



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 19 febrero del 2024

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Andrea Cristina Carvajal Méndez, con C.C. No 1083922429.

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o titulado EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE HERRAMIENTA DESPALILLADORA PARA MEJORAMIENTO DE POSCOSECHA DE CANNABIS EN LA EMPRESA CANNAGUSTIN S.A.S EN EL MUNICIPIO DE PITALITO (HUILA) presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar al título de Ingeniera Agrícola.

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS**



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



1. TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:

EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE HERRAMIENTA DESPALILLADORA PARA MEJORAMIENTO DE POSCOSECHA DE CANNABIS EN LA EMPRESA CANNAGUSTIN S.A.S EN EL MUNICIPIO DE PITALITO (HUILA)

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Carvajal Méndez	Andrea Cristina

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Martínez Castro	Víctor Manuel
Gonzales Mahecha	German Andrés

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniera Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Pitalito AÑO DE PRESENTACIÓN: 2024 NÚMERO DE PÁGINAS: 45

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas__x_ Fotografías_x_ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general_x_ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas_x_ Música impresa___ Planos_x_ Retratos___ Sin ilustraciones___
Tablas o Cuadros_x_

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

1. Cogollo de cannabis
2. Calidad
3. Tiempo
4. Producción de cannabis
5. Eficiencia
6. Rendimiento

Inglés

1. Cannabis bud,
2. Quality
3. Time
4. Cannabis production,
5. Efficiency,
6. Yield.

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

La empresa Cannagustin S.A.S., se dedica a cultivar y procesar el cannabis con fines médicos e industriales, donde el cannabis pasa por varios procesos para llegar a su producto final, uno de estos es la poscosecha donde se pretende agilizar esta operación a partir de la construcción de una herramienta para mejorar el proceso del cultivo de cannabis este es el objetivo principal de este trabajo con criterios de rendimiento y calidad. La herramienta despalilladora consta de una lámina de acero de 3mm de espesor, la cual es soportada por una estructura de hierro de forma cuadrada; con la herramienta fueron evaluados los indicadores de poscosecha: rendimiento y calidad del despoje de la flor seca de cannabis de sus ramas a una humedad entre 6 a 10%. Esta herramienta ayuda a despojar los cogollos de las ramas de forma manual utilizando la fuerza del trabajador que la esté usando, donde esta, consta de una lámina de hierro con ranuras de diferentes dimensiones para que sea fácil la pasada de las ramas según su grosor y hacer de manera efectiva el trabajo de despalillado. El rendimiento asociado con la eficiencia estuvo en un promedio de 2,1 kg/h con la despalilladora y 1,02 kg/h con el método manual. La implementación de la herramienta redujo el tiempo para realizar esta operación obteniendo los resultados deseados; el porcentaje asociado a la calidad fue evaluado respecto a la flor defectuosa donde los resultados fueron del 77,23% del producto dañado en el método manual, en comparación con la herramienta la cual fue de 41,03% de flor defectuosa, lo que permite concluir que con el método manual el alto valor del indicador calidad es desfavorable para la comercialización de los cogollos.



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The company Cannagustin S.A.S., is dedicated to cultivate and process cannabis for medical and industrial purposes, where cannabis goes through several processes to reach its final product, one of these is the post-harvest where it is intended to streamline this operation from the construction of a tool to improve the process of cannabis cultivation this is the main objective of this work with performance and quality criteria. The de-stemming tool consists of a 3mm thick steel sheet, which is supported by a square iron structure; with the tool the post-harvest indicators were evaluated: yield and quality of the stripping of the dried cannabis flower from its branches at a humidity between 6 to 10%. This tool helps to strip the buds from the branches manually using the strength of the worker who is using it, where it consists of an iron blade with slots of different dimensions to make it easy to pass the branches according to their thickness and effectively do the de-stemming work. The yield associated with efficiency averaged 2.1 kg/h with the destemmer and 1.02 kg/h with the manual method. The implementation of the tool reduced the time to perform this operation obtaining the desired results; the percentage associated with the quality was evaluated with respect to the defective flower where the results were 77.23% of the damaged product in the manual method, compared to the tool which was 41.03% of defective flower, which leads to the conclusion that with the manual method the high value of the quality indicator is unfavorable for the marketing of the buds.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado:

Miguel Ángel Díaz Herrera

Firma:

Nombre Jurado:

Juan Gonzalo Ardila Marín

Firma:

**EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE HERRAMIENTA
DESPALILLADORA PARA MEJORAMIENTO DE POSCOSECHA DE
CANNABIS EN LA EMPRESA CANNAGUSTIN S.A.S EN EL MUNICIPIO
DE PITALITO (HUILA)**

Trabajo de grado presentado al departamento de Ingeniería Agrícola
como requisito para optar al título de: Ingeniera Agrícola

Autora

Andrea Cristina Carvajal Méndez: 20162152652

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agrícola

Pitalito, Huila, Colombia. 2023

Director: Mag. Víctor Manuel Martínez
Castro

Codirector: Ing. German Andrés Gonzales
Mahecha

Nota de aceptación

Jurado: Mag. Juan Gonzalo Ardila Marín

Jurado: PhD. Miguel Ángel Díaz Herrera

EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE HERRAMIENTA DESPALILLADORA PARA MEJORAMIENTO DE POSCOSECHA DE CANNABIS EN LA EMPRESA CANNAGUSTIN S.A.S EN EL MUNICIPIO DE PITALITO (HUILA)

RESUMEN

La industria mundial de cannabis legal ha tenido un crecimiento acelerado en los últimos años. Colombia siguió un camino que colocó al país en una posición dominante con un gran potencial para el desarrollo de la industria del cannabis medicinal y su proyección internacional (Ramírez, 2019). La empresa Cannagustin S.A.S., se dedica a cultivar y procesar el cannabis con fines médicos e industriales, donde el cannabis pasa por varios procesos para llegar a su producto final, uno de estos es la poscosecha donde se pretende agilizar esta operación a partir de la construcción de una herramienta para mejorar el proceso del cultivo de cannabis este es el objetivo principal de este trabajo con criterios de rendimiento y calidad. La herramienta despalladora consta de una lámina de acero de 3mm de espesor, la cual es soportada por una estructura de hierro de forma cuadrada; con la herramienta fueron evaluados los indicadores de poscosecha: rendimiento y calidad del despoje de la flor seca de cannabis de sus ramas a una humedad entre 6 a 10%. Esta herramienta ayuda a despojar los cogollos de las ramas de forma manual utilizando la fuerza del trabajador que la esté usando, donde esta, consta de una lámina de hierro con ranuras de diferentes dimensiones para que sea fácil la pasada de las ramas según su grosor y hacer de manera efectiva el trabajo de despallado. El rendimiento asociado con la eficiencia estuvo en un promedio de 2,1 kg/h con la despalladora y 1,02 kg/h con el método manual. La implementación de la herramienta redujo el tiempo para realizar esta operación obteniendo los resultados deseados; el porcentaje asociado a la calidad fue evaluado respecto a la flor defectuosa donde los resultados fueron del 77,23% del producto dañado en el método manual, en comparación con la herramienta la cual fue de 41,03% de flor defectuosa, lo que permite concluir que con el método manual el alto valor del indicador calidad es desfavorable para la comercialización de los cogollos.

Palabras claves: cogollo de cannabis, calidad, tiempo, producción de cannabis, eficiencia, rendimiento.

ABSTRACT

The global legal cannabis industry has had an accelerated growth in recent years. Colombia followed a path that placed the country in a dominant position with great potential for the development of the medical cannabis industry and its international projection (Ramirez, 2019). The company Cannagustin S.A.S., is dedicated to cultivate and process cannabis for medical and industrial purposes, where cannabis goes through several processes to reach its final product, one of these is the post-harvest where it is intended to streamline this operation from the construction of a tool to improve the process of cannabis cultivation this is the main objective of this work with performance and quality criteria. The de-stemming tool consists of a 3mm thick steel sheet, which is supported by a square iron structure; with the tool the post-harvest indicators were evaluated: yield and quality of the stripping of the dried cannabis flower from its branches at a humidity between 6 to 10%. This tool helps to strip the buds from the branches manually using the strength of the worker who is using it, where it consists of an iron blade with slots of different dimensions to make it easy to pass the branches according to their thickness and effectively do the de-stemming work. The yield associated with efficiency averaged 2.1 kg/h with the destemmer and 1.02 kg/h with the manual method. The implementation of the tool reduced the time to perform this operation obtaining the desired results; the percentage associated with the quality was evaluated with respect to the defective flower where the results were 77.23% of the damaged product in the manual method, compared to the tool which was 41.03% of defective flower, which leads to the conclusion that with the manual method the high value of the quality indicator is unfavorable for the marketing of the buds.

Keywords: cannabis bud, quality, time, cannabis production, efficiency, yield.

INTRODUCCIÓN

El cannabis (*Cannabis sativa*) fue una de las primeras plantas cultivadas y durante siglos clasificado como uno de los cultivos agrícolas más importantes en el contexto mundial. El cáñamo como también se le conoce se originó en Asia Central, donde se cultivó principalmente en China y luego en India. Las plantas de Cannabis se utilizaron para la producción de fibra, pero más tarde también como alimento y forraje (Abel, 1980; Henschke, 2019; Lawler, 2019). Los extractos de cannabis fueron los analgésicos más prescritos por los médicos occidentales durante los años 1800 y principios de 1900, siendo este prometedor como fuente de futuros medicamentos (Ranalli, 1999). Tradicionalmente, la planta de Cannabis se ha cultivado y presentado como un cultivo multiuso y multifuncional que puede proporcionar materias primas valiosas para una gran cantidad de aplicaciones (Van Der Werf, 2004), esto demuestra que la sostenibilidad de sus productos y la transformación en derivados medicinales, son los principales impulsores de una futura expansión de los cultivos de cannabis (Mora, 2020)

La historia del cannabis en Colombia no es tan reciente como parece. En el país hay cultivos de marihuana desde el siglo XVII en regiones como la Sierra Nevada de Santa Marta y en el Macizo Colombiano, cuando se instaló la industria del cáñamo para la fabricación textil. El cáñamo, una variedad de cannabis con baja concentración del Delta-9-tetrahidrocannabinol (THC), se terminó adoptando a los climas colombianos y dio origen a las variedades con efecto relajante y de viaje suave (Cruz, 2022). Al analizar la información presentada en la línea del tiempo se evidencian dos escenarios interesantes: la prohibición, que trajo consigo la criminalización del porte y consumo de cannabis; y por otro lado, la creciente tendencia de buscar la regulación y legalización del cannabis mediante marcos normativos que garanticen el control del cultivo, producción y consumo de esta planta (Súarez y Castillo, 2020).

El Huila cuenta con 196 productores de cannabis medicinal registrados ante el Ministerio de Justicia, de los cuales 13 tienen toda la reglamentación y desarrollan los diferentes eslabones, como son: fuente semillero, producción, transformación, comercialización, exportación y formación investigativa (Gobernación del Huila, 2021).

Hoy en día, con las puertas abiertas a la legalización y a mercados con altos estándares de calidad como el farmacéutico y el cosmético, el cannabis tiene grandes proyecciones en toneladas y un mercado internacional ávido del insumo. Según Rico, (2022) la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud presentaron los lineamientos para el uso industrial del cannabis en el territorio nacional, con la expedición de la Resolución 227 de 2022; normativa que describe los procesos para la obtención de licencias, autorizaciones y otros mecanismos al uso del cannabis y de la planta de cannabis y es importante anotar que el 24 de julio del 2021, el gobierno Nacional firmo el decreto 811 que permite la exportación de flor seca. Este es un sector cuyo valor estimado de mercado global es de US\$3.041 millones, pero que para 2025 podría llegar a US\$64.000 millones, según explicó la directora ejecutiva de la Cámara de Comercio Colombo Americana (AmCham) en medio del anuncio del nuevo decreto. Ahora bien, con esta noticia el sector aumenta de manera significativa las proyecciones de exportación, que ascienden a los US\$17.700 millones, cifra que ubica al cultivo arriba de las proyecciones de otros productos de gran relevancia en la balanza comercial, como el petróleo (US\$16.843 millones), manufactura (US\$8.324 millones), carbón

(US\$7.448 millones), café (US\$2.268 millones) y flores (US\$1.400 millones), según datos de Econcept (Coneo, 2021).

Cannabis sativa L. pertenece a la familia Cannabaceae, es una planta herbácea anual de hasta 4 m de alto, dioica, de tallo erecto y acanalado, hojas verdes palmadas, lanceoladas estipulada, las inferiores opuestas y las superiores alternas. Las hojas se encuentran sobre pecíolos de hasta 7 cm de largo. Cada hoja se compone de entre 3 a 9 folíolos angostos, de ápice agudo, con márgenes aserrados y tricomas glandulares recostados sobre el haz y el envés de un color más claro. Los tricomas glandulares producen una resina como una forma de proteger a la planta contra las agresiones externas. El fruto tiene una forma globular, de cerca de 5 mm de diámetro, con una sola semilla, ovoide, algo comprimida, café grisáceo encerrado en el perianto. La flor sin pétalos, con coloración verde amarillo. El punto más alto de la planta es la sumidad, donde se encuentran las flores. Las flores pueden ser "macho" (poseen estambres) o "hembras" (poseen pistilos). Sin embargo, en ciertos casos algunas plantas pueden contener tanto flores macho como flores hembra, por lo que se les considera hermafroditas (planta diácea), como se apreciar en la figura 1 (Acuña, 2007; López *et al.*, 2014).

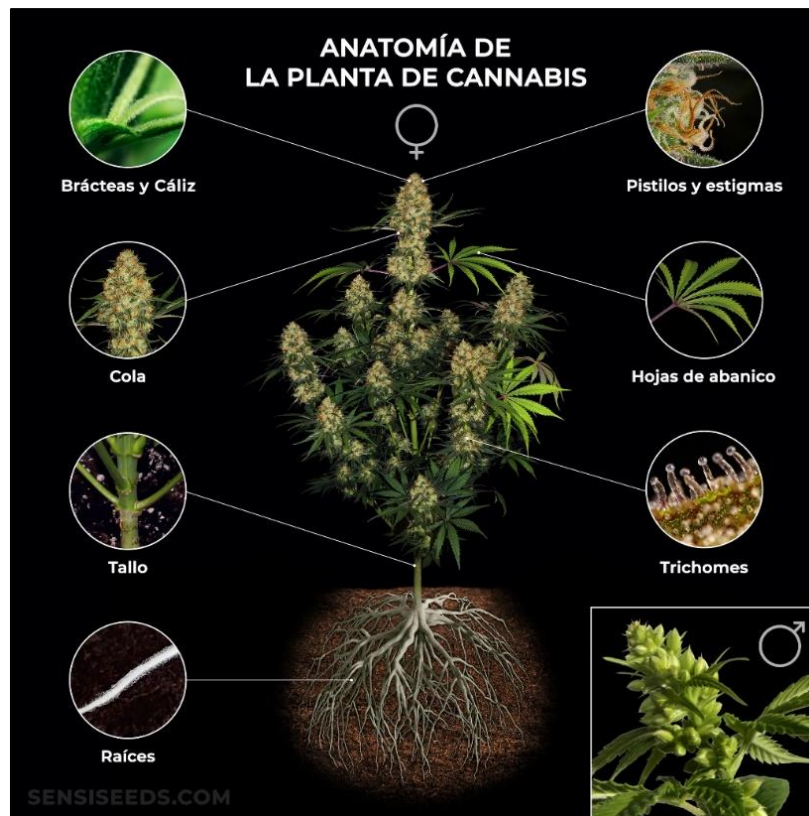


FIGURA 1. Anatomía del cannabis. fuente: (sensi seeds, 2022).

El Cannabis ha sido cultivado por la humanidad por sus fines psicoactivos y terapéuticos (Prade, 2011), efectos dados principalmente por dos moléculas de las más representativas del denominado grupo cannabinoides: el Delta-9-tetrahidrocannabinol, a menudo denominado por su acrónimo THC (uno de los dos principales compuestos activos del cannabis y su principal componente psicoactivo, que puede generar euforia, además de efectos analgésicos, antieméticos,

antiinflamatorios y antioxidantes) y el Cannabidiol o CBD (el segundo de los dos principales cannabinoides y puede modular el THC, además de tener efectos ansiolíticos, antipsicóticos y anticonvulsivos) (Birdsall *et al.*, 2016; Andre *et al.*, 2016; Grof, 2018).

La cadena productiva del cannabis integra un conjunto de actividades que van desde la etapa de siembra, cultivo y cosecha de la planta, hasta la extracción de derivados que sirven como insumo principal para la elaboración de diversos productos más sofisticados (Ramírez, 2019). Los procesos que se realizan para tener un producto final de cannabis empiezan con la floración, donde esta varía según la variedad de planta de cannabis que se esté cultivando, cuando se acerca la fecha de cosecha, se observan los tricomas como se aprecia en la figura 2, los cuales son glándulas de resina que cambian de color, transparente, blanco lechoso hasta llegar a un color ámbar, el cual indica que es el momento de cosechar la planta. Para esta labor se corta la planta en su base, seguidamente se cortan las hojas abanico, las cuales son las hojas más grandes para dejar solo el cogollo, luego se cuelgan las ramas para el secado, cuando esta operación termina en un tiempo de tres días, los cogollos son arrancados de las ramas en una labor denominada despalillado, y estos son almacenados, para comercializar o ser transformados.

Según la Oficina de las Naciones Unidas contra la droga y el delito, Dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales el ciclo de floración puede durar de 4 a 12 semanas (UNODC, 2010). Para poder identificar un inicio de madurez de la planta es el color que adquieren los tricomas, el nivel óptimo de maduración se puede observar al encontrar un 50% de tricomas marrones teniendo un mayor contenido de THC, de aquí en adelante los niveles de THC disminuyen a medida que aumenta el porcentaje de tricomas marrones, en la figura 4 se puede observar los 3 grados de maduración de los tricomas. Según UNODC (2010) el 75% aproximadamente de los tricomas marrones indican que la planta está lista para su recolección y para Cervantes (2007) es de 50% ya que el THC está más disponible lo que provoca un efecto más cerebral y corporal, el momento de la cosecha lo determina cada cultivador según su experiencia.



FIGURA 2. Tricomas en la flor de cannabis. Fuente: (Alpha Academy, 2021).

La cosecha del cannabis se da en plena floración, se identifica la planta que tenga las características ideales para poder hacer la recolección, con ayuda de guantes y unos utensilios bien desinfectados se empieza con un corte en la parte más baja de su tallo, procedemos con marcaje y etiquetado para

llevar una correcta trazabilidad durante todo el proceso. Luego se trasladan al cuarto de manicurado donde con tijeras esterilizadas se despojan de sus hojas abanico y azucaradas, estas hojas se recolectan en un balde para luego hacer el proceso de abonos orgánicos. Al finalizar el manicurado la flor debe verse desnuda, para poder llevarla al cuarto de secado. Según (Ubeed *et al.*, 2022) en general la forma manual es la única que se utiliza para el manicurado del cannabis sin daños y producir flores de alta calidad, todas las herramientas utilizadas durante la cosecha deben purificarse o esterilizarse, se puede observar en la figura 3 esta labor usando tijeras.



FIGURA 3. Manicurado de la planta del cannabis. Fuente: propia.

El secado del cannabis que se realiza en la empresa es un “secado lento”, las ramas se cuelgan en perchas como se aprecia en la figura 4, y esto se hace con el fin de que el agua de la rama migre hacia los cogollos, permitiendo una degradación de la clorofila. El cuarto de secado está equipado con deshumificadores de 70 pintas modelo MDCK60AZN1, donde estos, tardan de 2 a 3 días en secar las ramas, obteniendo entre 6 a 10% de humedad en el cogollo, para UNODC (2010) el contenido de humedad oscila entre el 8 y el 13% aproximadamente. Según (Hawes y Cohen, 2015) actualmente, no existe ningún modelo para predecir el punto final de secado o el tiempo total de secado. En la industria, los productores de cannabis generalmente utilizan deshumificadores, los cuales funcionan a plena potencia para acelerar el proceso de secado.

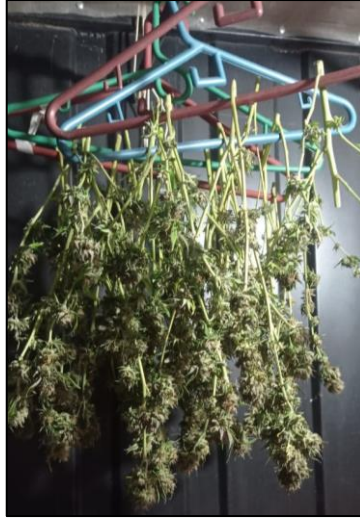


FIGURA 4. Secado del cannabis. Fuente: propia.

El curado permite que los cogollos continúen secándose lentamente, cuando se ha completado el proceso de secado los cogollos son retiradas de sus ramas de forma manual, donde el operario con guantes agarra firmemente con una mano la parte más gruesa de la rama y con la otra desliza de manera rápida hacia la punta, en un tipo de ordeño para desprender con este movimiento todos los cogollos. Los tallos que salen de este proceso son utilizados para producir ladrillos de manera experimental, y los cogollos son empacados al vacío como se puede ver en la figura 5, para luego ser procesados y posteriormente comercializarlos. Este empaque al vacío se hace con el fin de que los cogollos se puedan curar, según Mila Saavedra (2020) el curado también permite que los cogollos se sequen adecuadamente a una humedad de entre 8 y 10 % para que el moho no se desarrolle y sean almacenados. El curado hace que el cogollo se seque uniformemente, y convierte prácticamente todo el THC a su forma psicoactiva.



FIGURA 5. Empaquetado al vacío la flor de cannabis. Fuente: propia.

Actualmente en el mercado se encuentran equipos despalilladora que funcionan con motores eléctricos y son de difícil acceso por su costo, las cuales son de origen americano, argentino y español, a excepción de esta empresa colombiana que según la revista Hierbabuena (2022), Heter es la empresa que desarrolló una máquina despalilladora de cannabis eléctrica que cumple con los más altos estándares de la producción farmacéutica. Respecto al funcionamiento de la máquina, donde esta desprende el cogollo a la rama seca del cannabis, separándolo del tallo en menos de un segundo y manteniendo su estructura, la máquina en dólares tiene un costo de cercano a los US\$6.000.

Otra de las empresas de origen español Master Products (2012), donde diseñan y fabrican maquinaria industrial agrícola, la despalilladora eléctrica MB BUCKERS 500MED y la MB Bucker 200, están diseñadas para separar grandes cantidades de flores de las ramas frescas acabadas de cosechar y también producto seco, estas máquinas facilitan el trabajo automatizando la labor de separar las flores de cannabis de la rama, obteniendo un excelente rendimiento. Su valor comercial respectivamente es US\$9.128 y 6.368. Existen una despalilladora de origen argentino según Román (2023), Le Caburé es una empresa que diseño el EQUIPO MODELO BUCKER JUANA máquina eléctrica que despala las plantas desde el tronco, desprende las ramas, deja todo el material de flores y hojas enfrente para depositarlo en una bandeja o canasto.

También según Panda SL (2023), propietaria de Growlet un growshop online de origen americano vende maquinaria para procesar cannabis, una de ellas es la CannaGin 215 GreenBroz despalilladora de cogollos funciona introduciendo donde esta es jalada hacia dentro, dejando los cogollos resbalar por la rampa que da a la bandeja de recolección, se encuentra con un valor de US\$3.715 y la Trimpro Bucker despalilladora de cogollos funciona introduciendo el tallo de la rama en el agujero que mejor encaje, donde esta succionará la rama hacia dentro y las flores caerán en un recipiente. Puede trabajar con plantas en fresco o con plantas ya secadas previamente, su valor comercial es US\$4.033.

Por otra parte, PowerCogollo (2010), un growshop vende una herramienta llamada Debbuddder Original 420 Despalilladora Manual de Mesa en la figura 6 podemos ver cómo funciona, se puede usar en verde o en seco, su valor comercial es de US\$51,54.



FIGURA 6. Debbuddder Original 420 Despalilladora Manual de Mesa. Fuente: (Pevgrow, 2009).

En cuanto a lo investigado anteriormente se puede deducir que estos equipos son de difícil acceso en cuanto a su ubicación, así como sus costos elevados, a causa de esto la empresa CANNAGUSTIN S.A.S, tiene la iniciativa de diseñar su propia herramienta ya que se caracteriza por lograr varias cosechas de cannabis al año, urge la necesidad de asistir de manera semi-mecanizada los procesos de poscosecha, con el objetivo de reducir tiempo, esfuerzo y agilizar el trabajo de los operarios. El proceso típico del cannabis implica la cosecha, el secado del producto cosechado, seguido de la extracción y la obtención de productos. Según (Challa *et al.*, 2021) el paso más importante en la poscosecha y la conservación del cannabis implica la reducción del alto contenido de agua en los cogollos (flores) y las hojas, que se establece mediante el secado. Después de pasar por el secado, la flor de cannabis se retira del tallo quedando libre, este proceso se realiza manualmente; el operario que realiza esta acción utiliza guantes y empieza a retirar los cogollos desde el inicio de la rama hasta el final de forma energética, cuando ya se cumple con esta labor los cogollos desprendidos son empacados al vacío y las ramas son llevadas para almacenarlas y darles un uso.

Con la finalidad de poder llevar estos procesos a un siguiente nivel, este trabajo de grado tuvo como objetivo la evaluación de un prototipo de herramienta despalladora del cogollo de cannabis, la cual funciona manualmente. Con la implementación de esta herramienta se busca mejorar la eficiencia en la poscosecha de la planta, obteniendo un mayor rendimiento de tiempo en el momento de retirar el cogollo de las ramas, sin lesionar los tricomas que contienen los cannabinoides. Este trabajo de grado será de gran utilidad para la empresa, debido a que contribuirá a analizar la disminución de los costos de mano de obra en la poscosecha, y mantendrá la calidad del producto final.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo se realizó en la empresa CANNAGUSTIN S.A.S. ubicada en el kilómetro 13 vía Pitalito- Bruselas como se muestra en la figura 7, en la vereda Cabuyal del Cedro, al sur de Colombia, entre las cordilleras oriental y central de los Andes, sobre el valle del río Magdalena, al sur de Colombia, hace parte del macizo Colombiano y del cinturón andino, declarado por la Unesco en 1972 como Reserva de la Biosfera, región ideal para el cultivo de Cannabis, cuenta con 3,2 hectáreas licenciadas y en proceso de expansión, donde tienen cultivos escalables de cannabis psicoactivo y no psicoactivo, en invernaderos y a cielo abierto; donde predomina un clima templado y fresco el cual es ideal para el cannabis según Prade (2011).



FIGURA 7. Ubicación empresa Cannagustin S.A.S. Fuente: Google map.

Diagnóstico de la poscosecha de cannabis en la empresa Cannagustin

Previamente se realizó visita a la empresa donde se identificaron las actividades de producción, cosecha y poscosecha, se elaboró el diagrama de flujo que se muestra en la figura 8. A partir de esta información se plantea el concepto de la herramienta con unos parámetros de diseño en función de las variables fisiológicas de la planta, medidas antropométricas de los operarios y materiales de construcción a utilizar.

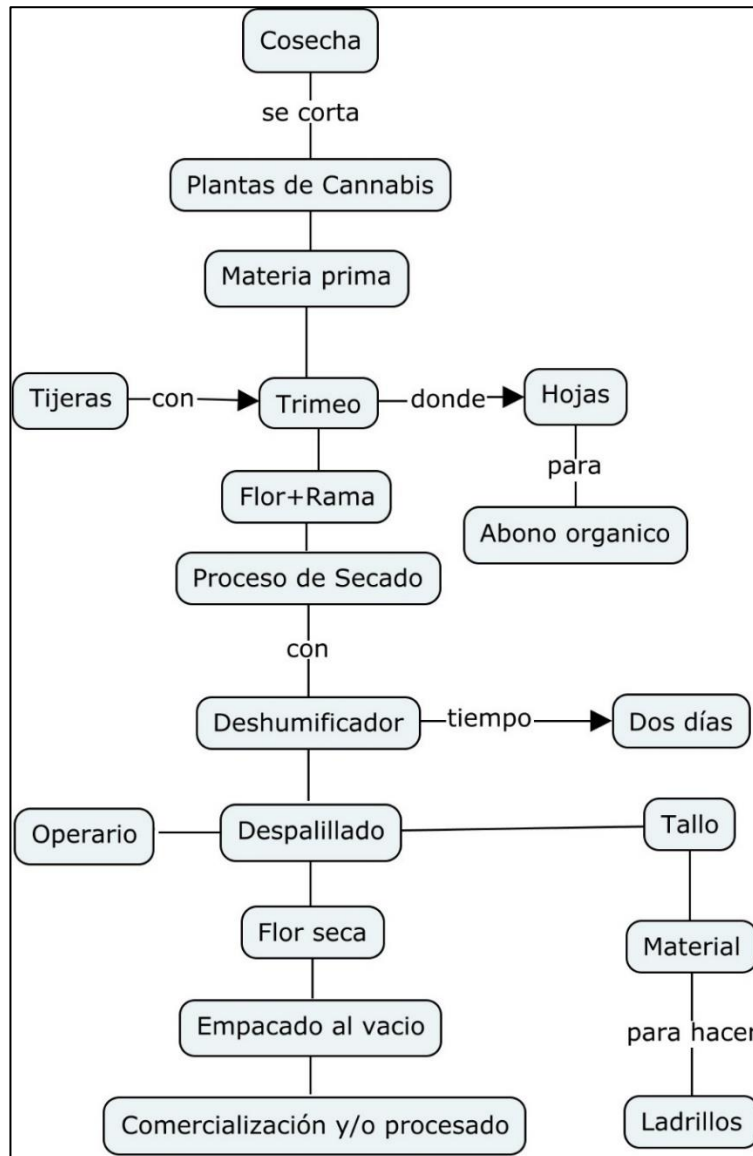


FIGURA 8. Diagrama de flujo del proceso de pos-cosecha de cannabis.

Construcción de la herramienta despalilladora exploratoria

Se desarrolló un método para diseñar y construir una herramienta manual a fin de separar flores secas de cannabis de sus ramas. La metodología utilizada se presenta en el diagrama de flujo de la figura 9.

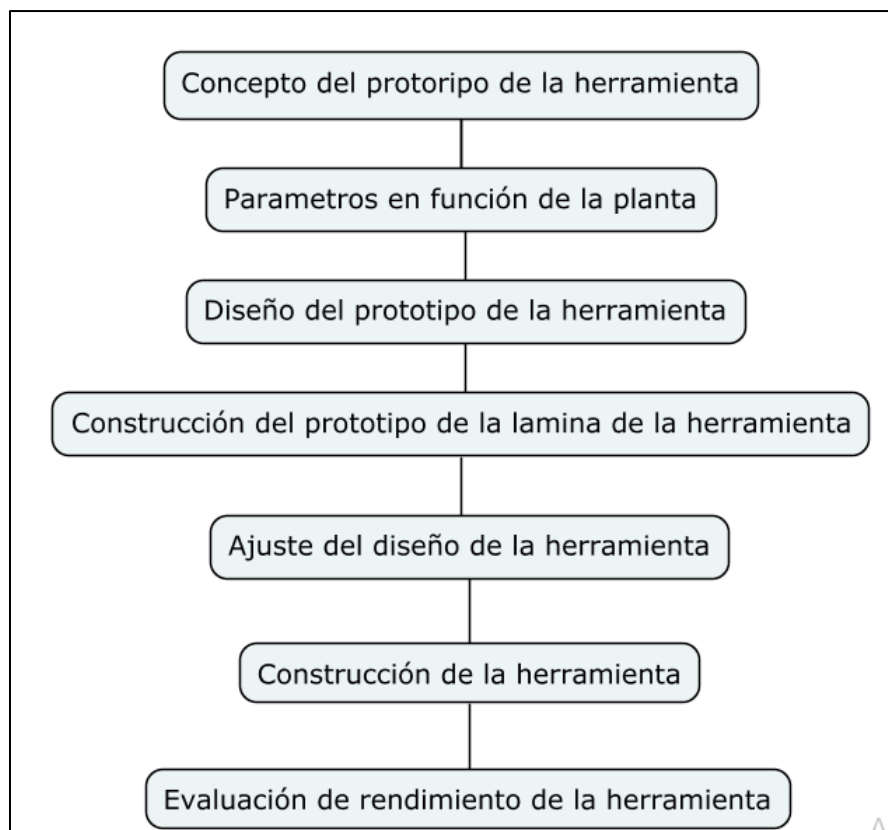


FIGURA 9. Diagrama de flujos para la construcción de una herramienta manual para la pos-cosecha del cannabis.

El diseño concibió una herramienta manual para el despalillado, entendiendo esta actividad como el desprendimiento de los cogollos de las ramas, con el fin de mejorar el proceso de poscosecha de cannabis, garantizando la calidad del producto con mejores rendimientos, con el fin de optimizar tiempo en la actividad, que contribuya en reducir costos totales del proceso productivo.

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA HERRAMIENTA

Se evaluó el rendimiento de tiempo y la calidad del producto, con un diseño experimental que se muestra en la tabla 1.

TABLA 1. Diseño experimental para la evaluación de la herramienta.

Tratamientos	Recipientes	Nº de tallos
MH	3	60
MM	3	60

Dónde: MH: Método herramienta despalilladora; MM: Método manual.

Para el desarrollo del experimento se realizó 3 repeticiones, donde se hizo la actividad de despalillado, cuando termina la operación de secado, donde se utilizó 20 tallos de la planta de cannabis por cada repetición. El producto de esta actividad son las flores secas, las cuales se midió la masa con balanza de precisión 0,1g.

Información registrada:

- ✓ M_{FD} : Masa de la flor desprendida (kg).
- ✓ T : Tiempo de trabajo (h).
- ✓ $M_{FDef.}$: Masa de la flor defectuosa (kg).
- ✓ M_{FB} : Masa de flor buena (kg).

Variables de respuesta: Las variables de respuesta fueron obtenidas a partir de la información registrada, ellas fueron:

- ✓ **Rendimiento (kg/h):** Variable asociada al indicador de poscosecha **eficiencia**, se obtuvo a partir de la relación de la masa de la flor desprendida y el tiempo empleado para hacer esta acción, a través de la siguiente expresión:

$$R_D = \frac{M_{FD}}{T} \quad (1)$$

$$R_M = \frac{M_{FD}}{T} \quad (2)$$

Dónde: R_D : Rendimiento con la herramienta despalilladora (kg/h); R_M : Rendimiento manual (kg/h); M_{FD} : Masa de flor desprendida (kg); T : tiempo (h).

- ✓ **Calidad (%):** Variable asociada al indicador **calidad**, relaciona la masa de las flores defectuosas y la masa del total de los tratamientos HD y Mm.

$$C_M = \frac{M_{FDef}}{M_{FDm}} * 100 \quad (3)$$

$$C_H = \frac{M_{FDef}}{M_{FDh}} * 100 \quad (4)$$

Dónde: C_M : Calidad método manual (%); C_H : Calidad con la herramienta despalilladora (%); M_{FDef} : Masa de flor defectuosa (kg); M_{FDm} : Masa de flor desprendida método manual; M_{FDh} : Masa de flor desprendida herramienta.

Análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia del 95%, con el fin de verificar si hubo diferencias estadísticas entre las variables medidas al tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Construcción de la herramienta despalilladora exploratoria

CONCEPTO DEL PROTOTIPO DE LA HERRAMIENTA

La despalilladora es una herramienta manual diseñada con el fin de mejorar el proceso de poscosecha, el cual consiste en despojar los cogollos de las ramas del cannabis, con el propósito de poder mantener la calidad del producto y que se realice en un menor tiempo posible.

PARÁMETROS EN FUNCIÓN DE LA PLANTA

Siguiendo la metodología para ejecutar el diseño de la herramienta se realizó el siguiente procedimiento: teniendo en cuenta que la herramienta se dimensionó de acuerdo a la morfología de la planta, se midió con un pie de rey el espesor 100 ramas secas al azar de diferentes plantas que se cosecharon como se ve en la figura 11, de los 100 datos que se registraron se hizo un histograma que se aprecia en la figura 12, donde las frecuencias muestran que los tallos con los diámetros 0,5-0,6; 0,8-0,9 mm; 10-11 mm y 12-13 mm tuvieron una frecuencia mayor y fueron tenidos en cuenta para el diseño y corte de los espacios donde se ubican las ramas para realizar el despalillado; en la figura 10 se identifica cual es el tallo y cuáles son las ramas.



FIGURA 10. Especificación ramas y tallo. Fuente: propia.



FIGURA 11. Mediciones ramas de cannabis con pie de rey. Fuente: propia.

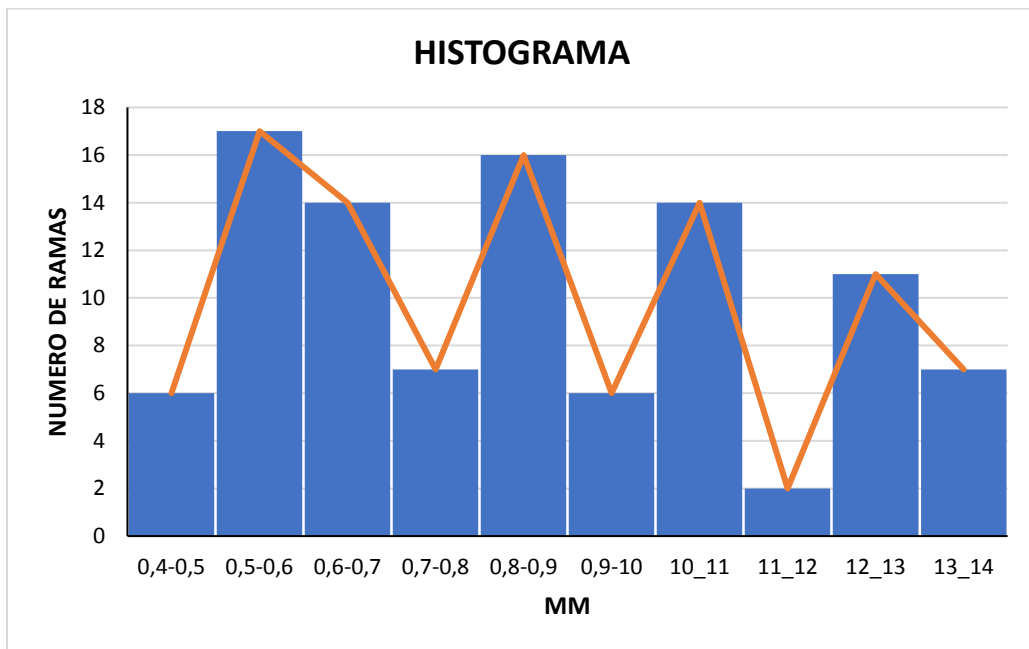


FIGURA 12. Histograma de tallos medidos.

También se consideró la estatura del personal que labora en la empresa CANNAGUSTIN como vemos en la tabla 2, en estas actividades de poscosecha, las cuales fueron 2 mujeres y 4 hombres, donde el promedio de estatura de las mujeres fue de 1,59m y el promedio de los hombres 1,69m, dando un promedio total de 1,64m, el cual se tomó en cuenta para que la herramienta quedara a una altura adecuada para esta condición, y que todos los trabajadores pudieran realizar esta labor sin dificultades.

TABLA 2. Datos tomados de las estaturas de los trabajadores.

Nombre	Estatura (m)
TRABAJADOR 1	1,60

TRABAJADORA 2	1,58
TRABAJADOR 3	1,70
TRABAJADOR 4	1,71
TRABAJADOR 5	1,78
TRABAJADORA 6	1,61

DISEÑO DEL PROTOTIPO DE LA HERRAMIENTA

Al principio se diseñó la herramienta con el fin de que esta fuera manipulada por dos trabajadores y se pudiera agilizar el proceso de poscosecha cuando la producción fuera masiva y se necesitara realizar el trabajo en menor tiempo posible conservando la calidad de la flor. Pensada en un futuro cuando la empresa tuviera más producción. La herramienta se muestra en las figuras 13 y 14.

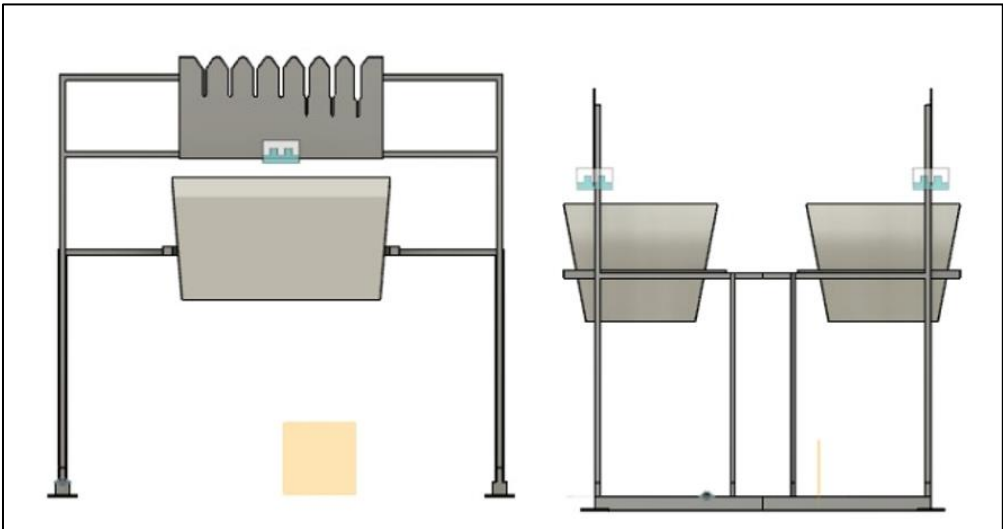


FIGURA 13. Despalilladora en diferentes ángulos. Fuente: propia.

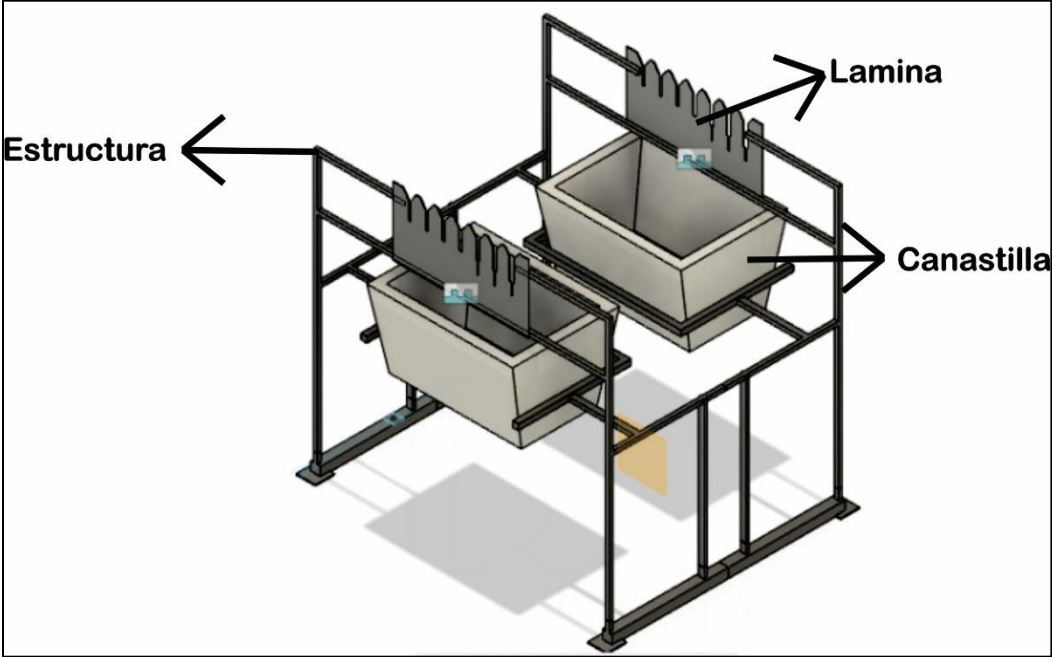


FIGURA 14. Herramienta Despalilladora. Fuente: propia.

LÁMINA DE LA HERRAMIENTA DESPALILLADORA

Inicialmente se construyó un modelo en madera triplex de la lámina de la herramienta despalilladora como se aprecia en la figura 15 y 16, con el fin de verificar la operatividad y mirar cuál de los espacios entre los dientes presentaban mayor frecuencia de uso y ese modelo sirvió para ajustar y hacer unas modificaciones en la lámina de la herramienta y también en la estructura para que se ajustara más a las necesidades de la empresa. En las figuras 18 y 19 se observa el proceso de poscosecha.

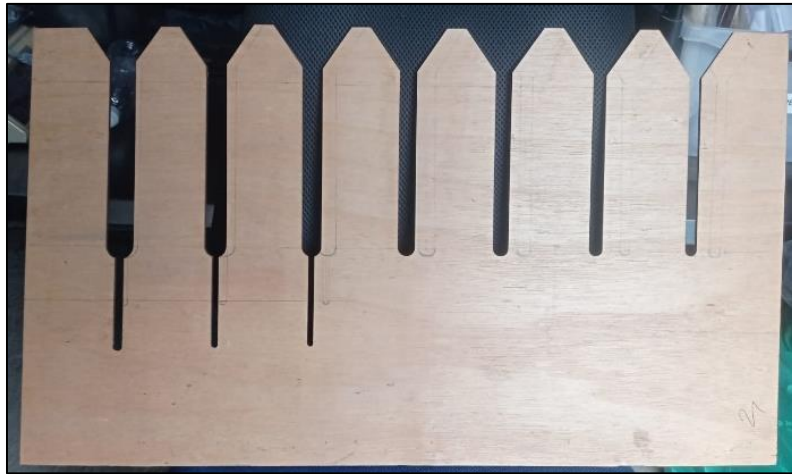


FIGURA 15. Lamina de madera. Fuente: propia.

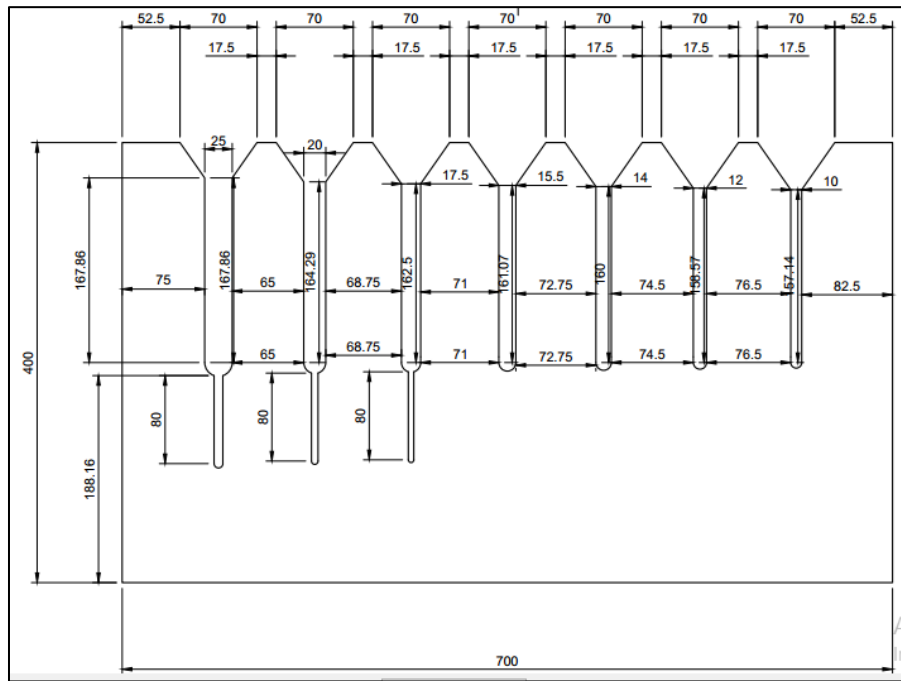


FIGURA 16. Medidas de la lámina de madera. Fuente: propia.

Se logró el objetivo, se identificó que los espacios entre los dientes que más se utilizaron fueron los de 0,5cm; 0,6cm; 0,8cm; 1,0cm; 1,2cm y 1,4cm, cabe resaltar que siendo de madera la lámina con la cual se hizo la prueba no será la misma efectividad que con la de hierro, la humedad con la que se realizó el despoje de cogollos en la poscosecha fue de 7,1%, esta humedad se tomó con un medidor de humedad de madera marca mine Wood moisture meter modelo UT377A como se aprecia en la figura 17.



FIGURA 17. Húmeda cuando se hizo poscosecha. Fuente: Propia.



FIGURA 18. Proceso de poscosecha con la lámina de madera. Fuente: propia.



FIGURA 19. Proceso de poscosecha con la lámina de madera Fuente: propia.

AJUSTE DEL DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DESPALILLADORA

Se realizó un ajuste en todo el diseño de la herramienta, teniendo en cuenta la estatura de los trabajadores y las ramas medidas anteriormente. Este ajuste se hizo acorde a las sugerencias del director de Cannagustin el cual especificó que se diseñara más pequeña con el fin de que fuera más

cómoda la manipulación para un operario y se facilite transportar de un lado a otro, de igual manera se ajustara a la economía actual de la empresa; la lámina se redujo a la mitad del diseño anterior, ya que los espacios entre los dientes que se iban a utilizar eran menos, se puede ver la herramienta en las figuras 20 y 21.

La herramienta despalladora se dimensionó de forma cuadrada para mejor comodidad de los trabajadores que realizan este trabajo, consta de una lámina de HR de 3mm de 20x34,5cm, tubos de hierro de 1" de calibre 21 aproximadamente 4m, soldadura, canastillas plásticas o tamiz, tapones de plástico y pintura. El diseño de la herramienta se realizó empleando el software de diseño Revit, el cual nos ayudó a ver el modelo en 3D y tener una idea más clara de lo que se iba a construir. En el anexo 1 se pueden ver los planos de la herramienta.

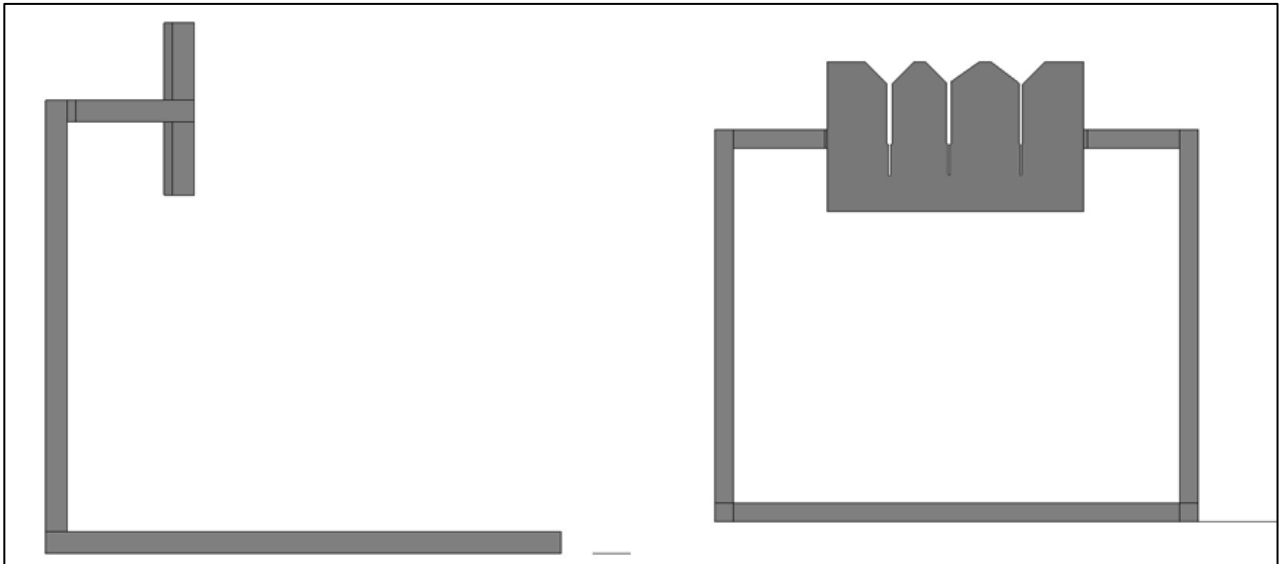


FIGURA 20. Diseño de herramienta despalladora. Fuente: propia.

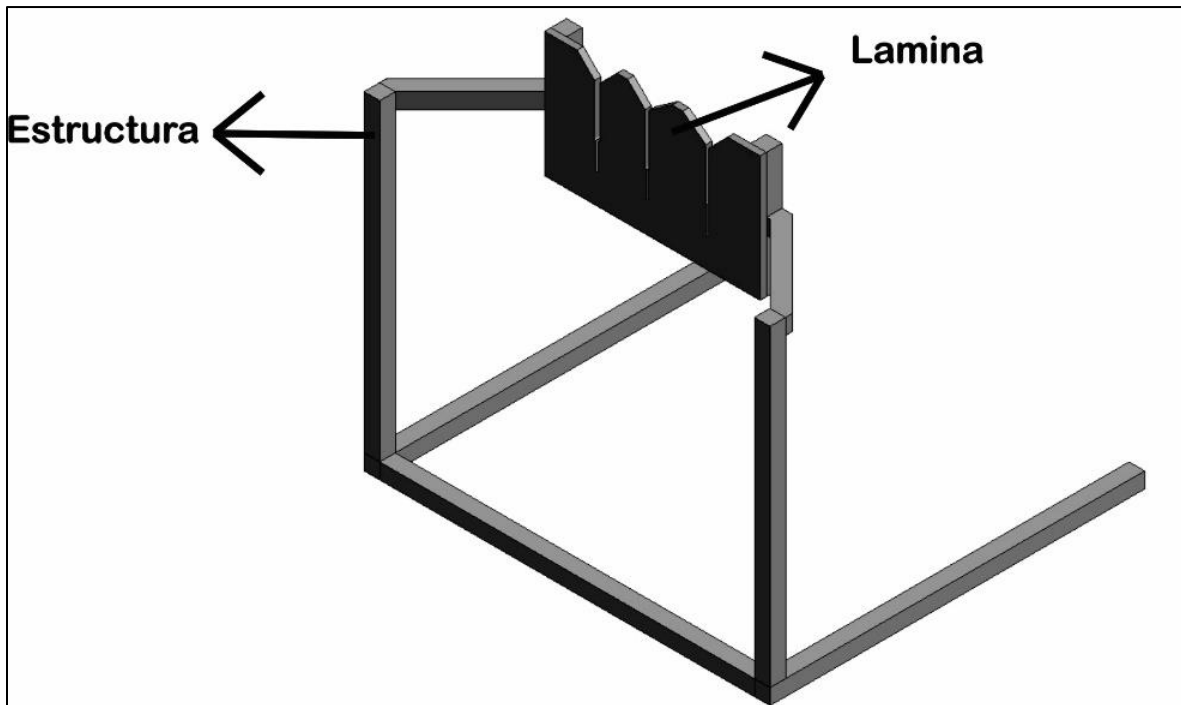


FIGURA 21. Diseño de la herramienta despalilladora. Fuente: propia.

CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA DESPALILLADORA

Inicialmente se mandó a cortar la lámina en el taller Industria Metálica donde hacen cortes con una máquina de plasma. La construcción de la estructura se hizo en la empresa Cannagustin; primero se inició midiendo los palos de hierro según el diseño hecho, luego se cortaron, se pulieron y por último se soldaron. Después se pintó la herramienta y se ultimaron detalles como se ve en la figura 22. En el Anexo 2 se muestra la evidencia de los pasos de la fabricación de la herramienta.



FIGURA 22. Construcción de la herramienta. Fuente: propia.

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA HERRAMIENTA

Para evaluar la herramienta se ubicó en la mesa como se ve en la figura 23, donde la altura de la herramienta encima de la mesa fue de 1,37m quedando por debajo del promedio de referencia

1.64m, tomado por la estatura de los operarios de la empresa, donde se considera que quedo bien y cómoda para hacer el trabajo.

Se evaluó el rendimiento y la calidad del producto, donde los resultados se muestran en la tabla 1. Donde se hizo la actividad de despallado (desprendimiento del cogollo), cuando termina la operación de secado. El producto de esta actividad son las flores secas, las cuales se midió la masa con balanza de precisión 0,1g. En el anexo 3 se evidencia las pruebas del manejo de la herramienta y de forma manual; los datos tomados en el momento de hacer las pruebas se presentan en el anexo 4.

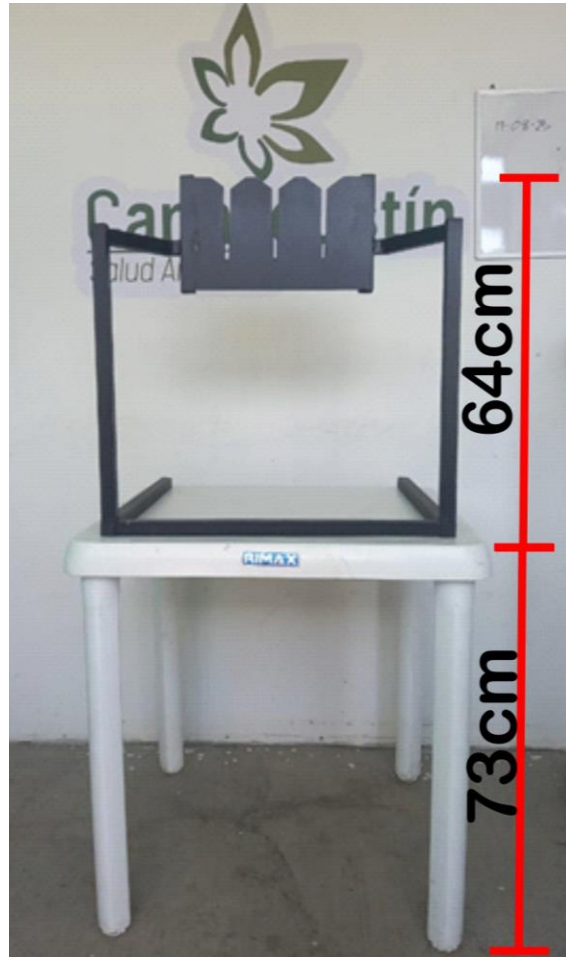


FIGURA 23. Herramienta encima de la mesa donde se hace el trabajo. Fuente: propia.

TABLA 3. Promedio de los resultados con el método manual y la herramienta.

	MM	MH
Calidad (%)	77,23 ^a	41,03 ^b
Rendimiento (kg/h)	1,01 ^a	2,15 ^b

*Letras diferentes muestran diferencia estadística significativa según prueba de t al 95% de confianza

Donde: son los tratamientos MM: metodo manual y MH: metodo herramienta.

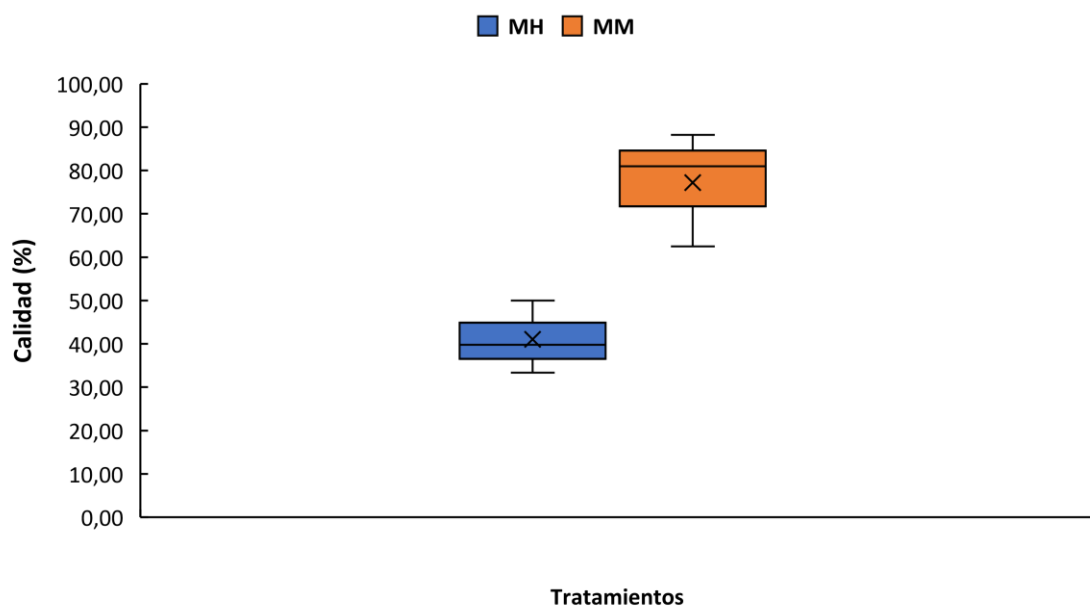


FIGURA 24. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas con Calidad.

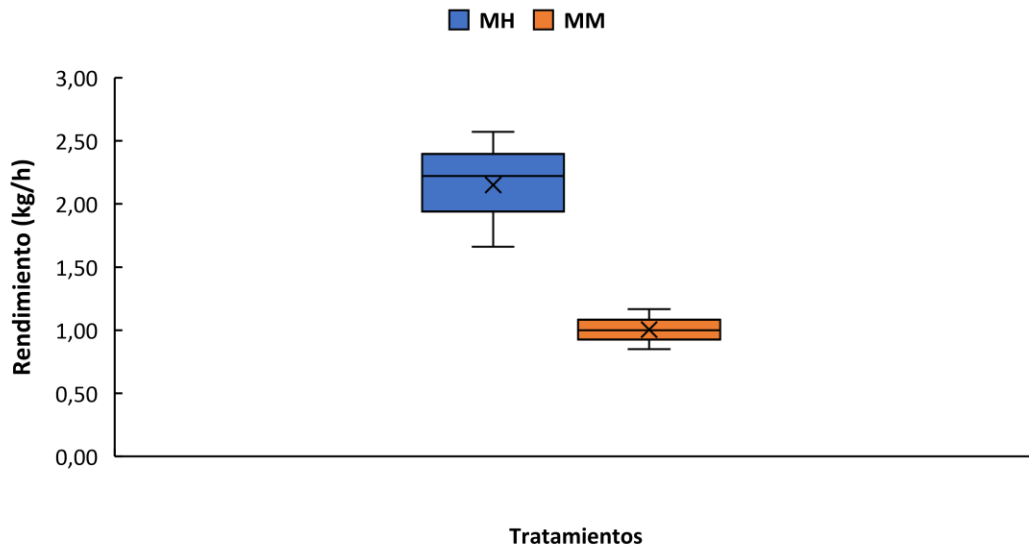


FIGURA 25. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas con Rendimiento.

Según las figuras 24 y 25 se identificó luego de realizada la prueba t student con un intervalo de confianza del 95%, se encontró diferencia estadística para los tratamientos estudiados, tanto en calidad como en rendimiento. Donde se rechaza H_0 (hipótesis nula) ya que existe una diferencia significativa entre las dos variables medidas en cada tratamiento. Esto significa que en los resultados asociados al indicador calidad se observó que en el método manual fue mayor el porcentaje de calidad obtenido ya que la flor defectuosa fue superior al momento de hacer las pruebas; al contrario, con la herramienta se obtuvo un menor valor de porcentaje de calidad porque se obtuvo menos flor defectuosa, al obtener un promedio de 77,23% en método manual y de 41,03% con la herramienta despalladora como se aprecia en la tabla 3. El uso de esta herramienta reduce la cantidad de flores defectuosas, lo que permite a la empresa exhibir mejor sus flores y no perder la calidad en su producto final.

Para el rendimiento según la prueba t student (anexo 5), muestra diferencia estadística significativa para la variable de respuesta asociada al indicador eficiencia, de acuerdo con la prueba, se debe considerar que los dos métodos fueron utilizados con diferentes operarios de la empresa. El rendimiento fue satisfactorio con la herramienta teniendo un promedio de 2,1 kg/h con respecto al método manual que fue de 1,02 kg/h, como se aprecia en la tabla 3, podemos decir que la herramienta es favorable logrando disminuir el tiempo a la mitad para realizar esta labor, y el cogollo conserve mejor las condiciones de calidad, disminuyendo las flores defectuosas.

Haciendo un estimado de costos en rendimiento para el proceso de poscosecha poniendo en función la herramienta en una jornada de 8 horas, se recolecta 16.8 kg comparado con el método manual donde en las mismas horas de trabajo se recolecta 8.16kg. La empresa ahorraría dinero ya que el tiempo estimado del proceso de poscosecha se reduce a la mitad. Estos equipos sean manuales o eléctricos ayudan mucho en estos procesos ya que reducen en gran cantidad los tiempos de hacer los trabajos según (Porrás y Percivale, 2022) el manicurado fino puede realizarse de forma manual o mecánica, con una máquina llamada despalladora, obteniendo un rendimiento 5 veces mayor frente al método manual. Según la revista Hierbabuan (2022) Heter es la empresa colombiana que

desarrolló una máquina despalladora de cannabis que tiene la capacidad de procesar 90 kilos de flor seca de cannabis en una hora o el equivalente al trabajo de 30 operarios. La empresa Master Products (2012) quienes tienen dos despalladoras eléctricas MB BUCKERS 500MED y la MB BUCKERS 200 capaz de procesar 65kg/h lo que equivale al trabajo de hasta 15 operarios y 55kg/h siendo un equivalente de 12 personas respectivamente. También según Román (2023) la empresa Le Caburé tiene una máquina llamada MODELO BUCKER JUANA, es una despalladora con capacidad para procesar hasta 50 kilos de material vegetal fresco o 14 kg en seco por hora. Y por último podemos citar a Panda SL (2023), propietaria de Growlet un growshop online donde la Trimpro Bucker despalladora es capaz de separar 40/50 kg. de cogollos por hora lo que equivale al trabajo de 12 personas. Todos estos equipos son eléctricos y trabajan de manera rápida, muy beneficiosos para empresas que tienen una producción masiva de cannabis. Respecto a la herramienta que se desarrolló en la empresa Cannagustin es viable por su bajo costo para construirla, comparada con los equipos eléctricos, pues va a hacer de gran utilidad ya que reduce el tiempo de hacer esta labor a la mitad y sus cogollos tienen mejor calidad comparado con el método tradicional manual.

CONCLUSIONES

- ✓ El método empleado para el diseño y construcción de la herramienta despalladora para la poscosecha del cannabis permitió desarrollar un modelo inicial basado en las condiciones que más se necesitarán en la empresa la cual fue evaluada bajo condiciones de rendimiento y calidad.
- ✓ Con la herramienta despalladora aumentó el rendimiento asociado con el indicador de eficiencia, ya que fue más satisfactorio al lograr que el trabajo se hiciera en la mitad del tiempo respecto al método manual.
- ✓ Con los dos métodos se presentaron diferencias estadísticas en el indicador calidad, donde se pudo notar que con la herramienta, la masa de la flor defectuosa fue menor respecto al método manual, permitiendo un producto en condición favorable para la obtención de THC.
- ✓ Se concluye que la fabricación de la herramienta despalladora fue exitosa porque se logró reducir el tiempo para realizar este trabajo y se obtuvo menos flores defectuosas al momento de realizar el proceso de poscosecha del cannabis.
- ✓ La despalladora para la empresa Cannagustin ha sido una herramienta muy útil, gracias a esta el trabajo de los operarios en la actividad de poscosecha se reduce y estos pueden realizar otras actividades pendientes.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al universo por permitirme cumplir mis sueños, poder capacitarme y aprender cada día más. A la Universidad Surcolombia por hacerme parte de ella y por ser parte de este proyecto de vida, a mi director Magister Víctor Manuel Martínez Castro agradezco sus enseñanzas, así como también su confianza y paciencia. Y a la empresa Cannagustin por darme la oportunidad de realizar mis pasantías para culminar mis estudios y por la enseñanza de todos sus procesos.

REFERENCIAS

Abel, Ernest L. *Marihuana: The First Twelve Thousand Years* (Springer S). 1 ed. New York: Plenum Press, 1980, 237p.

<https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2189-5>

Acuña-Gutierrez, Gonzalo. *Características De La Cannabis Sativa Y Sus Efectos En El Organismo Humano*. Unidad de adicciones, Departamento de psiquiatría. Santiago (Chile): Pontificia Universidad Católica, 2007, 21p.

Andre, Christelle. M.; Hausman, Jean-Francois; Guerriero, Gea. *Cannabis sativa: The plant of the thousand and one molecules*. *Frontiers in Plant Science*, v.7, n. 19, 2016, e100019.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00019>

Birdsall, Shauna. M.; Birdsall, Timothy. C.; Tims, Lucas A. *The Use of Medical Marijuana in Cancer*. Springer Science+Business Media New, v. 18, n. 7, 2016.

<https://doi.org/10.1007/s11912-016-0530-0>

Cervantes, Jorge. *Cosecha*. En Van Patten Publishing por D. García (Ed.); *Marijuana Horticulture. The Indoor/Outdoor Medical Grower's Bible*. España: Van Patten Publishing, 2007, 77–92 p.

Challa, Sai-Kiran; Misra, N. N.; Martynenko, Alex. *Drying of cannabis—state of the practices and future needs*. *Drying Technology*, v. 39, n. 14, 2021, e11752230.

<https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1752230>

Colombia. Gobernación del Huila. *El Huila cuenta con 196 productores de cannabis medicinal*. Neiva (Colombia): 2021, 1p.

Coneo-Ricon, Margarita. *Cannabis medicinal, un producto del agro con proyecciones de US\$17.700 millones*. AGRONEGOCIOS. Agosto 2021.

<https://www.agronegocios.co/agricultura/cannabis-medicinal-un-producto-del-agro-con-proyecciones-de-us17700-millones-3218436> [consultado julio 4 de 2022].

Cruz-Olivera, Luis-Felipe. *El legado económico de la bonanza marimbera*. *El Espectador*. Julio 2022. <https://www.dejusticia.org/column/el-legado-economico-de-la-bonanza-marimbera/> [consultado julio 1 de 2023].

Grof, Christopher. P. L. *Cannabis, from plant to pill*. *British Journal of Clinical Pharmacology*, v. 84, n. 11, 2018, e113618.

<https://doi.org/10.1111/bcp.13618>

Hawes, M. D.; Cohen, M. R. (2015). Method of drying cannabis materials. US 2015/0096189 A1. Patent Application Publication. United States: 2015.

Henschke, Philip. Cannabis: An ancient friend or foe? What works and doesn't work. Seminars in Fetal & Neonatal Medicine. Elsevier Ltd., v. 24, n. 2, 2019, p. 149–154.

<https://doi.org/10.1016/j.siny.2019.02.001>

Lawler, Andrew. Oldest evidence of marijuana use discovered in 2500-year-old cemetery in peaks of western China. Science, 2019, e13693.

<https://doi.org/doi:10.1126/science.aay3693>

López -Ángeles, Guadalupe-Esther; Brindis, Fernando; Niizawa, Sol-Cristians; Martínez, Rosa-Ventura. *Cannabis sativa* L., una planta singular. Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas, v. 45, n. 4, 2014, p. 1-6.

Master Products. Equipos de poscosecha. 2012. <https://masterproducts.es/conocenos/> [consultado septiembre 6 de 2023].

Mila-Saavedra, Kaled-Ricardo. Requerimientos agronómicos para un modelo productivo de cannabis en la provincia del SUMAPAZ [Tesis Ingeniería Agronómica]. Fusagasugá (Colombia): Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2020, 104 p.

Mora-Aguilar, Juan-Sebastian. Analisis del ciclo de vida en cultivo de Cannabis sp. Medicina [Trabajo de grado Ingeniería Ambiental y Sanitaria]. Bogotá (Colombia): Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería, 2020, 181 p.

Panda-SL, Green. Peladoras y Manicuradas. Growlet.2023
<https://www.growlet.es/categoria/cultivo/cosecha-secado-y-curado/peladoras-manicuradoras/page/2/> [consultado septiembre 6 de 2023].

Porras, Victor; Percivale, Silvina. Aprovechamiento del residuo agrícola del cultivo de cañamo medicinal [Tesis Diseño Industrial de Productos]. Montevideo (Uruguay): Escuela Universitaria Centro de Diseño, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, 2022, 99 p.

PowerCogollo. Debudder (original 420) descogolladora manual de mesa. 2010.
<https://www.powercogollo.com/debudder-original-420-descogolladora-manual-de-mesa.html> [consultado septiembre 6 de 2023].

Prade, Thomas. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.)– a High-Yielding Energy Crop [In Doctoral Thesis]. Alnarp (Suecia): Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural, 2011, 90 p.

Ramírez, Mauricio. La Industria del Cannabis Medicinal en Colombia. Fedesarrollo. Bogotá (Colombia): 2019, 1–61 p.

Ranalli, Paolo. Advances in Hemp Research. 1 ed. London (New York): CRC Press Taylor & Francis Group, 1999, 272 p.

<https://doi.org/10.1201/9781498705820>

Revista Hierbabuena. Empresa colombiana desarrolló máquina descogolladora de cannabis con grado farmacéutico. Bogotá. Enero 2022. <https://hierbabuenarevista.com/empresa-colombiana-desarrollo-maquina-descogolladora-de-cannabis-con-grado-farmacutico/> [consultado septiembre 6 de 2023].

Rico-Barrera, Susana-María. Reglamentan uso medicinal e industrial del cannabis en Colombia. ConsultorSalud. Febrero 2022. <https://consultorsalud.com/reglamentan-uso-medicinal-cannabis-res-227-2022/> [consultado septiembre 8 de 2023].

Román-Rodríguez, Ulises. Conoce a Frida y Juana: Las máquinas argentinas que optimizan los tiempos de cosecha. El Planteo. Enero 2023. <https://elplanteo.com/le-cabure-maquinas-cosecha-argentina/> [consultado septiembre 6 de 2023].

Suárez-Deiva, Angie-Mariana; Castillo-Murcia, Maria-Fernanda. Los referentes del cultivo, producción y comercialización de cannabis medicinal en Colombia [Trabajo de grado Contaduría Pública]. Chiquinquirá (Colombia): Universidad Tecnología y Pedagógica de Colombia, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, 2020, 103 p.

Ubeed-Sabiah, Hebah- Muhsien; Wills, Ronald. B. H.; Chandrapala, Jayani. Post-Harvest Operations to Generate High-Quality Medicinal Cannabis Products: A Systemic Review. Molecules. Spyros P. Nikas, v. 27, n. 5, 2022, el 1719.

<https://doi.org/10.3390/molecules27051719>

OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS CONTRA LA DROGA Y EL DELITO (UNODC). Métodos Recomendados para la Identificación y el Análisis del Cannabis y los Productos del Cannabis. Manual para uso de los laboratorios nacionales de estupefacientes. Nueva York: 2010, 64p.

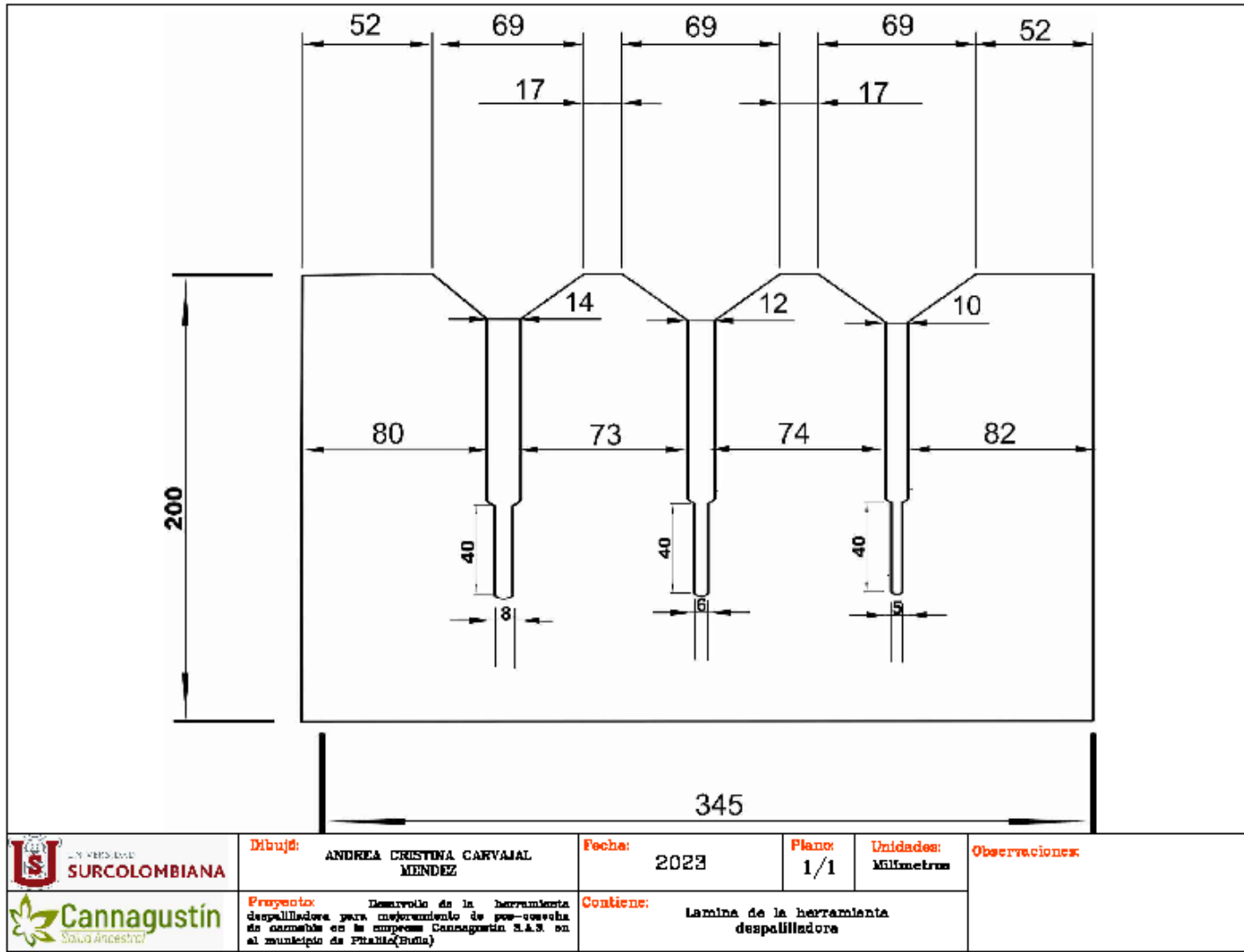
<https://doi.org/10.18356/ef4cdd0c-es>

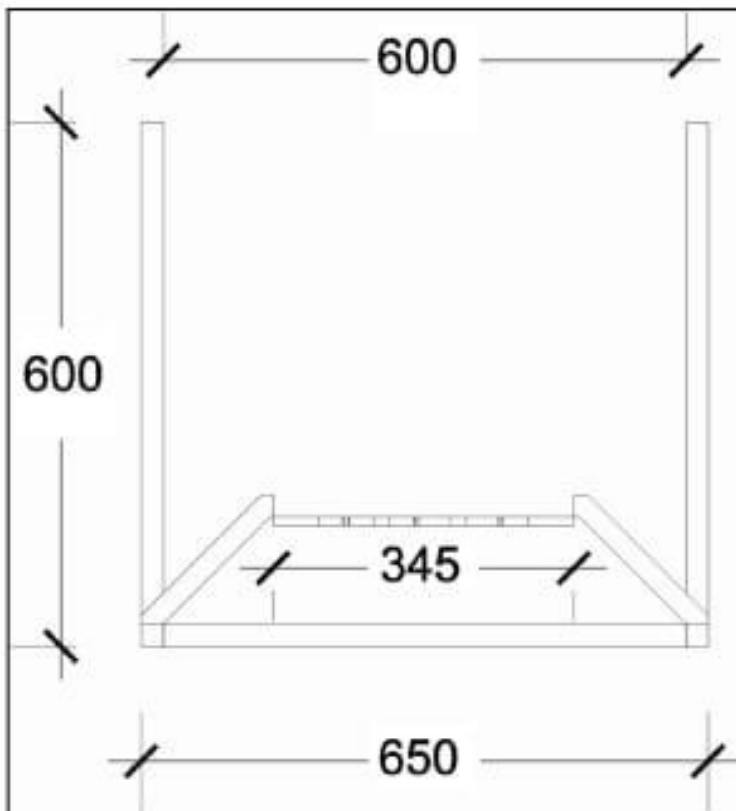
Van Der Werf, Hayo M. G. Life Cycle Analysis of field production of fibre hemp, the effect of production practices on environmental impacts. Euphytica, v. 140, n. 1–2, 2004, 13–23 p.

<https://doi.org/10.1007/s10681-004-4750-2>

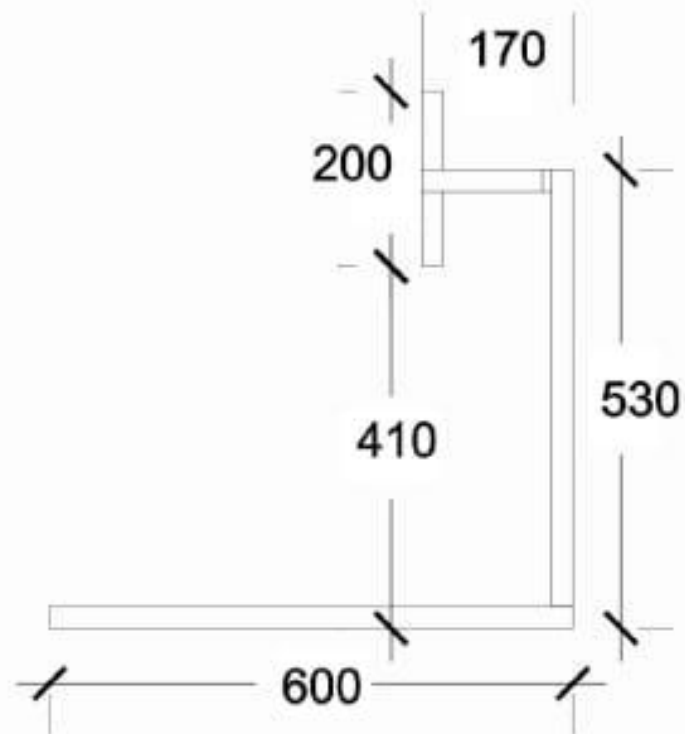
ANEXOS

Anexo 1: PLANOS DE LA HERRAMIENTA



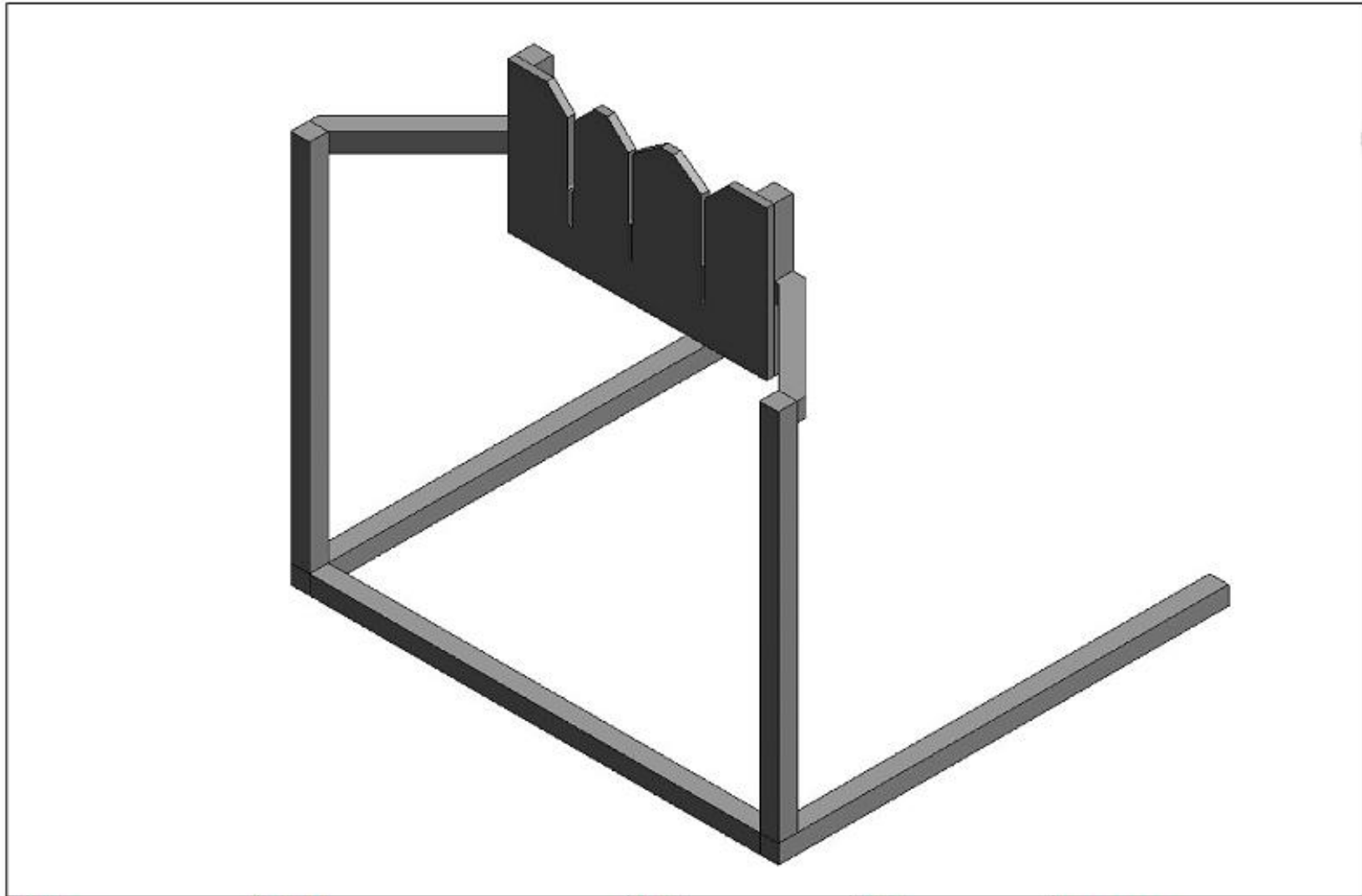


VISTA EN PLANTA



VISTA LATERAL

 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA	Dibujó: ANDREA CRISTINA CARVAJAL MENDEZ	Fecha: 2023	Plano: 1/1	Unidades: Milímetros	Observaciones:
 Cannagustín Solid Ancestros	Proyecto: Desarrollo de la herramienta despalilladora para mejoramiento de pos-cosecha de cannabis en la empresa Cannagustín S.A.S. en el municipio de Pitalito (Huila)	Contiene: Herramienta despalilladora			



 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA	Dibujó: ANDREA CRISTINA CARVAJAL MENDEZ	Fecha: 2023	Plano: 1/1	Observaciones:
	Proyecto: Desarrollo de la herramienta despalilladora para mejoramiento de pos-cosecha de cannabis en la empresa Cannagustín S.A.S. en el municipio de Pitalito(Huila)	Contiene: Herramienta despalilladora		

**Anexo 2: REGISTRO FOTOGÁFICO DE LA FABRICACIÓN DE LA HERRAMIENTA
DESPALILLADORA**



Corte de lámina de la herramienta con la maquina plasma



Medición y corte de los tubos de hierro para hacer la herramienta



Escuadrando el soporte de la herramienta





Soldando el soporte y la lamina de la herramienta



Puliendo y dándole los últimos retoques



Pintando la herramienta

Anexo 3: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS PRUEBAS QUE SE REALIZARON CON EL MÉTODO MANUAL Y CON LA HERRAMIENTA



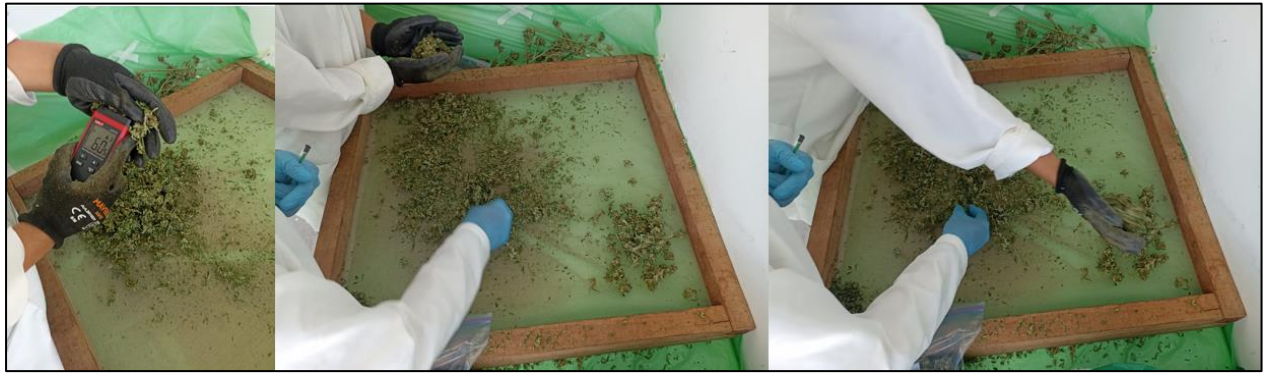
Separando las ramas secas de cannabis de los ganchos



Escogiendo las ramas que se van a utilizar en las pruebas con los dos métodos



Separando los cogollos de las ramas con el método manual



Escogiendo la flor defectuosa y la flor buena para pesarlas



Separando los cogollo de cannabis de las ramas con la herramienta despallidora



Escogiendo la flor defectuosa y la flor buena



Pesado de las pruebas hechas con los dos métodos

Anexo 4: TABLAS DE DATOS RECOLECTADOS CON LOS DOS METODOS

MÉTODO MANUAL

DATOS REGISTRADOS	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
$M_{FB(KG)}$	0,02	0,01	0,03
$M_{FD(KG)}$	0,105	0,085	0,08
$T(H)$	0,09	0,1	0,08
$M_{FDEF(KG)}$	0,085	0,075	0,05

MÉTODO MANUAL

DATOS REGISTRADOS	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
$M_{FB(KG)}$	0,02	0,01	0,03
$M_{FD(KG)}$	0,105	0,085	0,08
$T(H)$	0,09	0,1	0,08
$M_{FDEF(KG)}$	0,085	0,075	0,05

Anexo 5: TABLAS DE DATOS PRUEBA T PARA MEDIAS DE DOS MUESTRAS EMPAREJADAS

CALIDAD

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
MEDIA	77,229225	41,0307898
VARIANZA	175,972758	70,6574625
OBSERVACIONES	3	3
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON	0,3981317	
DIFERENCIA HIPOTÉTICA DE LAS MEDIAS	0	
GRADOS DE LIBERTAD	2	
ESTADÍSTICO T	4,99045357	
P(T<=T) UNA COLA	0,018943	
VALOR CRÍTICO DE T (UNA COLA)	2,91998558	
P(T<=T) DOS COLAS	0,037886	
VALOR CRÍTICO DE T (DOS COLAS)	4,30265273	

RENDIMIENTO

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
MEDIA	1,00555556	2,15121693
VARIANZA	0,02509259	0,21145682
OBSERVACIONES	3	3
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON	0,40762362	
DIFERENCIA HIPOTÉTICA DE LAS MEDIAS	0	
GRADOS DE LIBERTAD	2	
ESTADÍSTICO T	-4,7144172	

P(T<=T) UNA COLA	0,02108374
VALOR CRÍTICO DE T (UNA COLA)	2,91998558
P(T<=T) DOS COLAS	0,04216747
VALOR CRÍTICO DE T (DOS COLAS)	4,30265273