

## Manufacturar prototipo desmembrador de fibras, optimizando tiempos y movimientos manuales, mejorando el aspecto ergonómico del producto y el usuario

**Pedro Jácome Onofre<sup>1</sup>**

[pjacome2020@gmail.com](mailto:pjacome2020@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-3698-8893>

Tecnologico Nacional de Mexico, (Campus San Andrés Tuxtla, Veracruz, México.

**Javier Herrera Suarez**

[javis7208@gmail.com](mailto:javis7208@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-8530-1763>

Tecnologico Nacional de Mexico, (Campus San Andrés Tuxtla, Veracruz, México.

**Azucena del Carmen Pérez Chagala**

[azuc0599@gmail.com](mailto:azuc0599@gmail.com)

<http://orcid.org/0000-0002-8207-5019>

Tecnologico Nacional de Mexico, (Campus San Andrés Tuxtla, Veracruz, México.

**Inocencio Garcia Huerta**

[inocenciogarcia@itssat.edu.mx](mailto:inocenciogarcia@itssat.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-0854-1445>

Tecnologico Nacional de Mexico, (Campus San Andrés Tuxtla, Veracruz, México.

**Jorge Arturo Ramirez Hernandez**

[jorge.rh2@orizaba.tecnm.mx](mailto:jorge.rh2@orizaba.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0009-0001-9732-5885>

Tecnologico Nacional de Mexico, Campus Orizaba, Veracruz, México

### RESUMEN

No existe alguna máquina herramienta que se dedique a realizar el desmembrado, las que actualmente se encuentran se encargan solo de efectuar el desfibrado directo y en el proceso manual de la misma manera se produce el desfibrado directamente, siendo un proceso que lleva mucho tiempo, por ello surge la necesidad de crear un prototipo que cumpla con el desmembrado para obtener una fibra más limpia y optimizar el tiempo manual, así como también se busca que el prototipo sea de fácil utilidad y adecuado para la salud del operador. Utilizando estrategias de manufactura como por ejemplo la arquitectura del producto, métodos de precisión del maquinado y usos de software de diseño (CAD), apoyado con la ingeniería asistida por computadora (CAE). Es por ello por lo que el presente trabajo se ha establecido la manufactura de un prototipo que cumpla con el requisito de desmembrar plantas en particular como el pseudotallo del plátano, hojas del henequén, Palma de coco, y otras. De tal forma debe conseguir una materia más limpia, adquiriendo fibra natural para el reemplazo de fibras sintéticas, obteniendo diversos productos mejorados. Los resultados obtenidos en un análisis preliminar con estudio de tiempos y movimientos que se generan durante el desmembrado manual y el desmembrado con el prototipo mecánico todo esto para mostrar las mejoras que hay en los movimientos y el tiempo diferenciando ambos procesos, deduciendo si fue lo esperado al principio del proyecto.

**Palabras clave:** *manufactura; prototipo; innovación; gestión del diseño y producto.*

---

<sup>1</sup> Autor Principal

# **Manufacture fiber dismembering prototype, optimizing times and manual movements, improving the ergonomic aspect of the product and the user**

## **ABSTRACT**

There is no machine tool that is dedicated to dismembering, those that are currently in charge only of direct shredding and in the manual process in the same way the shredding is produced directly, being a process that takes a long time, for This arises the need to create a prototype that complies with the dismemberment to obtain a cleaner fiber and optimize manual time, as well as that the prototype is easy to use and suitable for the health of the operator. Using manufacturing strategies such as product architecture, precision machining methods and use of design software (CAD), supported by computer aided engineering (CAE). That is why the present work has established the manufacture of a prototype that meets the requirement of dismembering plants such as the banana pseudostem, henequen leaves, coconut palm, and others. In this way, a cleaner material must be obtained, acquiring natural fiber to replace synthetic fibers, obtaining various improved products. The results obtained in a preliminary analysis with a study of times and movements that are generated during manual dismemberment and dismemberment with the mechanical prototype, all this to show the improvements in movements and time, differentiating both processes, deducing if it was what was expected. at the beginning of the project.

***Keywords:** manufacture; prototype; innovation; design and product management*

*Artículo recibido 01 abril 2023*

*Aceptado para publicación: 15 abril 2023*

## INTRODUCCIÓN

Actualmente dentro de la región donde pertenecemos datos que están en la afiliación de este artículo, no existe alguna máquina herramienta que se dedique a ejercer el trabajo de desmembrado, es decir donde la persona hace un corte a la materia prima para dejarla en capas delgadas y se pueda extraer con facilidad las fibras naturales de dichas plantas. Sencillamente esta actividad es llevada a cabo tradicionalmente, donde el o los encargados ejercen fuerza física, optan de posturas perjudiciales para su salud, asimismo este trabajo manual es muy tardado y cansado. Por esos motivos invitamos al lector analizar este artículo donde se explican datos ergonómicos que se aportan a la manufactura de prototipos. El objetivo de este manuscrito es, crear prototipo mecánico desmembrador de pseudotallo de plátano para obtener fibras naturales y así sustituir las sintéticas, asimismo realizar diagramas bimanuales que muestran los tiempos de movimientos del proceso manual. Apegándonos a la manufactura avanzada hoy en día, conociéndola como nuevas tecnologías de manufacturar productos o equipos, basado en la fabricación rápida siendo un nuevo modo de operación que puede mejorar en gran medida la posición competitiva de las empresas que lo adoptan. Las tecnologías clave que permiten la fabricación rápida son la creación rápida de prototipos (RP) y las herramientas rápidas (RT). La competencia global, la obsolescencia acelerada de la gestión y desarrollo de nuevos productos y las continuas demandas de optimización de recursos como (mano de obra, materia prima, herramientas, energía y otros), están obligando a las empresas a buscar nuevas formas de mejorar sus procesos comerciales. (Pham & Dimov, 2003). Los prototipos rápidos (RP) y las herramientas rápidas (RT) están siendo la clave de éxito para la fabricación rápida, ahora es un nuevo modelo de operación prometiendo mejoras para alcanzar competitividad en las empresas, organismos de gobierno, y comunidades en identidades de pueblos a nivel mundial. (Pham & Dimov, 2003). En lo que se refiere a la presente investigación se interpreta el diseño realizado en programas CAD para la construcción de un prototipo de máquina desmembradora que tiene como finalidad extraer una fibra natural más limpia, para que posteriormente esta pueda pasar a un proceso de desfibrado donde se logre tener una fibra de mejor calidad y libre de residuos logrando la optimización del tiempo de desmembrado manual. De otra forma se interpreta un estudio de análisis estático en la pieza principal donde se deduce si es factible para su funcionalidad; por otro lado, a través del prototipo ya manufacturado comprobar con la ayuda de diagramas bimanuales los tiempos y

movimientos del proceso de desmembrado manual y semiautomático realizando una comparación entre ambos procesos para identificar la mejora. (Pham & Dimov, 2003).

## **METODOLOGÍA**

En este apartado el ejemplar de investigación es de tipo explicativa, experimental y cuantitativa .

Tal y como argumenta (Herrera Suarez et al., n.d.) la investigación desarrollada se deriva de la necesidad de aquellas personas que se dedican a la actividad de realizar cortes (desmembrar) en el pseudotallo del plátano debido a esto se ha implementado un diseño para manufacturar una máquina-herramienta que resuelva esta necesidad considerando el aspecto ergonómico que este tendrá y al mismo tiempo la interacción que desarrollará.

Por las razones enunciadas anteriormente, fue necesario ocupar de investigaciones relacionadas a dicho tema, todo esto a fin de poder adquirir ideas para un diseño de la máquina-herramienta y poder llevar a cabo su manufactura.

### **Pseudotallo de plátano**

Desde una perspectiva (Leon 2000), menciona que el pseudotallo es la parte aérea de la planta, formado por las vainas envolventes de las hojas. El verdadero tallo aéreo, que se eleva del cormo, termina en la inflorescencia. Ocupa una porción menor del volumen del pseudotallo y depende de éste para su soporte.

La forma y el tamaño varía según el cultivar: es ligeramente cónico, casi cilíndrico y alcanza hasta casi cinco metros de altura en ‘Gros Michel’; corto, grueso y marcadamente cónico en ‘Cavendish enano’.

Por otra parte (ProMusa, 2020) menciona que el pseudotallo es muy carnoso y está compuesto principalmente en agua, así mismo es suficientemente resistente y puede soportar un racimo que pese 50 kg o más.

Algunos autores como (Freitas et al., 2006) mencionan que el pseudotallo de plátano tiene peculiaridades importantes como lo son su aspecto, color y pigmentación.

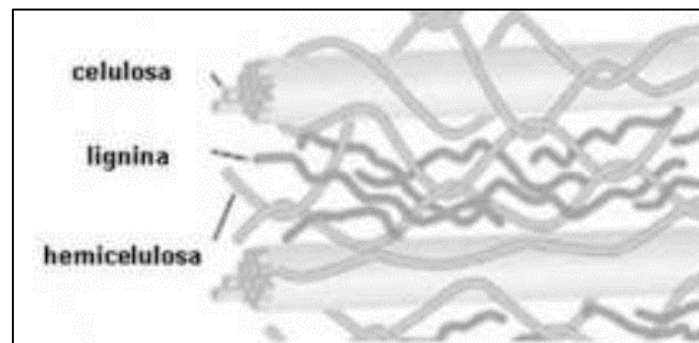
### **Fibra**

Como en estudios previos de (Mohiuddin et al. 2014) demuestran que la fibra de pseudotallo del plátano posee una composición química, que representan el porcentaje de sustancias que las componen y le atribuyen a la fibra características de fácil biodegradabilidad, absorción y liberación de humedad, entre

estas sustancias se encuentran: “celulosa (50-60 %), hemicelulosa (25-30 %), lignina (12-18%), pectinas (3-5%), materiales solubles en agua (3-5 %) ,ceras (3-5 %) y cenizas (1-1.5 %)”.

Asimismo (Borja & Remache, 2021) demuestra mediante una representacion grafica dicha composicion quimica de la fibra del pseudotallo de plátano. (Figura 1)

**Figura 1.** *Composición química de la fibra natural del pseudotallo de plátano.*



## **Ergonomía**

Estudios similares han encontrado que la ergonomía es el estudio científico del trabajo humano, considera las capacidades y los límites físicos y mentales del trabajador cuando interactúa con las herramientas, el equipo, los métodos de trabajo, las tareas y el entorno de trabajo. La ergonomía estudia la relación del hombre con las máquinas, cómo se comunica, interactúa y trabaja con ellas. Esta relación tiene generalmente cuatro vertientes: visual, auditiva, táctil y postural. (División de compensación para trabajadores, 2019)

## **Antropometría**

Como ha sido demostrado en el trabajo de (División de compensación para trabajadores, 2019) es la ciencia del estudio de las dimensiones del cuerpo humano. Se utiliza para diseñar estándares ergonómicos, procedimiento de ensamblajes y estaciones de trabajo. Tiene como objetivo minimizar la incompatibilidad de diseños y maximizar el desempeño humano.

Por otra parte otros autores concuerdan que la antropometría es la ciencia que estudia las dimensiones del cuerpo humano, lo mismo con objetivos antropológicos, médicos, deportivos, que para el diseño de sistemas de los que la persona forma parte: objetos, herramientas, muebles, espacios y puestos de trabajo. (Mondelo et al., 1999).

## Proceso de desmembrado

### *Proceso manual*

Citando a (Herrera Suarez et al., 2022) el desmembrado manual es uno de los pasos que se realiza a la hora de llevar a cabo el proceso de la obtención de la fibra de pseudotallo de plátano, éste consiste en cortar el pseudotallo en pedazos de aproximadamente 60 centímetros de largo, para proseguir con la extracción de las hojas de este mismo, ya una vez estén listas las hojas, realizar un corte más para eliminar la curvatura que estas tienen por la forma cilíndrica en la que crece el pseudotallo, realizando los pasos anteriores se procede a realizar el desmembrado el cual consiste en sujetar una extremidad como se muestra en la (Figura 2) y con un cuchillo u otro objeto llevar de un lado a otro este mismo para poder quitar la membrana este paso se realiza las veces necesarias hasta lograr conseguir desprender toda la membrana.



**Figura 2.** Proceso manual del desmembrado de la fibra natural del pseudotallo de plátano. a) Planta de pseudotallo de plátano, b) cortar y desvainar por hoja, c) vaina de 15 cm. d) cortar vainas las más limpias, e) cortarlas en 3 partes para tener rectitud en cada hoja, f) quitar membrana con un cuchillo recto, teniendo cuidado para no cortarse parte de la mano.

## Manufactura del prototipo desmembrador

Para la elaboración de la máquina-herramienta, se fabrica pieza por pieza hasta formar el prototipo mecánico desmembrador completo, como se menciona en (Herrera Suarez et al., n.d.)

### **CUCHILLAS**

- Se lleva la placa de acero 4140 a la máquina sierra cinta para realizar los cortes.
- Se pasa a la máquina fresadora para pulirla y eliminar las impurezas de los bordos y así mismo realizar un desbastado para obtener las medidas que se desea dejar la pieza. (Ver figura 3)
- Continuando con el corte de la primera placa se lleva a la fresadora para realizarlo a un ángulo de 45° y posteriormente el otro corte de la otra placa se realiza en forma de “v”. (Ver figura 4)
- Teniendo ambas cuchillas terminadas se realizan 4 barrenados en los laterales en la máquina fresadora, dentro de los barrenados se ejecuta un machueado. (Ver figura 5)
- Las cuchillas pasan a un tratamiento térmico de temple, para después pasar al proceso de rectificado. (Ver figura 6)

**Figura 3.** Proceso de corte de cuchillas a) Placa de acero en máquina sierra cinta, b) Cortar de la placa de acero c) Placas de acero d) Placas libres de rebaba



a)



b)

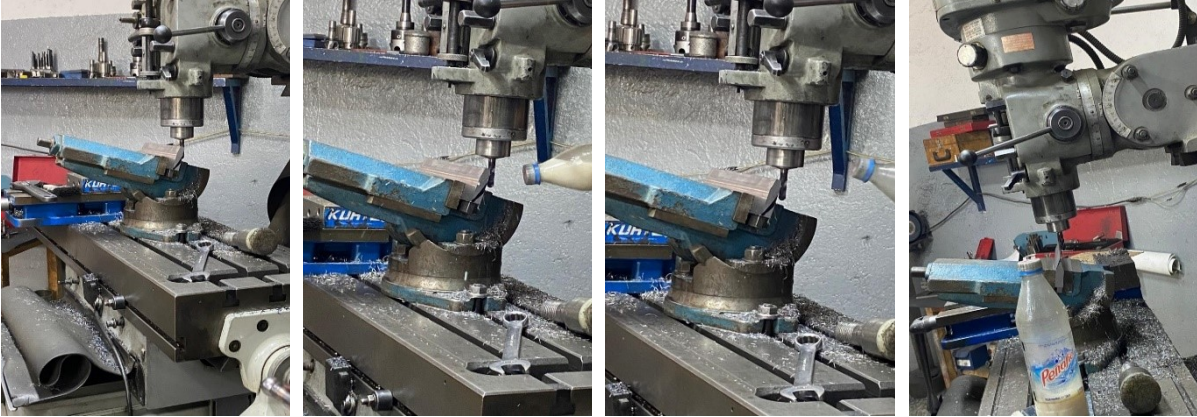


c)



d)

**Figura 4.** Corte de cuchillas en forma diagonal y en forma de "V" a) Corte de placa en diagonal, b) Corte de placa de "V".



a) b)

**Figura 5.** Barrenado y machueleado en las cuchillas.



**Figura 6.** Proceso de rectificado en las cuchillas.





### ***PORTA CUCHILLAS***

- Se transporta una placa de acero 1018 a la máquina cierra cinta para realizar un corte y obtener dos piezas rectangulares. (Figura 7)
- En la máquina fresadora se realiza un desbaste para ambas piezas y obtener las medidas adecuadas para despues realizar barrenados en estas mismas y hacer un corte formando una ranura guía, de la misma manera en la parte inferior se le agrega 3 barrenados. (Figura 8)

***Figura 7. Corte de placas.***



***Figura 8. Freasado, desbastado y barrenado.***

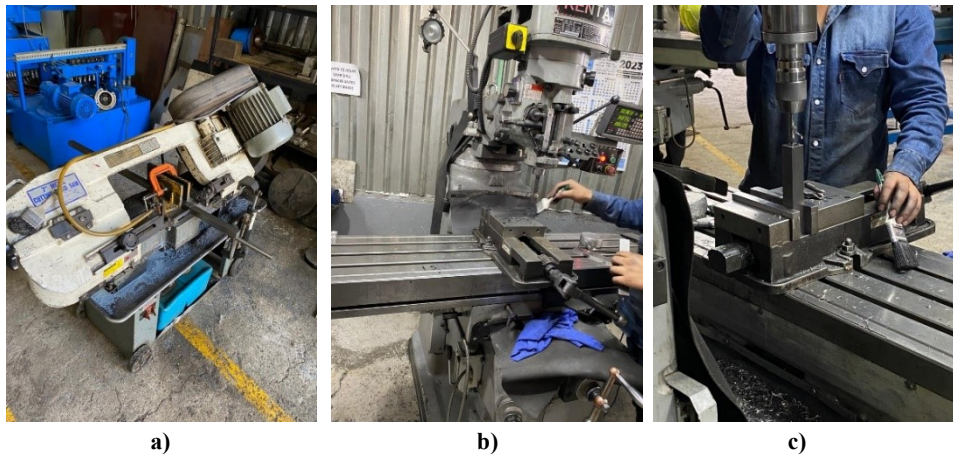


### ***BASE PARA RODILLOS***

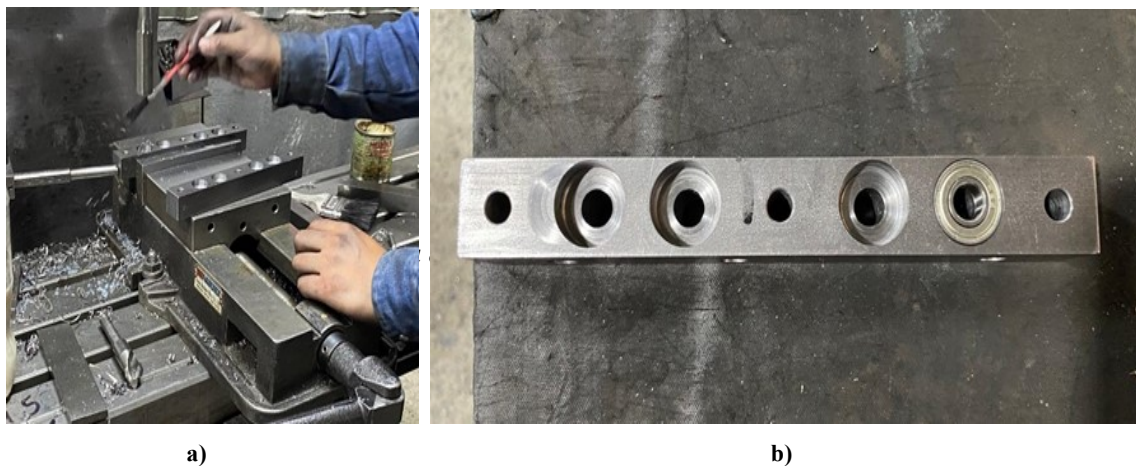
- Se consigue una barra cuadrada de acero 1018 de medidas 1<sup>2</sup> in, se pasa a la máquina cierra cinta para realizar cortes y obtener 5 barras.
- Siguiendo con esto en la máquina fresadora se efectua un desbaste para obtener las medidas que se requieren.

- Asimismo, se ejecuta dos barrenados en los laterales junto con machueado en 3 de las barras.
- (Figura 9)
- En las 2 piezas restantes se trabajan 7 barrenados en las cuales 3 de ellos se les ejecuta un machueado. (Figura 10)

**Figura 9.** Freasado, desbastado y barrenado. a) Se realiza el corte en la máquina sierra cinta, b) Desbaste en la máquina fresadora c) Barrenado y machueado en los laterales de las barras



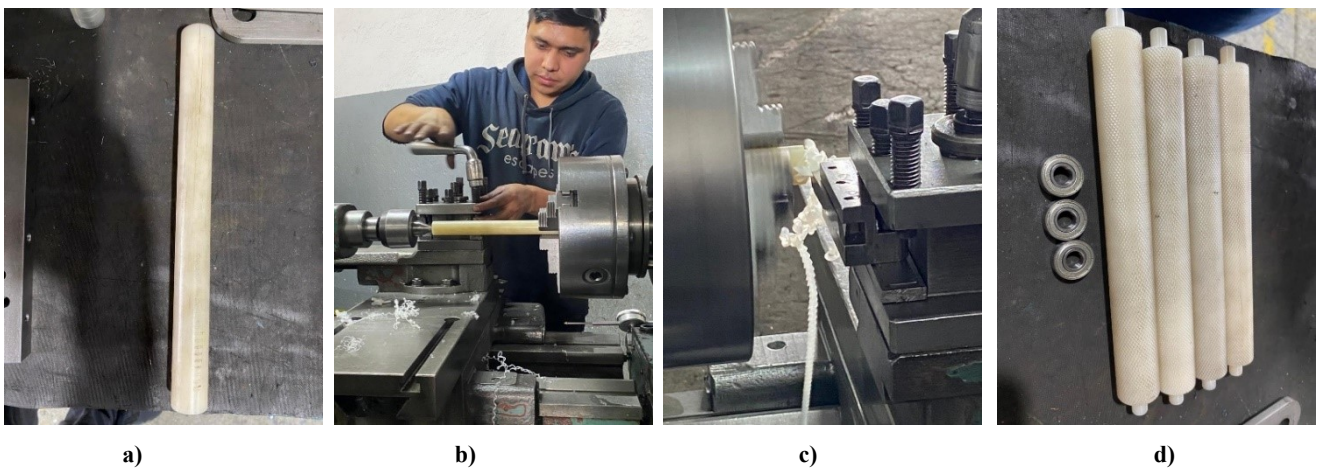
**Figura 10.** Barrenados y machueado. a) Se efectúa los barrenados y se limpia las impurezas, b) Machueado a 3 de los barrenados.



## ***RODILLOS NYLAMID***

- A una barra de nylamid de diámetro 1 in, se le realiza 4 cortes en máquina cierra cinta.
- A cada pieza resultante se lleva al torno para desbastar y conseguir las medidas y forma deseada, igualmente se someten para formar un piloto en los laterales y cada piloto con un barrenado de un  $\frac{1}{4}$  in, asimismo se pasan al proceso llamado moleteado donde la textura de los rodillos cambian. (Figura 11)

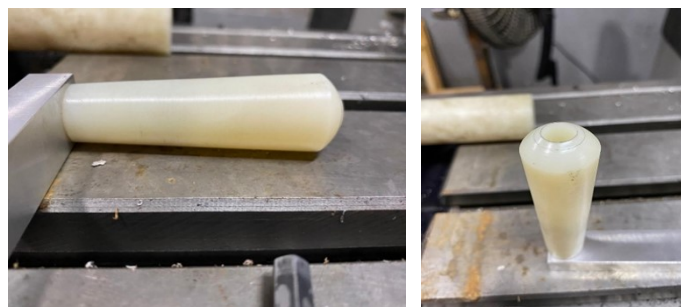
**Figura 11.** *Proceso de corte y torno Nylamid. a) Barra circular nylamid, b) Desbaste, c) Obtención de pilotos laterales, d) Rodillos con proceso de moleteado.*



## ***MANIVELA***

- Del material anterior se crea una pieza pequeña con un vaciado en el centro por toda la pieza quedando de una forma poco conica dejando una circunferencia mayor y una pequeña adjunto de un barrenado. (Figura 12)

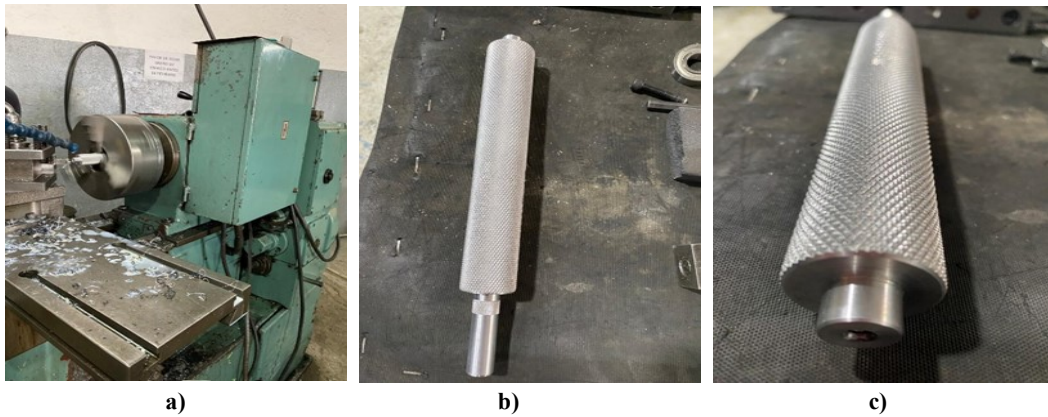
**Figura 12.** *Manivela.*



### ***RODILLO DE ALUMINIO***

- Para la creación de este rodillo se ocupa el mismo procedimiento del rodillo de nylamid, a diferencia que sus pilotos tiene medidas diferente y lleva un barrenado. (Figura 13)

**Figura 13.** *Proceso de fabricación de rodillo de aluminio. a)Desbaste, b)Rodillo con pilotos laterales, c)Rodillo con proceso de moleteado.*



### ***SOPORTE PARA RODILLO***

- Se manufacturan dos piezas de material de aluminio colocandolas en el torno creando un baseado circular y un corte interno, debajo de estas se realiza un barrenado. (Figura 14)

**Figura 14.** *Soporte de rodillo.*



### ***EJE PARA MANIVELA***

- Del mismo material de aluminio se hace un corte en la máquina cierra cinta obteniendo una pieza rectangular, donde se hace el mismo proceso que en el soporte de rodillo para la parte frontal y trasera, conjuntamente en la parte frontal se agrega un barrenado. (Figura 15)

**Figura 15.** *Eje de manivela.*



### ***TRATAMIENTO DE PAVONADO***

- Teniendo todas las piezas terminadas, se colocaran en un recipiente añadiendo una mezcla de nitrato de sodio y potasio para después situarla en el fuego a una alta temperatura hasta que comience a hervir, para después retirar las piezas. (Figura 16)

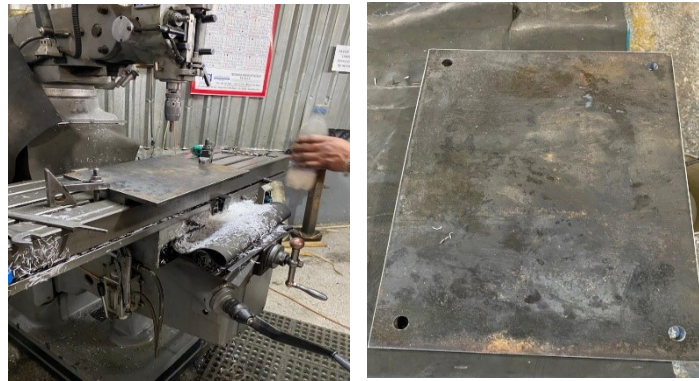
**Figura 16.** *Tratamiento de pavonado.*



## ***PLACA PARA BASE***

- Se crea una placa la cual se pasa a la máquina fresadora donde cada una de sus esquinas se realiza un barrenado. (Figura 17)

**Figura 17.** *Placa para base de prototipo..*



## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Una vez manufacturada todas las piezas, se procede a ensamblar pieza por pieza hasta obtener el prototipo desmembrador completo:

**Figura 18.** *Prototipo terminado y probado en el laboratorio de manufactura aditiva y sustractiva del ITSSAT.*



*Fuente Propia*

- Se logró la construcción de una máquina herramienta que separa la mayor parte de membrana del pseudotallo del plátano con el propósito de mejorar el proceso manual puesto que es un poco cansado de realizar, igualmente existen problemas con los movimientos que se llevan a cabo; por

otro lado, es un proceso muy tardado por ello se optó por la manufactura del prototipo para hacer que el proceso del desmembrado sea más eficiente.

- Con la manufactura de la máquina desmembradora se presentan resultados positivos, dado a que haciendo las pruebas son visibles las mejoras que ocurren, entre ellas es el tiempo en el que se realiza el proceso de desmembrado manual y el proceso de desmembrado con el prototipo, obteniendo un promedio de 1 minuto 31 segundos en el proceso manual y un tiempo promedio de 31 segundos en el proceso de desmembrado en el prototipo.
- Se refleja que los movimientos y posturas inadecuadas durante el proceso de desmembrado se disminuyeron, ya que ahora es más fácil de realizar este proceso sin complicaciones y menor esfuerzo.
- Con el uso del prototipo se logró eliminar hasta un 70% de la membrana de pseudotallo de plátano.

## CONCLUSIONES

El método de desmembrado de fibras naturales llevado a cabo manualmente es una actividad que requiere de mucho tiempo y afecta la salud del ser humano causando daños contraproducentes en el cuerpo.

El prototipo desmembrador cumple con los objetivos los cuales son requeridos para su función, optimizando el tiempo de desmembrado y moderando los esfuerzos que ejerce el operario.

Con la construcción del prototipo de la máquina-herramienta se perfeccionó el proceso de desmembrado de modo que en el momento de desarrollar el proceso la fibra se obtiene con lo menos posible de residuos.

## LISTA DE REFERENCIAS

*Tesis De Grado.* (2019). manufacturar prototipo mecánico para desmembrar pseudotallo de plátano obteniendo fibras naturales sustituyendo las fibras sintéticas, optimizando tiempos y movimientos manuales.

Leon, Jorge. 2000. "Botánica de Cultivos." 510.

Mohiuddin, AKM, Manas Kanti Saha, Md Sanower Hossian, and Aysha Ferdoushi. 2014. "Usefulness of Banana (*Musa Paradisiaca*) Wastes in Manufacturing of Bio-Products: A Review." *The*

*Agriculturists* 12(1):148-58. doi:10.3329/agric.v12i1.19870.

- Borja, D., & Remache, A. (2021). Estudio de biocompuestos con refuerzo de fibra de pseudotallo/plátano para creación de partes automotrices: Revisión. *Polo Del Conocimiento*, 6(6), 3–23. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i6.2737>
- Del Angel, H. (2017). Propuesta De Diseño Para Una Máquina Peinadora De Henequén. 2. División de compensación para trabajadores. (2019). La Ergonomía para la Industria en General. *Texas Department of Insurance, Division of Workers' Compensation*, 5. <https://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresourcessp/spwpgenergo.pdf>
- El Plátano : Sus Características. (n.d.). 15–26.
- Freitas, L., Pinedo, M., Linares, C., & Del Castillo, D. (2006). *Descriptorios para el banano (Musa spp.)*. [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/73043/Descriptorios\\_tomate\\_489.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/73043/Descriptorios_tomate_489.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- García, R. (2018). Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo. In Ingeniería de métodos y medición del trabajo: Vol. 2a Edición (Issue Mexico, p. 459). [https://faabenavides.files.wordpress.com/2011/03/estudio-del-trabajo\\_ingenierc3ada-de-mc3a9todos-roberto-garcc3ada-criollo-mcgraw\\_hill.pdf](https://faabenavides.files.wordpress.com/2011/03/estudio-del-trabajo_ingenierc3ada-de-mc3a9todos-roberto-garcc3ada-criollo-mcgraw_hill.pdf)
- Herrera Suarez, J., Del, A., Pérez, C., Asesor, C., Jácome, P., San, O., Tuxtla, A., & De, E. (n.d.). Instituto tecnologico superior de san andres tuxtla titulacion integral tesis profesional “manufacturar prototipo mecánico para desmembrar pseudotallo de plátano obteniendo fibras naturales sustituyendo las fibras sintéticas, optimizando tiempos y movimientos manuales” que para obtener el titulo de: ingenieria industrial presenta.
- Herrera Suarez, J., Pérez Chagala, A. del C., Jacome Onofre, P., & Montoya Nafarrate, C. M. (2022). Implementación de diseño de prototipo para desmembrar fibras naturales (pseudotallo de plátano), con el fin de mejorar el proceso manual. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 145–156. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i5.3477](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3477)
- Hodgson, M., Liu, K., & Ramírez, F. (2019). Fibra de la hoja de piña , obtención y aplicaciones. May 2018, 1–16. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18654.69449>
- INSHT, 2007. (2011). Manipulación manual de cargas. Guía Técnica del INSHT. INSHT, Instituto



Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo, 30.

Mondelo, P. R., Gregori, E., Blasco, J., & Barrau, P. (1999). *Ergonomía 3 : diseño de puestos de trabajo*

<http://direct.awardspace.info/directoriow/PedroMondeloErgonomia3DisenoDePuestosDeTrabajo.pdf>

Pham, D. T., & Dimov, S. S. (2003). Rapid prototyping and rapid tooling - The key enablers for rapid manufacturing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 217(1), 1–24. <https://doi.org/10.1243/095440603762554578>

Prevention, 3rd International Conference on Occupational Risk. (2004). Aspectos Ergonómicos en el Diseño de Máquinas. Especialidad de Ergonomía y Psicología Aplicada, Instituto AMYCA de Formación, Murcia.

ProMusa. (2020a). Morfología de la planta del banano. Anne Vézina, Margarita Baena.

ProMusa. (2020b). Pseudotallo. Anne Vézina.