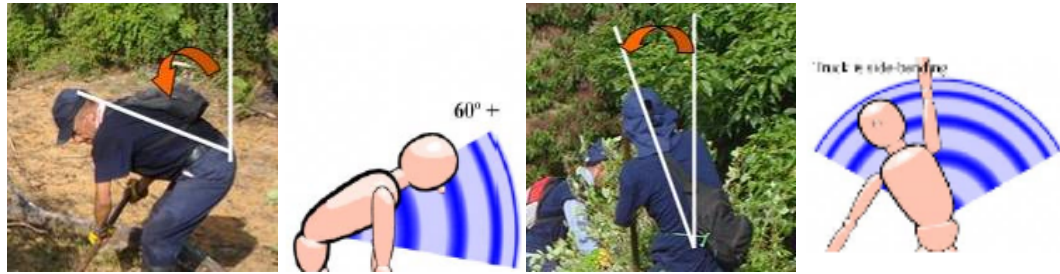


Ilustración 47 Análisis puntuación del tronco

- Puntuación de las piernas: el erradicador debe trabajar en condiciones del terreno que van hasta los 75° lo que hace que los pies no estén bien apoyados o que el peso del cuerpo no esté simétricamente distribuido, puntuación: **2**



Ilustración 48 Análisis puntuación de las piernas

Puntuación global para los miembros del grupo A.

Brazo	Antebrazo	Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabla 3 Puntuación global para los miembros del grupo A.

Puntuación global para los miembros del grupo B.

Cuello	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Tabla 4 Puntuación global para los miembros del grupo B.

Puntuación del tipo de actividad muscular desarrollada y la fuerza aplicada

La actividad muscular desarrollada y de la fuerza aplicada durante la tarea se da por la carga que tiene el erradicador del palín (2kg aprox.) y la acción repetitiva de este. La puntuación de los grupos A y B se incrementarán en 2 puntos.

Puntuación Final

Puntuación C	Puntuación D						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

Tabla 5 Puntuación final método rula

### 8.3 CONCLUSIONES MÉTODO RULA

Según esta puntuación en la escala del método rula, se obtiene un nivel de **4** lo que indica que se deben hacer cambios urgentes en el puesto de trabajo o en la tarea<sup>16</sup>.

Se determina la necesidad de rediseñar la tarea por que el puesto de trabajo no se puede cambiar. La magnitud de la puntuación postural, así como las puntuaciones de fuerza y actividad muscular, indican los aspectos donde se encuentran los problemas ergonómicos de la tarea. Los aspectos fundamentales donde hay que intervenir son los siguientes:

- La flexión repetitiva del brazo con respecto al eje del tronco
- La flexión repetitiva del tronco.
- La actividad muscular desarrollada y de la fuerza aplicada por la carga que tiene el erradicador del palín y la acción repetitiva de este

Estos son los que mayor puntuación le generan a la labor de la erradicación actual de la mata de coca, que se tendrán que reducir para que la postura sea aceptable.

### 8.4 CONSIDERACIONES ERGONÓMICAS

Además del análisis ergonómico, se hizo también una búsqueda de información que nos brinda parámetros y requerimientos que le den al diseño de la herramienta, las especificaciones de factores humanos necesarias para que haya una buena interacción con el usuario; como disminución de riesgos, posiciones, agarres, dimensiones, etc.

A continuación se harán los lineamientos ergonómicos necesarios para tener en cuenta en el diseño de la herramienta:

El Centro Canadiense para la Seguridad y la Salud Ocupacional (CCOHS)<sup>17</sup> da una serie de recomendaciones adicionales para el diseño de herramientas manuales que sólo se operan con una mano:

---

<sup>16</sup> Ver anexo E, Método RULA

<sup>17</sup> <http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/handtools/tooldesign.html>

- Que la herramienta tenga una masa menor o igual a 1Kg y que su centro de masa esté alineado con el centro de la mano que realiza la aprehensión. De lo contrario deben usarse contrapesos. Hay excepciones a esto: Cuando el peso del objeto ayuda a cumplir la función del mismo. La operación normal y frecuente de una herramienta adecuada no deberá requerir la extensión, torsión o desviación de la muñeca del operario.
- El diámetro de las empuñaduras debe estar entre 30 y 45mm.
- Debe haber suficiente fricción entre la empuñadura y la mano para efectuar la tarea, especialmente si hay sudor presente. Por eso se recomiendan materiales anti-resbalantes, compresibles y malos conductores (eléctricos y térmicos) como cauchos y plásticos texturizados. Las aristas vivas deben cubrirse, en lo posible con cinta acolchada.

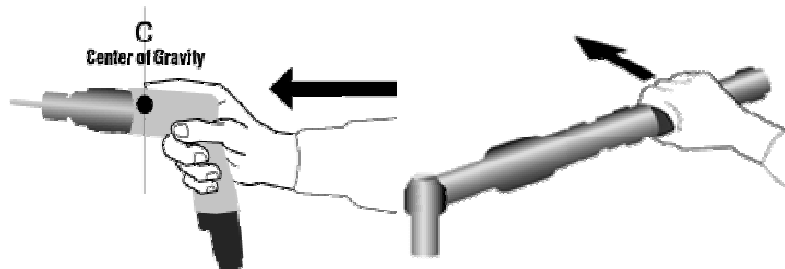


Ilustración 49 Centro de masa de la herramienta, aplicación de fuerza respecto a la muñeca

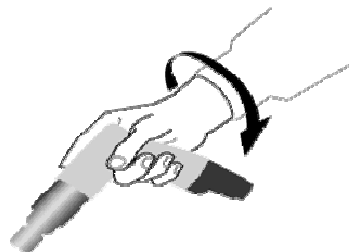


Ilustración 50 Rotación de la muñeca no recomendada

Jean-Paul Becker<sup>18</sup>, un reconocido ingeniero de la Universidad Autónoma de México y dedicado al estudio de la biomecánica ocupacional, instituye una serie de recomendaciones y hallazgos útiles para tener en cuenta, para evitar las Lesiones Traumáticas Acumulativas:

<sup>18</sup> BECKER, Jean-Paul. Curso sobre Ergonomía. Editorial Ergon, Ciudad de México, México, 1999.

- Deben existir condiciones de visibilidad adecuadas en el sitio de trabajo.
- Si es posible, es mejor relevar las manos de todo trabajo que pueda llevarse a cabo usando una plantilla, un aparato de sujeción o un dispositivo accionado por un pedal; siempre que sea posible, deben combinarse dos o más herramientas.
- Generalmente el trabajo debe hacerse a la altura de los codos, así se esté sentado o de pie. Pero los trabajos pesados deben hacerse por debajo de esta altura, y los trabajos ligeros, pueden hacerse arriba de ésta.
- Un trabajador zurdo no debe usar herramientas para derechos (lo contrario también es cierto).
- No se deben usar herramientas que requieran que los codos estén alejados del cuerpo. La herramienta seleccionada debe permitir el trabajo con las muñecas extendidas y los brazos cerca de los costados del cuerpo.
- Un trabajador no debe usar herramientas pesadas que requieran fuerza para ser operadas. Las herramientas no deben pesar más de 5kg y estar bien balanceadas, con el centro de gravedad justo en el punto de agarre. Esto depende porque hay algunas herramientas que necesitan de esto para cumplir su función principal: Por ejemplo las pulidoras grandes, los azadones y los martillos y compactadores neumáticos de calle. A veces se usan dos puntos de agarre alejados cierta distancia. En este caso, hay dos puntos de agarre posibles y es preferible que las fuerzas de reacción se distribuyan equitativamente en ambas sujeciones.
- Los contrapesos se usan para contrarrestar el peso excesivo de las herramientas pesadas y ayudar a reducir la fuerza necesaria para su manejo, mejor control y proporcionar mejor accesibilidad de agarre.
- El diseño de las Asas (empuñaduras) debe tener un recubrimiento resistente a las partículas de polvo, aceite, solventes y otros químicos.

- La longitud de las Asas debe ser mayor que la de la palma de la mano. El Asa debe propiciar un agarre cómodo que permita el asiento total de la mano y debe tener una superficie texturizada que aumente el agarre y el control.

Entre otras consideraciones para el diseño de mangos (empuñaduras) de las herramientas, MAPFRE<sup>19</sup> establece los siguientes lineamientos:

- No se recomienda el uso de herramientas manuales en posiciones de las manos diferentes a la neutral, garantizando que la mano siempre tenga una posición recta respecto al brazo. Las posiciones no neutrales son las que causan Tendinitis y otros problemas de salud de seriedad.
- La línea de acción de los esfuerzos debe estar alineada con el eje del antebrazo, la muñeca y mano en posición neutra y por consiguiente.

Si lo anterior no se cumple, se generan fuerzas y momentos indeseados. Es necesario que el sentido de trabajo coincida con la dirección de la fuerza; de lo contrario, el ángulo de la fuerza debe ser tan pequeño como sea posible.



Ilustración 51 Modo de asir según la línea de acción

- Las agarraderas deben tener un ancho de mango de mínimo 125mm con un alojamiento de mínimo 70mm por encima de los dedos. Un diámetro de alrededor de 40mm y de forma cilíndrica o elíptica. Una presión en la mano menor a 200kPa (2 atmósferas). La superficie de contacto con el mango o empuñadura debe ser tan grande como sea posible.

<sup>19</sup> FARRER, Francisco; MINAYA Gilberto; NIÑO, José; RUIZ Manuel. "Manual de Ergonomía". Editorial Mapfre S.A. 1995, Madrid, España

- El agarre deberá ser “Confortable” y no deberá ser dañado por acanaladuras, aristas y cantos vivos. Esto elimina por completo aquellas empuñaduras que tienen canales para los dedos
- La transmisión de la fuerza puede darse por arrastre, como en el caso en el que la fuerza se ejerce paralela al eje de la empuñadura; o por forma cuando se ejerce perpendicular a éste último. El segundo caso es más efectivo aunque no siempre es aplicable.

Existen varias formas de sujetar las herramientas en base al uso o al diseño, estas son:

- Empuñando.
- Aferrando
- Contacto

Disposición de la mano	Modo de asir		
	Empuñando	Aferrando	Contacto
En arrastre de fricción			
En arrastre de contacto			

Ilustración 52 Modos de asir y disposición de la mano.

En la ilustración 52 se presentan algunos casos de herramientas planas con empuñadura en arco, donde la muñeca se mueve en arco y en forma exagerada, lo cual llevará en forma inevitable en con el tiempo, a quienes lo utilicen con frecuencia, a tener problemas en las articulaciones comprometidas. Si en cambio la empuñadura fuera como la de la parte inferior de la misma figura, el movimiento involucraría las articulaciones de cierre, que son más amplias y por lo tanto menos comprometidas.

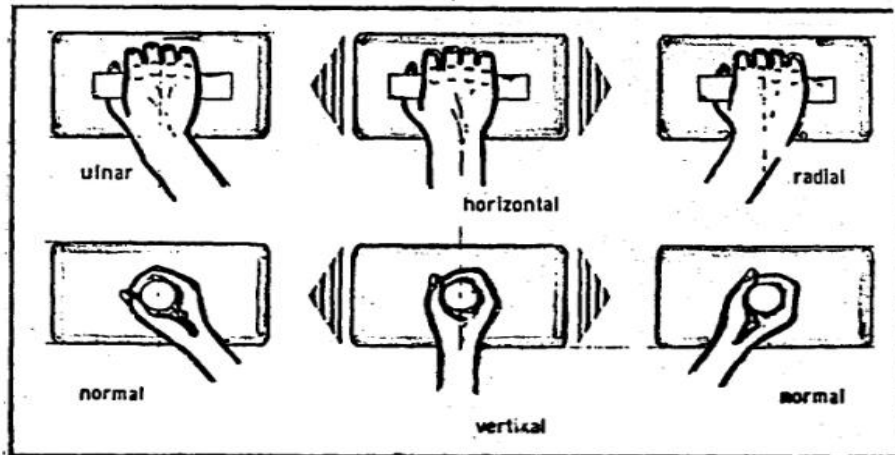


Ilustración 53 Movimientos de la muñeca en función de la empuñadura.

En la ilustración 54 se pueden ver las diferentes formas de asir (en forma vertical y en forma horizontal) y se aprecia la ganancia de comodidad, precisión, rapidez, y sin esforzar las muñecas.

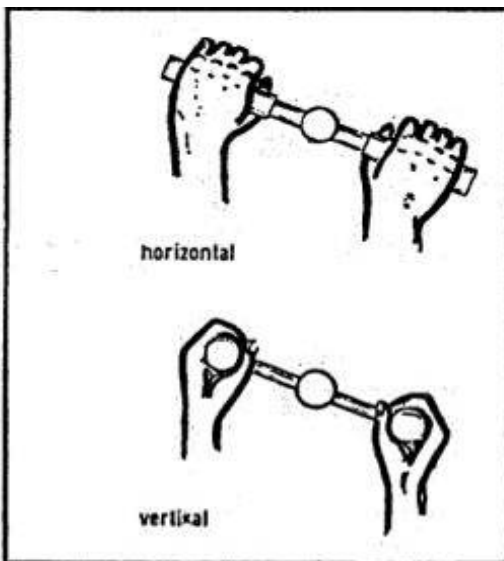


Ilustración 54 Modo de tomar empuñaduras horizontales y verticales

El Centro Canadiense para la Seguridad y la Salud Ocupacional<sup>20</sup> establece cinco casos de notable interés para cuestiones de la presente investigación por describir acciones y movimientos análogos a los necesarios para operar una

<sup>20</sup> <http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/push1.html>

herramienta manual grande, se describen a continuación con sus respectivos valores máximos:

- Operar una palanca vertical, estando sentado: hasta 130N
- Halar para abajo un objeto sobre la altura de la cabeza: Desde 200N (empuñaduras muy delgadas) hasta 500N (empuñaduras recomendadas)
- Halar para abajo un objeto a la altura del codo: Hasta 315N
- Empujar para abajo un objeto a la altura del codo: Hasta 297N
- Empujar para arriba un objeto a la altura del hombro: hasta 202N

En la ilustración 55 se representan distintas formas de agarre, de ubicación de pulsadores y capacidades de fuerza en función de la apertura de la mano, dedos, etc.

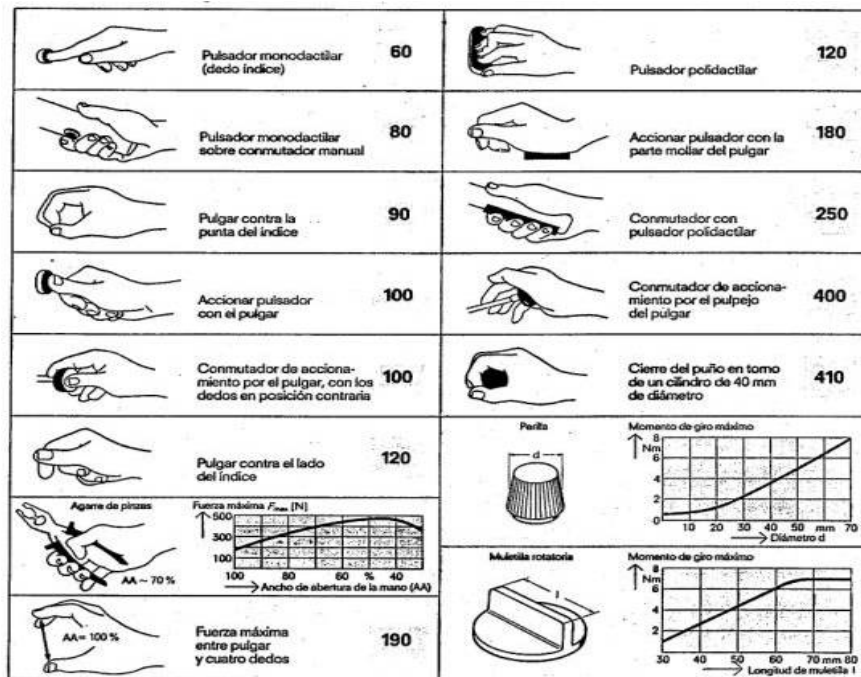


Ilustración 55 Datos referidos a las fuerzas máximas (en N), que puede ejercer el sistema de la mano.

## 8.5 CONSIDERACIONES MÉTODO RULA

Otras consideraciones son las dadas por el método rula, teniendo en cuenta las puntuaciones más factibles según la posición

- La herramienta debe propiciar una posición del brazo cercana a 90° con el antebrazo, por lo menos en las funciones donde se necesita mayor ventaja mecánica y movimiento.



Ilustración 56 Posición indicada del antebrazo

- No debe haber una elevación del brazo de más de 90° con respecto al eje central del cuerpo.

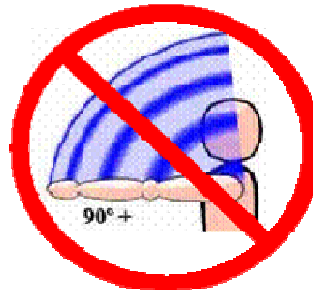


Ilustración 57 Angulo del antebrazo no recomendado

- La herramienta no debe propiciar el cruce del antebrazo por la línea media del cuerpo



Ilustración 58 Cruce del antebrazo no recomendado

- La herramienta debe tener una geometría tal que su operación haga que los codos del usuario siempre estén cerca a su cuerpo.

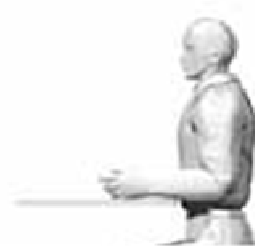


Ilustración 59 Codos cerca al usuario

- La herramienta no deberá implicar de ninguna manera, movimientos de torsión o flexión de la mano con respecto al antebrazo mientras se realiza el trabajo

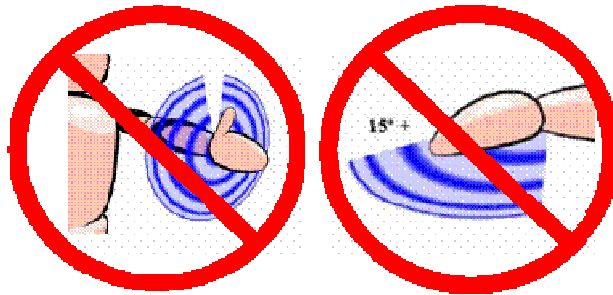


Ilustración 60 Movimiento de la muñeca no recomendado

- La herramienta debe tener una geometría tal, que al maniobrarla en operaciones de suelo forme en su mayor dimensión, un ángulo igual o mayor a 45° con respecto a la horizontal. Esto tiene fines de visibilidad y de posición corporal



Ilustración 61 Herramientas que propician una espalda recta y una operación a 45°.

- La línea de acción del trabajo debe pasar por el eje medio del antebrazo y cerca del centro de masa del producto.
- No debe haber flexiones del cuello de más de 20° y tampoco torsión o inclinación lateral del mismo.

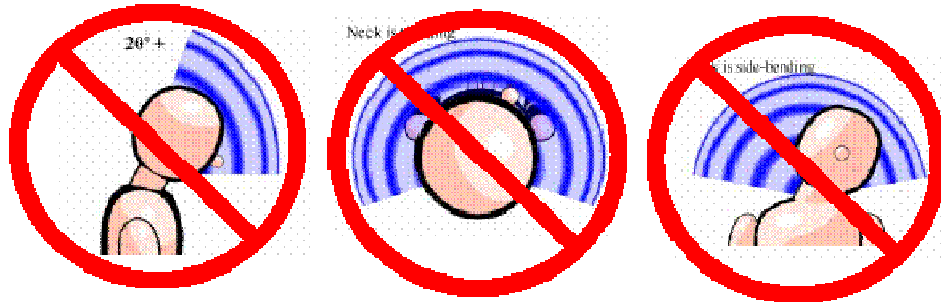


Ilustración 62 Movimientos del cuello no recomendados

- La herramienta no debe propiciar movimientos angulares y repetitivos del tronco de más de 60° (de 0° a 20° es lo ideal)



Ilustración 63 Movimientos ideales del tronco

- Los pies y las piernas debe estar bien apoyados y en postura balanceada



Ilustración 64 Posición de las piernas no recomendada

## **9 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO**

A través de la investigación y el análisis de los diferentes factores que influyen en la labor se recogieron diferentes demandas, límites, características, conceptos y requerimientos para tener unos lineamientos y especificaciones que encierran el diseño.

Estas especificaciones se agruparon por diferentes elementos y dentro estos las demandas, los requerimientos y la forma como se miden estos requerimientos (ver anexo D. Especificaciones de diseño).

## 10 ANÁLISIS FUNCIONAL

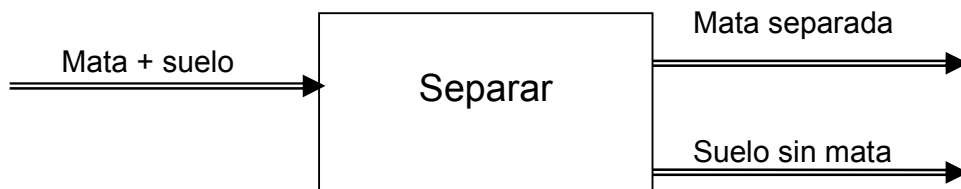
La finalidad del análisis funcional es establecer las funciones requeridas y los límites de un nuevo diseño, para que cumpla su propósito. Como herramientas del diseño funcional se tomaron en cuenta la caja negra y la estructura funcional<sup>21</sup>

### 10.1 DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN PRINCIPAL.

La herramienta a diseñar es un **aparato**, artefacto cuyo flujo principal es **materia**.<sup>22</sup>



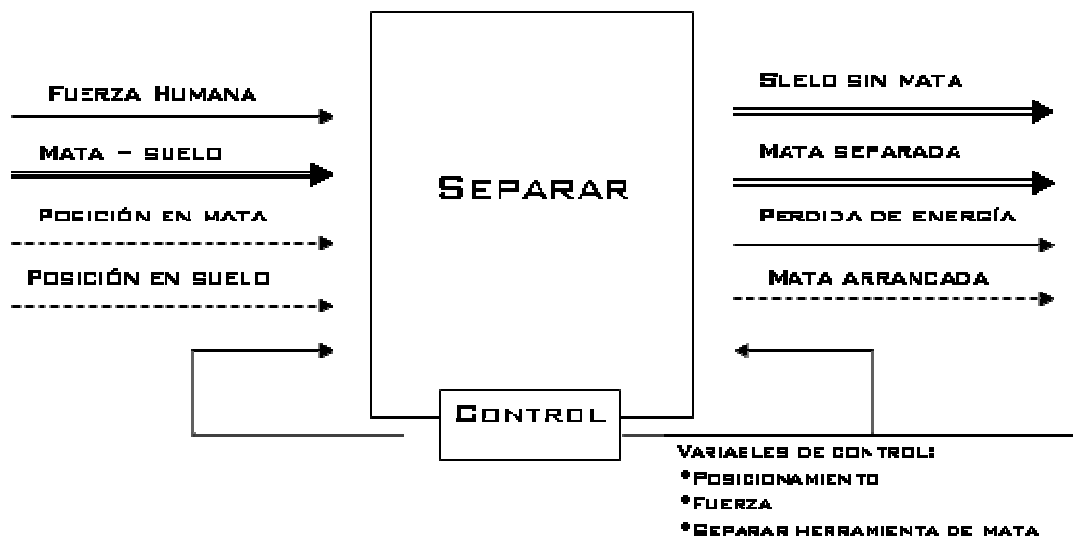
La materia y la entrada principal es la mata de coca unida al suelo. Y se separa la mata de coca del suelo, que son las salidas principales.



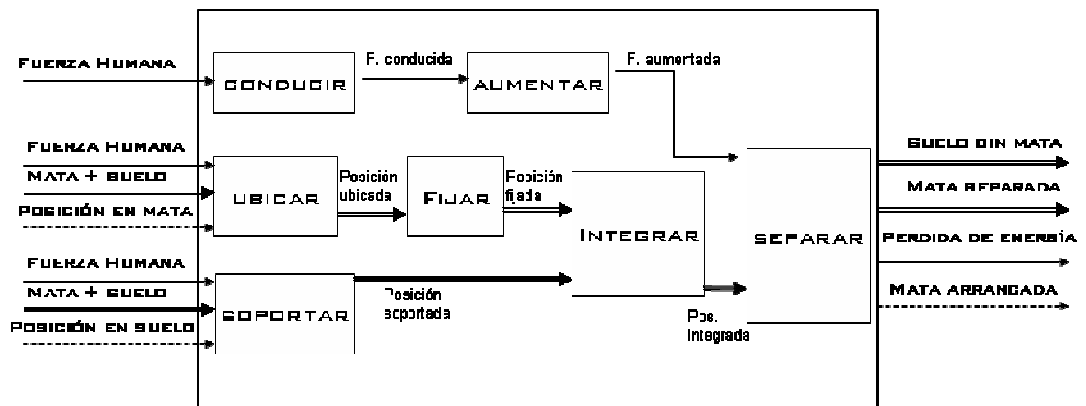
<sup>21</sup> CROSS, Nigel, "Métodos de diseño". Editorial Limusa Wiley, México DF, 1999, Pág. 75

<sup>22</sup> RODRÍGUEZ, Alberto. ARTEFACTOS, DISEÑO CONCEPTUAL. Fondo Editorial Universidad EAFIT. Pág. 32

## 10.2 CAJA NEGRA

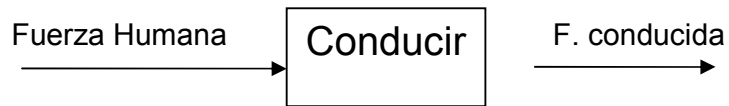


## 10.3 ESTRUCTURA FUNCIONAL

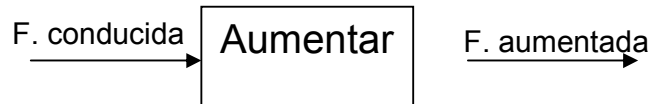


## 10.4 LISTA DE FUNCIONES.

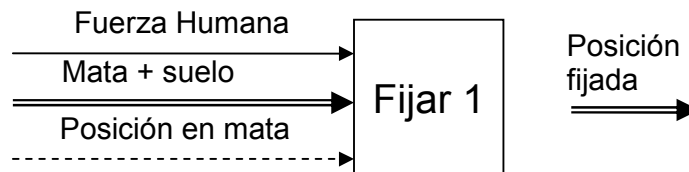
**Conducir:** conduce un flujo de energía (fuerza humana) de un lugar a otro



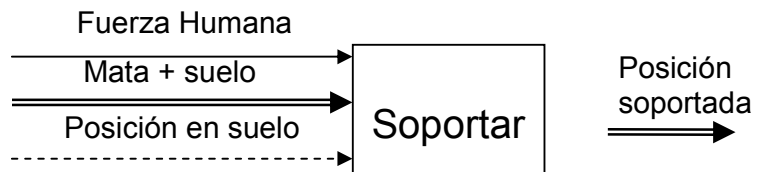
**Aumentar:** aumenta o multiplica el flujo de energía conducida (fuerza humana)



**Fijar:** fija en una posición de la mata el flujo del conjunto mata + suelo



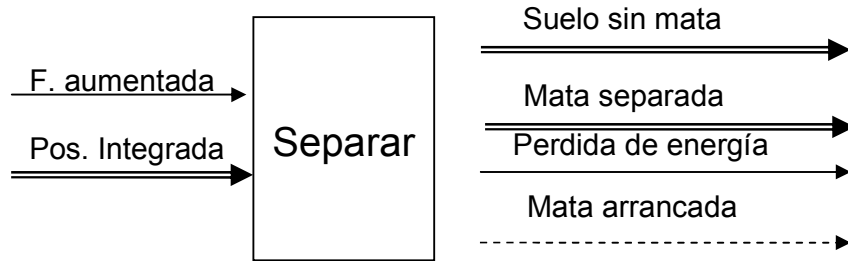
**Soportar:** soporta en una posición del suelo el flujo del conjunto mata + suelo



**Integrar:** integra 2 flujos: el flujo de la posición fijada en la mata y el flujo de la posición fijada en el suelo



**Separar:** separa a través del flujo de fuerza aumentada la mata del suelo por medio de sus posiciones



## 11 SOLUCION DE FUNCIONES

En este paso del proceso de diseño, para cada subfunción en la estructura funcional propuesta, se da un listado de varios portadores de función posibles, con conceptos que utilizan otras herramientas y por medio de dibujos esquemáticos

**Matriz Morfológica**

Portador / Función	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Conducir</b>					
<b>Aumentar</b>					
<b>Ubicar</b>					
<b>Fijar</b>					
<b>Soportar</b>					
<b>Integrar</b>					
<b>Separar</b>					

Ilustración 65 Matriz morfológica

## 12 RUTAS SOLUCION

Se seleccionaron las rutas solución por el método del diagrama morfológico<sup>23</sup>, su conformación está basada en su compatibilidad física y geométrica.

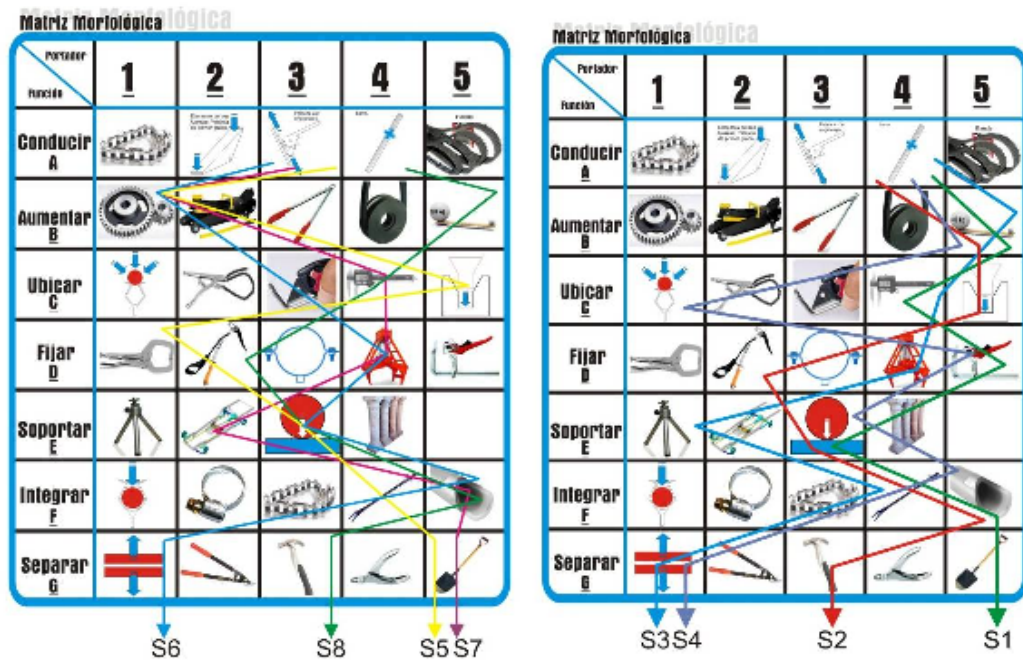
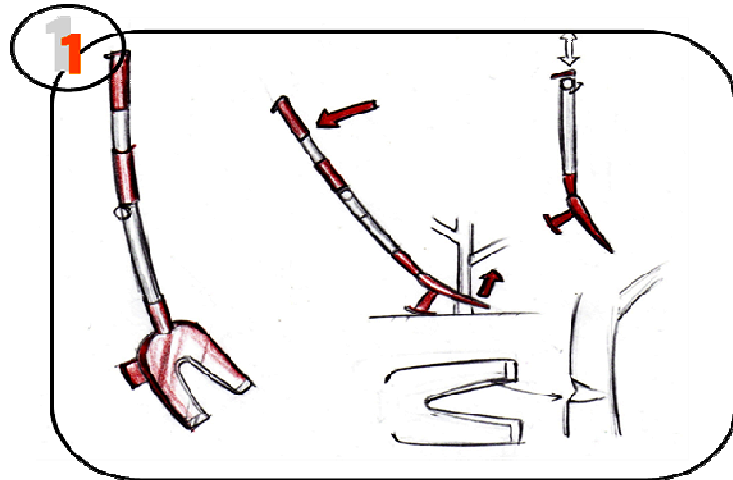


Ilustración 66 Rutas solución

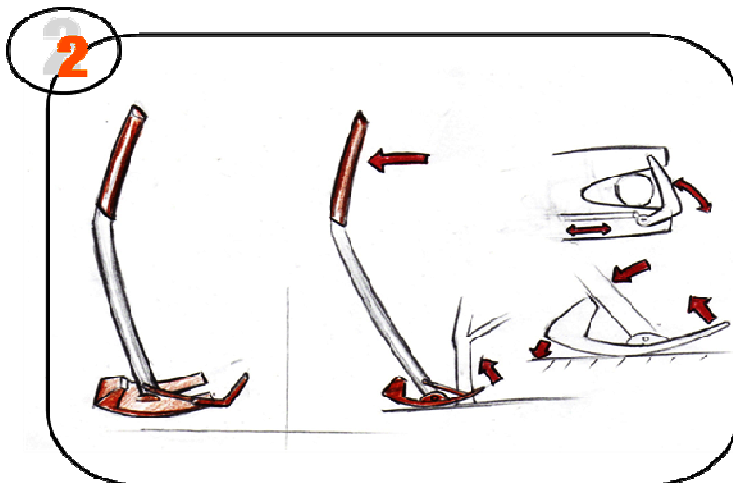
<sup>23</sup> CROSS, Nigel, "Métodos de diseño". Editorial limusa wiley, México DF, 1999, Pág. 115

### 13 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Se plantearon 8 alternativas (4 por cada integrante) de acuerdo a las rutas escogidas, a partir de la intuición, el conocimiento de materiales, piezas, procesos de manufactura y ensambles, también a los parámetros del PDS y el contacto con el usuario , los posibles clientes y el asesor del proyecto

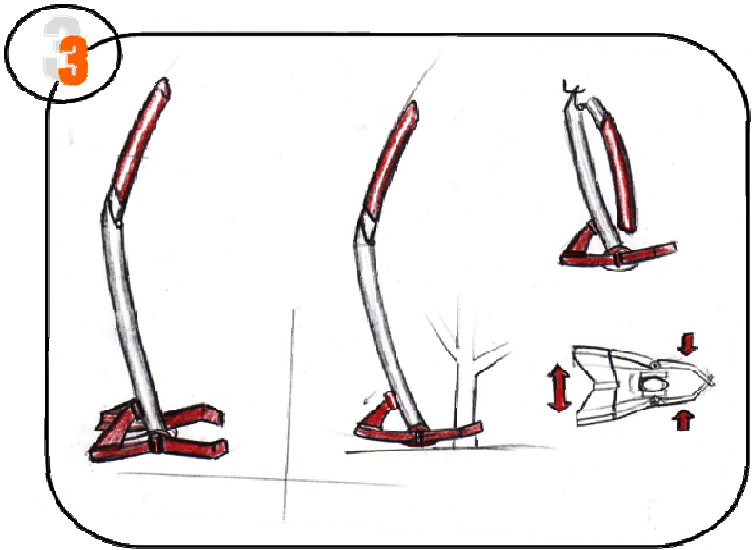


A4-B5-C4+D5+E3-F5+G5

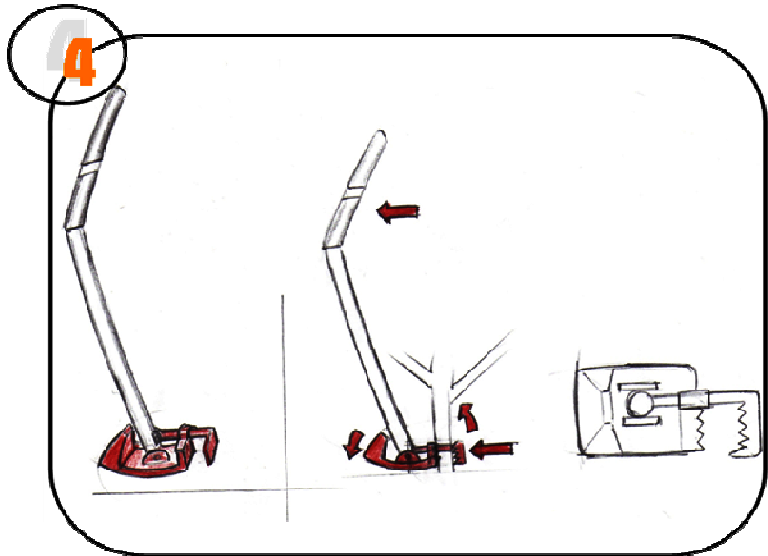


A4-B5+C5-J2+E3-F5+G3



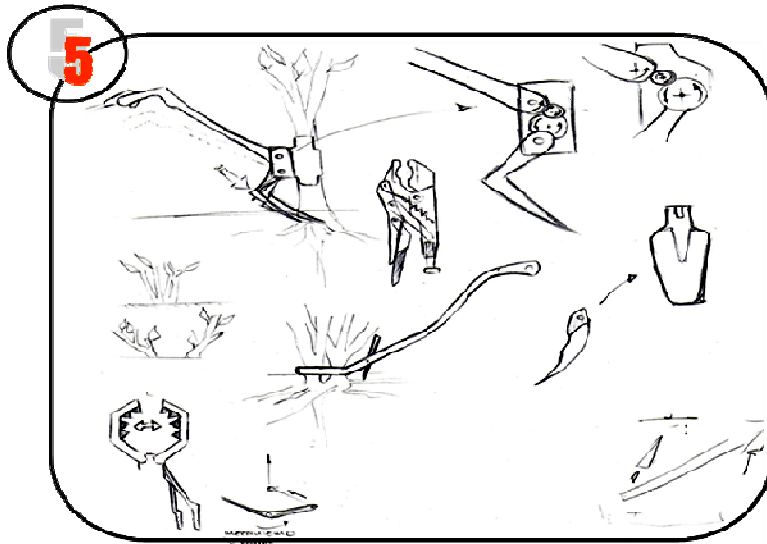


A4+B5+C4+D4-E1+F4+G1

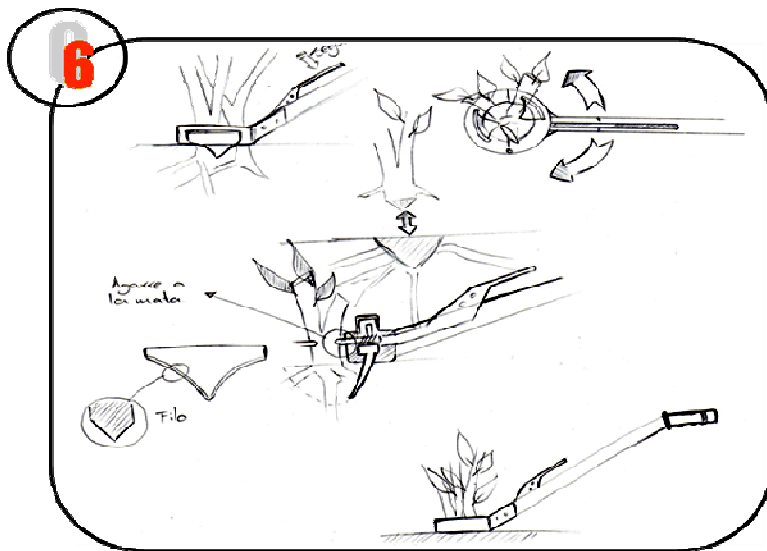


A4+B5+C1+D5+E3+F5+G1





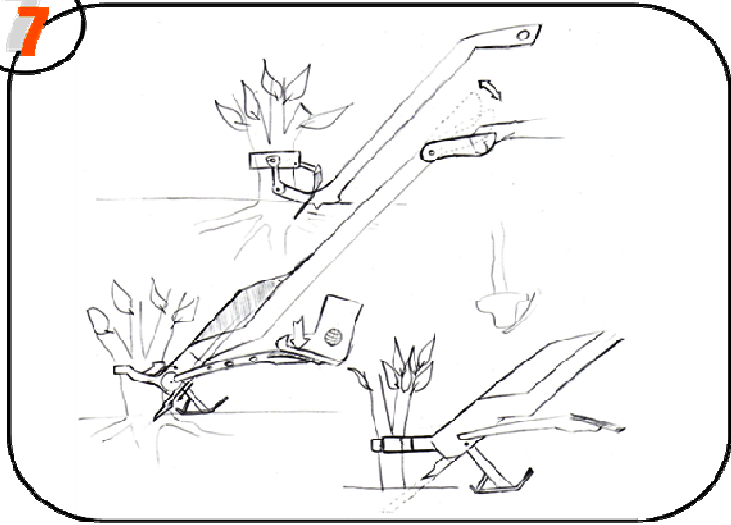
3A+1B+1C+4D+3E+5F+5G



4A+3B+2C+1D+3E+4F+5G



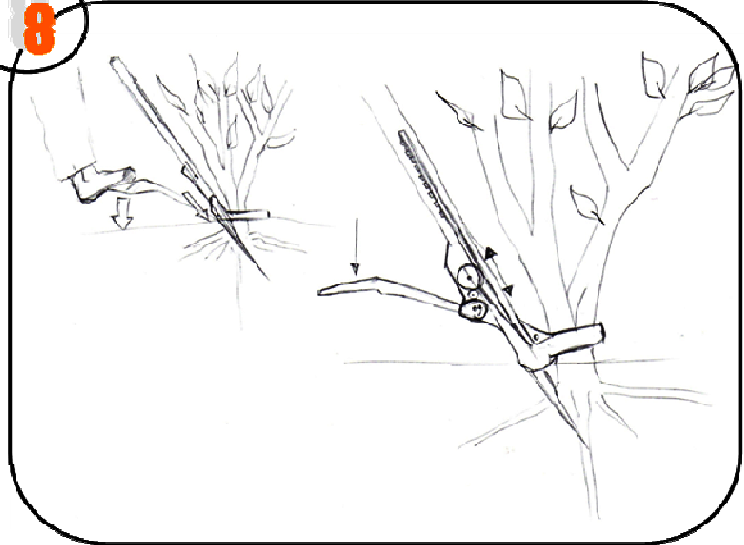
7



3A+1B-4C-4D-2E+5F+5G



8



4A+5B+4C+2D+3E+5F+3G



## **14 EVALUACION DE ALTERNATIVAS**

La evaluación de las alternativas se hizo a través del método de pesos ponderados<sup>24</sup>, por medio de objetivos claros y criterios que los evalúan, para poder elegir lo más objetivamente posible una alternativa viable y que se pueda medir con respecto a esos objetivos.

### **14.1 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS**

La definición de objetivos es lo que queremos ser, hacia donde le queremos “apuntar” al diseño para que cumpla los requerimientos; estos son los objetivos:

- Herramienta liviana
- Mínimo de acciones para efectuar la labor
- Facilidad de producción
- Una media vida útil
- Buena accesibilidad de la herramienta a la mata
- Buen agarre de la mata
- Alta multiplicación de la fuerza
- más cómoda que las utilizadas en la labor
- Bajo número de componentes
- Alto ciclo de erradicación por mata
- Herramienta segura para el usuario
- Bajo mantenimiento de la herramienta
- Equilibrado costo del prototipo
- Facilidad de transporte
- Que resista las fuerzas excesivas que pueda efectuar el usuario
- Que erradique las variedades de mata de coca existentes
- Que erradique las matas en las topografías colombianas

### **14.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

---

<sup>24</sup>CROSS, Nigel. "métodos de diseño". Editorial Limusa Wiley, México DF, 1999, Pág. 62

Son los parámetros con los que se van a medir los objetivos, estos son:

**Peso** para “herramienta liviana”, se va a medir en Kg. y su evaluación se hará determinando aproximadamente el volumen de las alternativas y sus materiales, comparándolas con el peso de las herramientas existentes.

**Numero de acciones por mata** para “Mínimo de acciones para efectuar la labor”, se va a medir en número y su evaluación se hará determinado cuantas acciones deberá efectuar el usuario para erradicar la mata.

**Simplicidad de componentes** para “facilidad de producción”, se va a medir cualitativamente según el grado de complicación para fabricar o conseguir los componentes de la herramienta.

**Vida en servicio** para una “media vida útil”, se va a medir en meses y su evaluación se hará según los componentes a usar, la resistencia de los mismos y sus ensambles.

**Accesibilidad mata** para “buena accesibilidad de la herramienta a la mata”, se va a medir cualitativamente según el grado de facilidad para acceder a la parte deseada de la mata, tomando en cuenta la variedad de matas y sus características (tallo, ramas y/o altura).

**Agarre mata** para “buen agarre de la mata”, se va a medir cualitativamente según la bondad del tipo de agarre de la herramienta a la mata, teniendo en cuenta la variedad de matas y sus características (tallo, ramas, altura y/o raíz).

**Multiplicación de fuerza** para “Alta multiplicación de la fuerza”, se va a medir en número y se evaluará según la cantidad aproximada de veces que la herramienta multiplique la fuerza del usuario.

**Comodidad del usuario** para “más cómoda que las utilizadas en la labor”, se va a medir cualitativamente según la bondad de la herramienta para no propiciar posiciones y esfuerzos inadecuados al usuario, teniendo en cuenta el análisis de los factores humanos y las consideraciones ergonómicas<sup>25</sup>.

---

<sup>25</sup> Ver consideraciones ergonómicas

**Cantidad de componentes** para “bajo número de componentes”, se va a medir cualitativamente según la cantidad de componentes que tenga la herramienta, comparándola con las del estado del estado del arte.

**Tiempo por mata** para “alto ciclo de erradicación por mata”, se va a medir en segundos por mata y se evaluará comparando aproximadamente el ciclo de la herramienta con el de las herramientas con las que se hace la erradicación actual, teniendo en cuenta las características de la mata, el agarre, la accesibilidad y/o el número de acciones que deberá realizar el usuario

**Seguridad** para “herramienta segura para el usuario”, que se medirá cualitativamente según la bondad de la herramienta a no propiciar accidentes, teniendo en cuenta el aprisionamiento de extensiones, el transporte, las partes móviles, las aristas vivas, etc.

**Mantenimiento** para “bajo mantenimiento de la herramienta”, se medirá según el número de veces que se tenga que hacer el mantenimiento en un determinado tiempo, teniendo en cuenta la dificultad de este.

**Costo** prototipo para “equilibrado costo del prototipo”, se medirá cualitativamente según lo elevado de su precio, teniendo en cuenta el costo de los componentes de la propuesta.

**Transporte** para “facilidad de transporte”, se va a medir cualitativamente según la bondad de la propuesta para ser transportada, teniendo en cuenta el tamaño, el peso y la forma de transporte.

**Resistencia** para “resistente a las fuerzas excesivas que pueda efectuar el usuario”, se medirá en Newton y se evaluará según la resistencia aproximada a la fuerza excesiva del usuario, teniendo en cuenta las fuerzas máximas del usuario, los materiales, los ensambles y/o las formas.

**Cumplimiento según mata** para “erradicar las variedades de mata de coca existentes”, se va a medir según la capacidad de la propuesta para erradicar la mata, teniendo en cuenta la variedad de matas y sus características (tallo, ramas, altura y/o raíz).

**Cumplimiento según topografía** para “erradicar las matas en las topografías colombianas” se va a medir en grados, teniendo en cuenta la inclinación de la topografía.

### 14.3 IMPORTANCIA DEL CRITERIO

#	critorio	importancia
1	Peso	9 %
2	Numero de acciones por mata	6 %
3	Simplicidad de componentes	3 %
4	Vida en servicio	3 %
5	Accesibilidad mata	5 %
6	Agarre mata	9 %
7	Multiplicación de fuerza	9 %
8	Comodidad del usuario	8 %
9	Cantidad de componentes	1 %
10	Tiempo por mata	8 %
11	Seguridad	6 %
12	Mantenimiento	5 %
13	Costo	1 %
14	Transporte	3 %
15	Resistencia	6 %
16	Cumplimiento según mata	9 %
17	Cumplimiento según topografía	9 %
	<b>total</b>	<b>100 %</b>

Tabla 6 Importancia de los criterios

### 14.4 MATRIZ DE CALIFICACIÓN

Criterio/ peso	1	2	3	4	5
Peso	> 3	2- 3	1.5 -2	1 -1.5	0-1
Numero de acciones por mata	>3	3	2	NS1*	Siempre 1
Simplicidad de componentes	muy complicado	complicado	medio	sencillo	Muy sencillo
Vida en servicio	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses
Accesibilidad mata	No accesible	Poco accesible	regular	accesible	Muy accesible
Agarre mata	No agarra	malo	regular	bueno	Muy bueno
Multiplicación de fuerza	De 1 a 2 veces	De 2 a 3	De 3 a 4 veces	De 4 a 6 veces	Más de 6 veces
Comodidad del usuario	Muy mala	Mala	regular	bueno	Muy buena
Cantidad de componentes	muchos		promedio		pocos
Tiempo por mata	> 40	30-40	20-30	10-20	< 10 seg.
Seguridad	Muy mala	Mala	regular	bueno	Muy buena
Mantenimiento	Mantenimiento diario	Cada semana	Cada mes	1 vez	No necesita
Costo	Muy alto	alto	medio	bajo	Muy bajo

Transporte	Muy malo	malo	medio	bueno	Muy bueno
Resistencia	<300	300-600	600-800	800 - 1000	>1000 N
Cumplimiento según mata	No Arranca	Fácil acceso tallo sencillo	Difficil acceso tallo sencillo	Fácil Acceso tallo complejo	Difficil acceso tallo complejo
Cumplimiento según topografía	plano	De 0 – 20°	25° a 45 °	45° a 75°	75° o mas

Tabla 7 Matriz de calificación

\*NS1: no siempre una sola vez, hay veces que requiere más de una acción dependiendo de la edad de la mata.

## 14.5 RESULTADOS EVALUACIÓN

Los resultados son los siguientes (para ver los detalles ver anexo x evaluación de alternativas):

De las 8 propuestas la que mejor puntuación obtuvo fue la número 3 que tuvo un 72.8 % pero tiene problemas de accesibilidad y de agarre de todos los tipos de mata, aunque mejora las características ergonómicas.

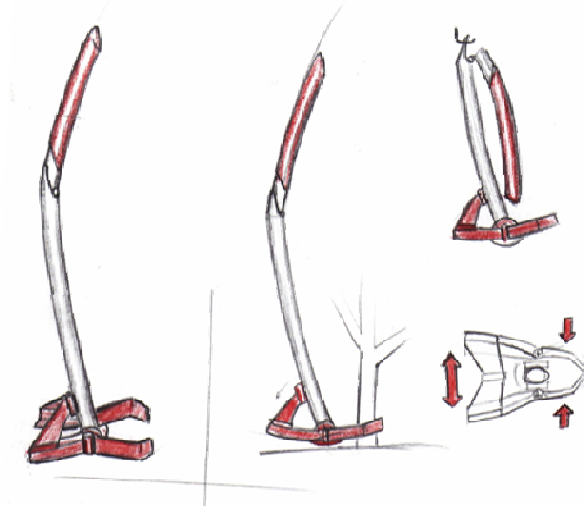


Ilustración 67 Propuesta que mejor puntuación obtuvo

Al mismo tiempo se evaluó el proceso actual (dos personas; una con un palín y otro que hala la mata), valorándolo también según los objetivos y parámetros y con los que se midieron las otras alternativas; dando un mejor resultado en cuanto a productividad y efectividad; factores fundamentales en los requerimientos del diseño y un bajo resultado en los factores ergonómicos.

La evaluación del proceso actual arroja un resultado de 75.6% pero tiene problemas con el número de repeticiones para efectuar la labor y que puede causar lesiones acumulativas al usuario, aunque es muy efectiva.



Ilustración 68 Evaluación proceso actual

Luego de evaluar las alternativas se concluye que la calificación obtenida por medio de las alternativas no satisface los requerimientos de los objetivos, por lo tanto se procedió a sacar de cada propuesta las características con la más alta calificación para cada criterio, creando a si un híbrido entre las demás propuestas, para ver si se obtenía una alternativa que superara o al menos equiparara el método actual de erradicación.

La nueva propuesta<sup>26</sup> obtuvo una puntuación del 80% mejorando las otras propuestas pues tiene una mejor accesibilidad a la mata y posibilita arrancar toda la variedad de matas, aunque en términos de productividad, no podríamos asegurar por completo que sea más efectiva que el método actual.

---

<sup>26</sup> Ver justificación del diseño B



Ilustración 69 Evaluación nueva propuesta

La evaluación no da la certidumbre de poder escoger la mejor alternativa, pues en términos productivos y efectivos no se puede hacer una buena medición. Se decidió entonces hacer dos prototipos; el de la nueva propuesta y un rediseño del palín. Todo esto para conocer realmente a futuro la eficiencia y productividad, haciendo una comparación de ambas en la labor y además comparándola con el proceso actual.

## 15 PROCESO DE DISEÑO DE DETALLE.

### 15.1 CONSIDERACIONES

Después de seleccionar las dos propuestas en la etapa de evaluación, se procedió a analizar las características que debían tener los conceptos teniendo en cuenta debilidades y fortalezas de la herramienta actual.

#### Debilidades

- Posiciones críticas de trabajo (ver análisis de factores humanos)
- Agarre
- Ajuste de la herramienta en la unión del palín con el tubo (ver análisis estado del arte)
- Transporte
- No hay un suficiente apoyo para realizar una buena palanca.

#### Fortalezas

- Bajo cotos del palín
- Accesibilidad a la mata sin importar el tamaño
- Simplicidad en su manejo
- No tiene partes móviles

Se analizaron además de las especificaciones de diseño aspectos como: peso, tipo y largo de mango, forma y tamaño de la cuchilla, material, mantenimiento, y de cómo estos influyen considerablemente en la productividad en el entorno en que se desarrolla la labor.

#### **Peso:**

El peso de la pala debe estar en el rango de 1.5 a 3 Kg. máximo<sup>27</sup>. Este está sujeto a las características del material y función que desarrolle, generalmente el peso va ligado a la resistencia que esta tenga.

---

<sup>27</sup> <http://www.ccsso.ca/oshanswers/ergonomics/shovel.html>

Esta es una característica que juega un papel muy importante en la labor. Si bien es una carga más para el erradicador a la hora de transportarla, el peso ayuda a que este no tenga que hacer tanta fuerza a la hora de “palinear”. A menor peso de la herramienta mayor desgaste físico. Claro esta se debe encontrar un balance entre estas dos cualidades y darle mayor prioridad a alguna de las dos.

### **Tipo y largo de mango:**

El largo del mango es muy importante para definir la funcionalidad de la herramienta. A mayor distancia entre la “cuchilla” y el punto de contacto mejor es la palanca que se puede hacer además se accede más fácilmente a la base del tallo. Otro aspecto es la posición corporal, al modificarse levemente un extremo del mango se mejora la flexión corporal cuando se hace palanca para “arrancar” la mata aunque no se debe modificar mucho ya que la línea de acción de esta depende del agarre que se tenga de la herramienta cuando se “palinea”.

Existen diferentes tipos de agarre y de mangos en el mercado. Dependen de la acción y fuerza a realizar. Mangos en forma de “D” son generalmente más cortos le permiten aplicar más fuerza desde arriba generalmente son usados en jardinería por su fácil manipulación. Se encuentran otros que son ajustables, se gradúan al gusto del usuario, pero no son buenos para trabajos que requieran acciones de “golpe” y de palanca, por las uniones. Este se tuvo en cuenta a lo largo del proceso pero se desechó porque la herramienta debe ser lo más duradera y con la menor cantidad de partes móviles por el mismo proceso, además de que esto elevaría los costos de fabricación razón por la cual la desechamos.



Ilustración 70 Características de los mangos

## Forma y tamaño de la cuchilla.

La cuchilla juega un papel muy importante ya que para cada labor existe una en especial. El palín por ejemplo es diseñado para cortar aunque la punta no ayuda mucho cuando se trata de “enterrarla” si bien cumple bien la labor se exploraran diferentes configuraciones de este en la zona de contacto con la tierra para hacerla más efectiva y a su vez no se desgaste tan fácilmente.



Ilustración 71 Configuración de puntas de palas.

## Como seleccionar el tamaño y la forma indicado de la hoja.

La selección del tamaño y forma de la hoja debe depender de la dureza y densidad (o peso) de los materiales que se van a palear. Entre menos denso sea el material, más grande debe ser el tamaño de la hoja.

- Las hojas triangulares o redondas con mangos largos se usan para arena y tierra seca.
- Las hojas cuadradas con mangos cortos para materiales granulosos como grava, o minería.
- Para cavar en tierra dura se utiliza una hoja que tenga la parte de arriba doblada, puede ser triangular, redonda o recta en la parte de abajo.

## Mantenimiento

Hay que tener en cuenta que las herramientas para mantenimiento con las que cuentan los erradicadores son una lima, la cual usan para sacarle filo a la

“punta” del palín y una llave de boca fija #12 que usan para ajustar la abrazadera que ajusta el palín con el mango.

Es muy importante al realizar el diseño definir si se utilizaran estas mismas o se les proporcionarían nuevas herramientas considerando el costo que esto implica.

### **Materiales**

Para el agarre se debe usar un material que permita disminuir las vibraciones generadas por la operación, que sea antideslizante y además confortable al tacto.

El material del mango debe ser resistente a las fuerzas generadas por el usuario (torsión, flexión e impacto) y además debe ser lo más liviano posible.

En la parte en contacto con el suelo se debe usar un material con una dureza resistente a la abrasión además resistente al impacto y flexión.

## **15.2 JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO**

Con la realización de este proyecto se pretende crear una herramienta especializada para la erradicación de la mata de coca y así volver más productiva y efectiva la labor; buscando que fuera elemental en su funcionamiento para que los usuarios no se sintieran extrañados con el uso de esta.

A continuación se explicaran los diseños A y B y la justificación de los mismos:

### **15.2.1 Justificación del diseño A.**

Este diseño fue el resultado de la investigación relacionada a los factores humanos y posiciones críticas del palín actual, con el fin de analizar diferentes posiciones corporales adecuadas de interacción con la herramienta. Tomando como punto de partida el palín (cuchilla) que se encuentra en el mercado, al cual no se le hará ninguna modificación.



Ilustración 72 Propuesta A

Las siguientes son las consideraciones de diseño adoptadas:

### **Punto de apoyo.**

Con este apoyo se busca minimizar la inclinación del usuario con respecto a la mata, además ayuda a generar una mejor palanca y aumentar el peso en la “punta”; ayudando a enterrarse mejor en la tierra. Esta fabricado en fundición nodular con tratamiento térmico para darle mayor dureza.

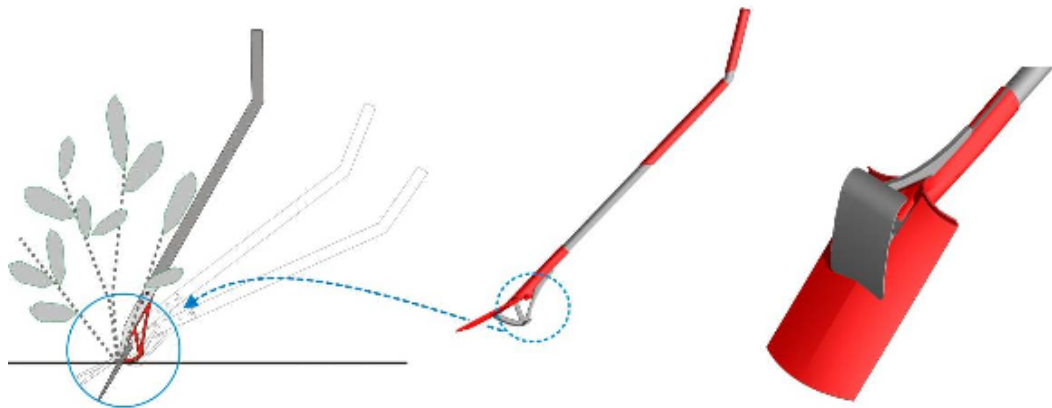


Ilustración 73 Funcionamiento de la propuesta A

### **Ángulos y agarre**

Se modificó la forma del mango con dos propósitos: el primero en la parte inferior; se hizo para tener un mejor ángulo de ataque y acceder más fácilmente

al tallo y el otro en la parte superior para que cuando la herramienta este en la posición indicada, la fuerza ejercida sea paralela a la línea de acción y así evitar una inclinación crítica del operario a la hora de hacer palanca. El mago es de tubería metálica cuyo espesor será definido en el análisis estructural

El agarre es un perfil de caucho antideslizante, que reduce las vibraciones e indica al usuario la forma de asirlo.



Ilustración 74 Ángulos manipulación de la herramienta

## Medidas

En este grafico se ven tres aspectos muy importantes en el diseño. El primero es la paralela al usuario (150cm.) y la referencia con respecto al cuerpo. El segundo (152cm) es la distancia de la palanca con respecto al pivote, y el tercero (20cm) es la distancia máxima que penetra la punta del palín en la tierra.

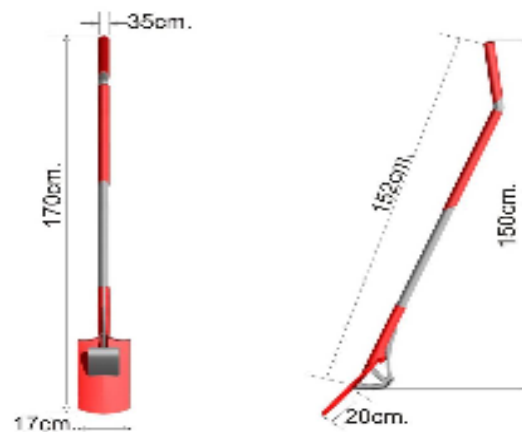


Ilustración 75 Dimensiones generales propuesta A

### 15.2.2 Justificación del diseño B.

Como se menciono anteriormente, esta propuesta resultado de la combinación de características de las soluciones anteriores, tomando en cuenta que si cada una de las 2 personas que actualmente realizan la labor se les entrega una herramienta, podrían ser más productivos y tener mejores condiciones de trabajo.



Ilustración 76 Propuesta B

Una sola persona es capaz de arrancar la mata, sin importar la edad de esta y su morfología. Funciona por medio de golpes en la base del tallo al igual que el palín, aunque esta perfora más profundo y a su vez queda “debajo de la mata” lo cual permite hacer palanca y arrancarla desde la raíz.



Ilustración 77 Forma como agarra la mata

Está compuesta por tres cuchillas (trinche) y un apoyo. La cuchilla central es más larga puesto que es la primera en entrar a la tierra y es la que mayor resistencia tiene por parte de la mata y posee en el centro una “vena” de refuerzo para darle mejor resistencia a la torsión y a su vez corta la raíz.

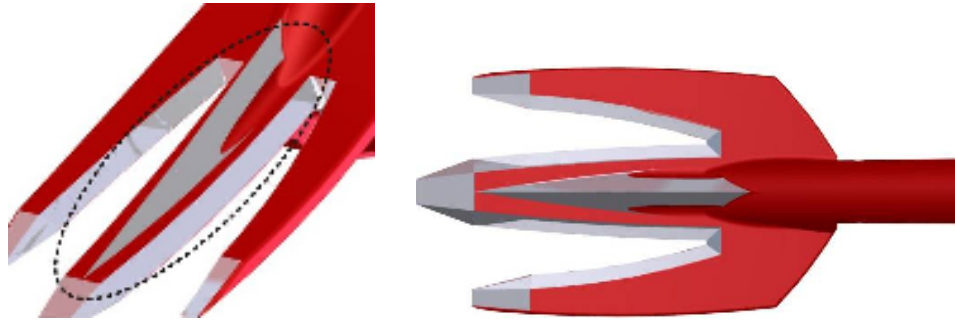


Ilustración 78 Trinche

Las puntas entran con gran potencia a la tierra debilitando y cortando las raíces de la mata desde abajo para ser arrancada posteriormente.

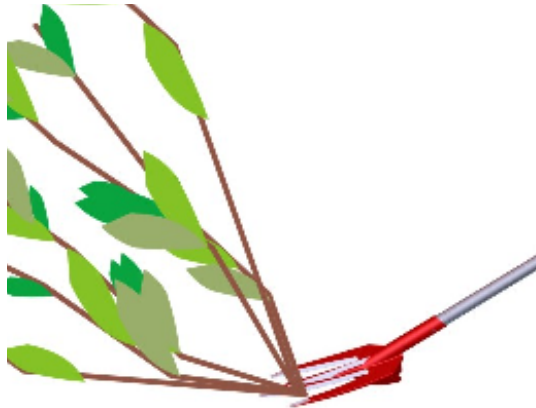


Ilustración 79 Filo de la propuesta B

La parte inferior de la herramienta es curva y sirve como pivote y apoyo para hacer palanca y separar la mata del suelo.



Ilustración 80 Apoyo propuesta B

## Ángulos y agarre

El mango utilizado en esta propuesta es el mismo de la propuesta A, al igual que los agarres, por lo tanto su manipulación y posiciones son iguales

## Medidas

Al igual que en el diseño "A" se ve como (150cm.) es la referencia con respecto al cuerpo. (152cm) la distancia de la palanca con respecto al pivote, y (15cm) la distancia máxima que penetra la punta del palín en la tierra.

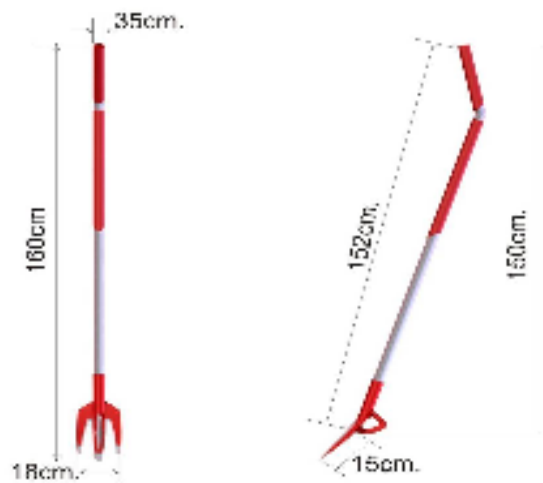


Ilustración 81 Dimensiones generales propuesta B

### 15.3 LOGO PROPUESTA B



Ilustración 82 Logo propuesta

## 16 ANÁLISIS MECÁNICO

Se efectúa este análisis con el fin de garantizar una multiplicación de más de 6 veces de la fuerza ejercida por el usuario por medio de una palanca, para cumplir con las especificaciones de diseño y así poder arrancar la mata.

Las medidas generales de las dos propuestas (A y B) son las mismas y por ende su palanca también. Esta palanca es de primer genero; cuando el punto de apoyo esté entre la potencia y la resistencia; se analiza a través de la fórmula:  $P \times dp = R \times dr$ , siendo  $P$  fuerza ejercida y  $R$  la resistencia o fuerza que transmitimos o vencemos,  $dp$  y  $dr$  son las distancias que hay del punto de apoyo a  $P$  y  $R$ .



Ilustración 83 Diagrama de fuerzas y distancias de la palanca

Si hacemos que  $P$  sea la fuerza máxima que pueda realizar el usuario sin causar lesiones (20 kg por mano), la fuerza de salida o  $R$  es igual a: 304 kg. Lo que indica una multiplicación de 7.6 veces la fuerza ejercida por el usuario, es decir que si se hace la fuerza máxima posible, que es el peso promedio del erradicador; aprox. 75 kg la fuerza se multiplicaría a 570 kg.

Estos resultados son satisfactorios y cumplen con el requerimiento del PDS de aumentar la fuerza del usuario más de 6 veces, para tener la fuerza necesaria ya sea para debilitar el tallo o para arrancar la mata según la propuesta.

## 17 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL PALÍN

Se realizó un análisis estático a la propuesta A con el fin de ver el comportamiento de la herramienta a la fuerza realizada por el usuario y a las reacciones del suelo. A la propuesta B no se le hizo ningún análisis, pues tiene las mismas características excepto por la base que entra al suelo; los resultados de este análisis se tendrán en cuenta para su diseño.

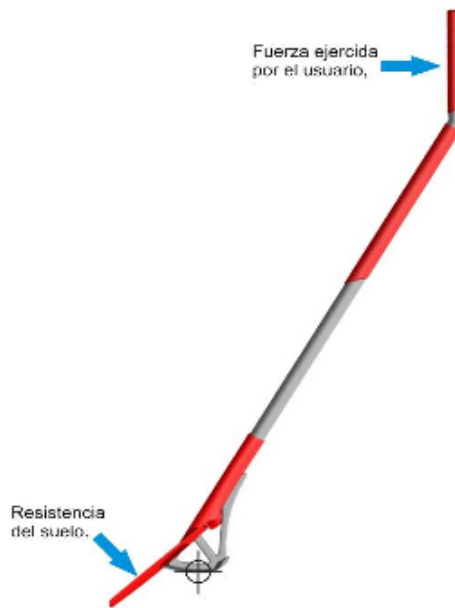


Ilustración 84 Ensamble y fuerzas aplicadas al palín. (Esquema de las fuerzas)

Para el análisis estructural se separaron las 3 piezas para efectos de fácil simulación, en cada pieza se traslada la fuerza aplicada en el mango al pivote y al palín por sumatoria de fuerzas y momentos. En las ilustración 87, 90 y 93 se muestran como están aplicadas estas fuerzas.

El material a utilizar es el acero estructural 1020 cold rolled. Este acero de medio-bajo carbono es sometido a un rolado en frío reduciendo su dimensión inicial y mejorando su rigidez. Este es un material de comportamiento lineal, elástico (dúctil) e isotrópico.

Modulo de elasticidad:	29700 ksi (205000 MPa)
Esfuerzo último de fluencia:	50800 psi (350 MPa)

Tabla 8 Información del material<sup>28</sup>

### 17.1 ANÁLISIS MANGO

El tubo de acero estructural de calibre 1.5 mm es sometido a una carga de 1000 N; dándole un factor de seguridad de 2.5 con respecto a la fuerza normal del usuario (40 Kg.). Es fijado en el otro extremo como se observa en la 87

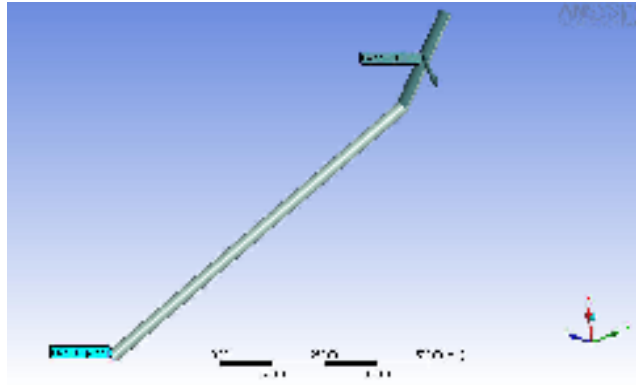


Ilustración 85 Condiciones de frontera simuladas para el Mango.

En este análisis se presentan unos esfuerzos mucho mayores a los permisibles por el material equivalentes a 1525 MPa, y una deformación considerable de 201 mm visto en la ilustración 87. Aunque se recomienda aumentar el espesor, no se justifica, porque le aumentaría peso y por que el factor de seguridad es muy alto.

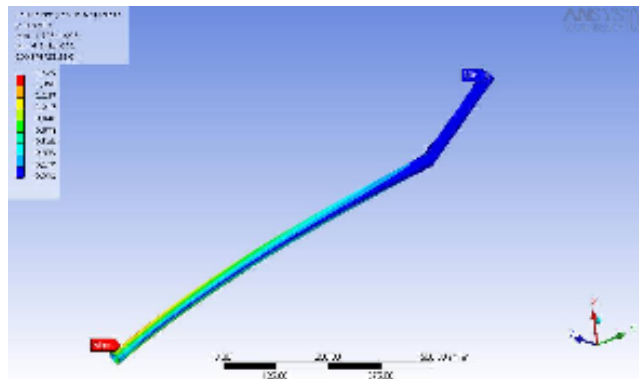


Ilustración 86 Esfuerzos equivalentes (von-Mises) para el mango.

<sup>28</sup> [www.matweb.com](http://www.matweb.com)

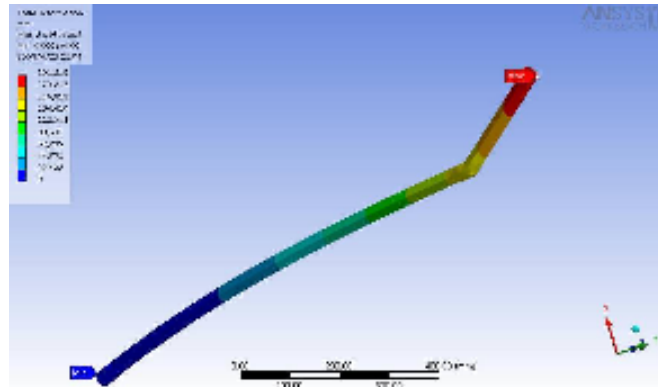


Ilustración 87 Deformaciones totales para el mango.

## 17.2 ANÁLISIS APOYO

Para el análisis estructural del pivote se aplicó un momento equivalente a la fuerza aplicada por la distancia del mango de 830000 N.mm, una fuerza de 1000 N como se muestra en la ilustración 88.

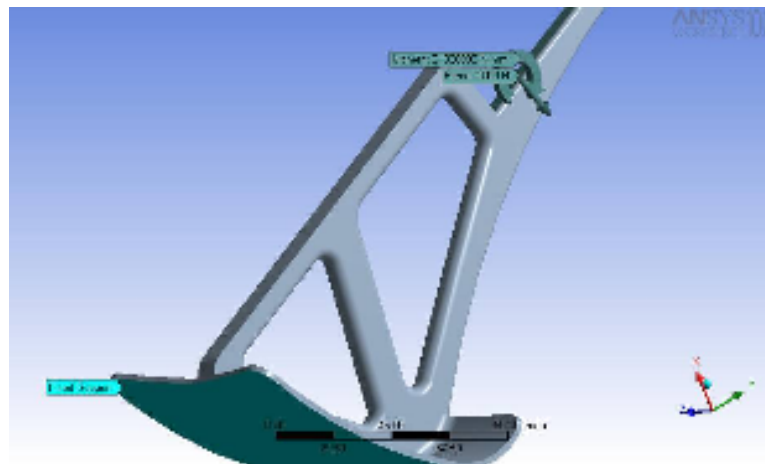


Ilustración 88 Condiciones de frontera simuladas en el pivote

En la ilustración 89, se observa una concentración de esfuerzos equivalentes a 1890 MPa, y una deformación máxima aprox. de 6 mm. Los esfuerzos son exageradamente altos y superan por mucho el esfuerzo último de fluencia del material (350 MPa). Se recomienda para disminuir los esfuerzos incrementar 3 veces aprox. el espesor de la cercha y la altura de los elementos, enfatizando en el elemento de mayor concentración de esfuerzos.

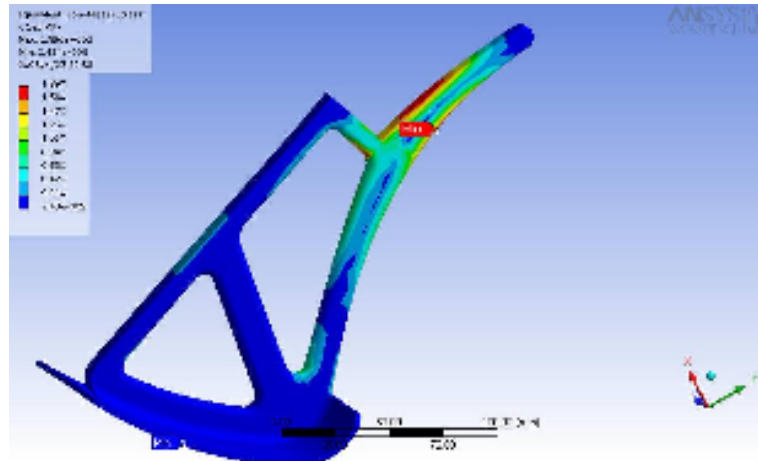


Ilustración 89 Deformaciones totales del pivote

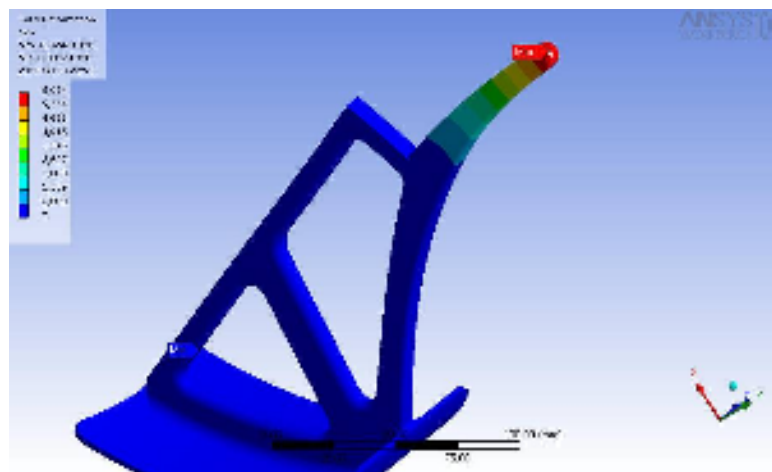


Ilustración 90 Esfuerzos equivalentes (von-Mises) del pivote,

### 17.3 ANÁLISIS PALA

Para el análisis de la última pieza, se simulan la fuerza aplicada de 1000 N en el mango como uno momento equivalente a 1180000 N.mm, al igual que la fuerza aplicada en el soporte del mango como se observa en la ilustración 91.

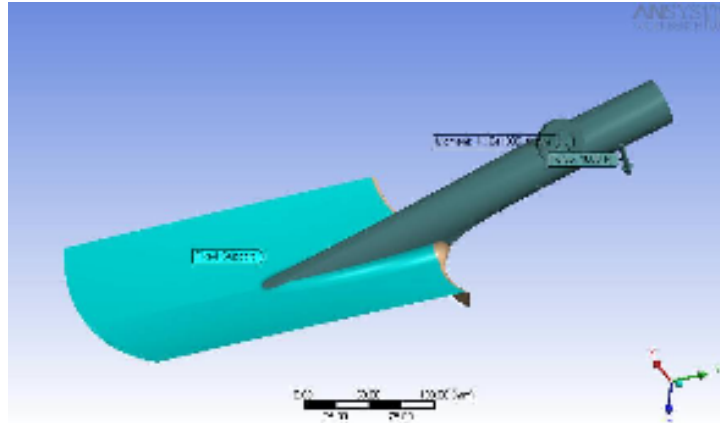


Ilustración 91 Condiciones de frontera de la pala.

En la ilustración 92 se evidencia una concentración grande de esfuerzos aprox. de 2300 MPa, que supera el límite máximo de fluencia del material, y una deformación máxima de 12 mm.

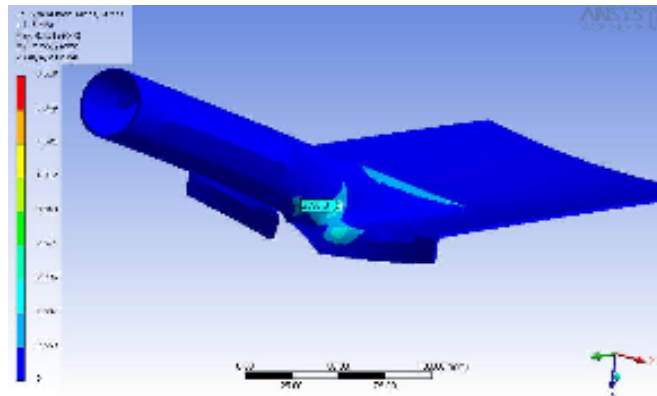


Ilustración 92 Esfuerzos equivalentes (von-Mises) de la pala

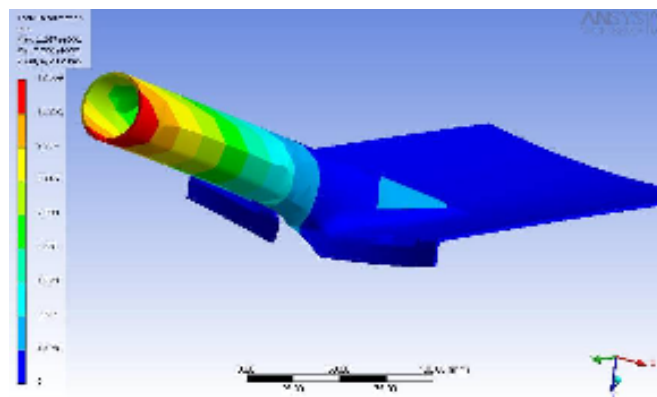


Ilustración 93 Deformaciones totales de la pala

En conclusión la fuerza aplicada de 1000 N parece ser una carga crítica, lo recomendable es utilizar un acero alto carbono para mejorar las prestaciones de la pieza.

#### 17.4 AJUSTES

Luego obtener los resultados de los análisis se procedió entonces a hacer las modificaciones pertinentes; como el cambio de espesor en el apoyo y hacerle una mejor fijación al mango para evitar las deformaciones que muestra el análisis.

Para el mango se decidió dejarle el espesor de 1.5mm pues ya incrementaría mucho el peso de la herramienta y la deformación generada no es tan relevante, pues se utilizó un factor de seguridad muy alto y la fuerza aplicada excede la real

En el palín no se hizo ninguna modificaciones porque es una pieza estándar, simplemente se utilizó para trasladar los esfuerzos y también para tener la información de cómo se comportaba, para futuras modificaciones.

El diseño de la propuesta B se hizo teniendo en cuenta el análisis de la propuesta A; dándole un mayor espesor a la base y fijando de esta el apoyo para evitar deformaciones tener una herramienta más rígida y resistente, además se disminuyó el volumen del apoyo para hacerlo más liviano ( ver justificación del diseño).



Diseño B teniendo en cuenta análisis estático

Todos estos cambios se pueden ver en el anexo G, planos

## 18 CONCLUSIONES

Se comprobó que la necesidad del producto concebido realmente existe, pues las herramientas con las que se cuenta actualmente no son lo suficientemente especializadas para suplir las necesidades del erradicador, además su implementación en la realidad se justifica por la gran cantidad de cultivos de coca que hay en el país.

Se concluye que el método actual de erradicación manual es efectivo en términos de la productividad que les exigen a los erradicadores, sin embargo para alcanzar esas metas es muy grande el desgaste físico que se hace y puede traer consecuencias para la salud.

Se logro realizar un proceso de diseño de producto de manera metódica, con el cual se llevo a una solución conceptualmente viable pero que no brindaba la certidumbre de ser implementada con éxito, por lo que se tomo la decisión de hacer un segundo prototipo con el fin de comparar a futuro cual de los dos es más efectivo.

Con el fin de llegar a la mejor solución, se concluye que se debió hacer pruebas funcionales y de usuario a los prototipos para compararlos con el proceso actual, medir su productividad y el comportamiento con el usuario en términos de factores humanos.

## 19 OPORTUNIDADES DE MEJORA

### Mango.

Se considerará a futuro que este elemento pueda graduarse de acuerdo a al gusto y medidas del usuario, además que permita facilitar el transporte de la herramienta desde y hacia el cultivo. A demás de implementar materiales compuestos como la fibra de vidrio para aminorar su peso.

### Percutor

Este elemento ayuda a multiplicar el impacto del palín con la tierra y maximiza el corte de la cuchilla en las raíces de la planta. Consiste en un peso perforado en el centro y una guía. El peso se mueve libremente y cuando el usuario realiza un movimiento rápido este genera energía cinética la cual es liberada al hacer contacto con la “cuchilla”. Este elemento será considerado únicamente si el peso total de la herramienta no excede los 3 Kg., requerimiento básico para el diseño de palas.

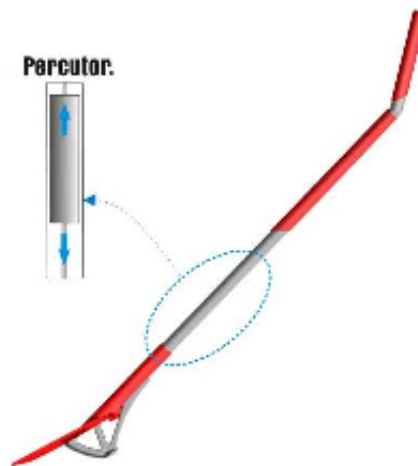


Ilustración 94 Percutor

### “Cuchilla”

Se considerará a futuro el diseño de diferentes tipos de cuchillas las cuales puedan ser usadas no solo para la labor de arrancar matas de coca, sino también

## **20 PROYECTOS FUTUROS.**

Realizar pruebas en los cultivos de coca con las dos propuestas fabricadas para medir su productividad y eficiencia frente a la operación actual, con el fin de encontrar debilidades y fortalezas que ayuden a mejorar la herramienta.

Con la experiencia recopilada a lo largo de la concepción de la herramienta se pretenderá expandir su campo de acción, dándole el título de ser una herramienta para “arrancar”.

## **21 BIBLIOGRAFIA**

### **Textos de referencia.**

BECKER, Jean-Paul. Curso sobre Ergonomía. Editorial Ergon, Ciudad de México, México, 1999.

CROSS, Nigel, "Métodos de diseño". Editorial Limusa Wiley, México DF, 1999,

FARRER, Francisco; MINAYA Gilberto; NIÑO, José; RUIZ Manuel. "Manual de Ergonomía". Editorial Mapfre S.A. 1995, Madrid, España

Guía para la identificación de variedades de "COCA" cultivadas en Colombia (Acción Social)

MCATAMNEY, L. Y Corlett, E. N., 1993, RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, 24, pp. 91-99.

RODRÍGUEZ, Alberto. ARTEFACTOS, DISEÑO CONCEPTUAL. Fondo Editorial Universidad EAFIT. Pág. 32

### **Revistas y publicaciones**

Programa de las Naciones Unidas para la Fiscalización Internacional de Drogas, Tendencias Mundiales de las Drogas Ilícitas, 2001.

Según informe del CORAH del 19 de agosto de 2004 entre 1983 y 2004 el proyecto contribuyó con la erradicación de 77.025 hectáreas de coca en el Perú.

Revista cromos, edición # 4.668, agosto 27 de 2007, Pág. 68-71

### **Paginas de Internet**

#### **Paginas sobre maquinaria y herramientas Agrícolas.**

<http://www.wolf-garten.com/>

[www.herragro.com](http://www.herragro.com)

<http://www.tabortools.com/catalog.asp?CatID=9>

<http://www.maliky.com.au>

<http://www.agrisupportonline.com/advertisement/dotan/index.htm>  
[qintaichina.en.alibaba.com/.../Pick\\_and\\_hoe.html](http://qintaichina.en.alibaba.com/.../Pick_and_hoe.html)

<http://www.ciponline.org/colombia/0401putuesp.htm>

#### **Paginas sobre información referente a cultivos ilícitos.**

<http://www.cultivosilicitoscolombia.gov.co/>

<http://www.presidencia.gov.co/sne/2006/enero/17/10172006.htm>

### **Paginas de Ergonomía.**

<http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/handtools/tooldesign.html>

<http://pwp.supercabletv.net.co/garcru/colombia/Colombia/clima.html>

<http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/push1.html>

### **Paginas sobre temas misceláneos**

Real academia de la lengua española.  
[www.real.es](http://www.real.es)

Microsoft Encarta 2006.

### **Materiales.**

[www.matweb.com](http://www.matweb.com)

[www.esi2.us.es/IMM2/Pract-html/y3.html](http://www.esi2.us.es/IMM2/Pract-html/y3.html)

[www.fumasa.com/espanol/esptec02.html](http://www.fumasa.com/espanol/esptec02.html)