



**Informe de diseño de pelacables para fabricación de planta de potabilización de agua por  
UF.**

Harold Emanuel Rebellon Quintero

Informe de practica académica en modalidad de semestre de industria para optar al título de  
Ingeniero Mecánico

Asesor

Carlos Andrés Trujillo Suarez, Doctor (PhD) en Ingeniería Mecánica

Universidad de Antioquia  
Facultad de ingeniería  
Ingeniería Mecánica  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2023

Cita	Rebellon Pineda [1]
<b>Referencia</b> Estilo IEEE (2020)	<sup>[1]</sup> H. Rebellon Quintero, “Informe de diseño de plantas de potabilización de agua por ultrafiltración y accesorios que faciliten su montaje. ”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Mecánica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2023.



Centro de Documentación de Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Julio César Saldarriaga Molina.

**Jefe departamento:** Pedro León Simanca.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar este gran mérito a mis padres Ana Cristina y Harold Hernán, los cuales fueron indispensables en mi formación como ingeniero y como persona a lo largo de estos años, formando una persona con grandes valores y con gran vocación y amor por lo que hace. También quisiera agradecerle a mi familia y amigos que fueron un pilar muy grande en mi desarrollo como persona haciendo posible el logro de esta gran meta en mi vida.

## **Agradecimientos**

Inicialmente le quiero agradecer a mi Familia y amigos nuevamente, siendo indispensables emocionalmente en este largo proceso y estando siempre presentes en todas las adversidades que se pudieron presentar a lo largo de estos años, también quisiera agradecer a mis profesores que me han formado como profesional y como persona a lo largo de estos años, haciendo mucho más ameno este proceso. Por último, me gustaría agradecer a la empresa GRUPO HOH S.A.S y todos sus empleados por darme la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de estos años y por enseñarme muchas de las situaciones que se viven en esta nueva etapa de la vida y darme la oportunidad de ejercer la gran carrera que estudie.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	8
ABSTRACT .....	9
I. INTRODUCCIÓN .....	10
II. OBJETIVOS.....	11
A. Objetivo general .....	11
B. Objetivos específicos.....	11
III. MARCO TEÓRICO.....	12
IV. METODOLOGÍA .....	16
A. Metodología de diseño .....	16
B. Diseño.....	18
C. Fabricación de prototipos .....	21
V. RESULTADOS Y ANALISIS.....	26
VII. CONCLUSIONES .....	30
REFERENCIAS .....	33

## LISTA DE FIGURAS

Fig 1. Sistema de ultrafiltración automática UF-PP.....	13
Fig 2. Pela cables convencional .....	14
Fig 3. Pela cable autoajustable .....	15
Fig 4. Herramienta de compresión coaxial Paladín PA 1319.....	16
Fig 5. Paso a paso ingeniería a la inversa.....	17
Fig 6. Paso a paso para imprimir una pieza [6] .....	17
Fig 7. Base Superior del pelacables.....	19
Fig 8. Base Inferior del pelacables .....	19
Fig 9. Base superior pela cables V2 .....	20
Fig 10. Base inferior pela cables V2 .....	21
Fig 11. CAD Molde pelacables a) Versión 1 b) Versión 2 .....	22
Fig 12. Simulación de impresión 3D Molde pelacables a) Versión 1 b) Versión 2.....	22
Fig 13. Propiedades mecánicas del PLA + Fibra de carbono Vs PLA a) Esfuerzo Vs Deformación b) Carga Vs desplazamiento c) Comparación de propiedades mecánicas [8] .	23
Fig 14. Prototipos de Molde pelacables a) Versión 1 b) Versión 2.....	24
Fig 15. Herramienta de compresión axial con molde para pelacables .....	25
Fig 16. Cuchillas requeridas para el pelado de cables en el ensamble .....	26
Fig 17. Corte de recubrimiento de cables a) herramienta convencional b) herramienta desarrollada en grupo HOH .....	27
Fig 18. Simulación por elementos finitos de molde inferior (Esfuerzo y Deformación) .....	27
Fig 19. Simulación por elementos finitos de molde superior (Esfuerzo y Deformación).....	28
Fig 20. Cable pelado con pelacables desarrollado en Grupo HOH SAS.....	29

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>PhD</b>	Philosophiae Doctor
<b>UdeA</b>	Universidad de Antioquia
<b>IOT</b>	Internet of things (Internet de las cosas)
<b>UF</b>	Ultra filtración
<b>CAD</b>	Computer-aided desing and drafting
<b>3D</b>	3 dimensiones

---

## RESUMEN

Diseño y desarrollo de una herramienta que permita la conexión de cables en paralelo para el acoplamiento de sistemas de comunicación ModBus para el control de dispositivos hidráulicos por medio de un sistema lógico automatizado, además también se tendrá soporte en el área de diseño de piezas, estructuras y ensamble de plantas de potabilización de agua.

Con el desarrollo de esta herramienta se busca reducir notoriamente el tiempo empleado en el pelado de cables del sistema ModBus logrando reducir lo más posible los daños en el sistema y las lesiones personales en los operarios que realizan esta tarea. La finalidad del desarrollo de esta herramienta es realizar el pelado de 3 cables de manera simultánea y que a su vez estos cortes sean limpios y tengan una distribución uniforme en el sistema.

Por otra parte, se busca realizar este proyecto por métodos que sean económicos y con alta durabilidad, por esta razón se implementó la impresión 3D para la realización de los moldes del pelacables y además se implementó el uso de elementos finitos para evaluar la resistencia del material empleado para la realización de los moldes y que estos cumplan con los requerimientos que tiene la herramienta en cuanto a esfuerzo y deformación que alcanzaría a soportar el molde.

*Palabras clave: Diseño, fabricación, ultrafiltración, manufactura.*

---

## ABSTRACT

Design and development of a tool that allows the connection of cables in parallel for the coupling of ModBus communication systems for the control of hydraulic devices by means of an automated logic system, in addition there will also be support in the area of design of parts, structures and assembly of water purification plants.

With the development of this tool, the time used in the stripping of cables of the ModBus system is notoriously reduced, reducing as much as possible the damages in the system and the personal injuries in the operators that carry out this task. The purpose of the development of this tool is to perform the stripping of 3 cables simultaneously and at the same time these cuts are clean and have a uniform distribution in the system.

On the other hand, this project seeks to carry out this project by methods that are economical and with high durability, for this reason 3D printing was implemented for the realization of the molds of the wire stripper and also the use of finite elements was implemented to evaluate the strength of the material used for the realization of the molds and that these meet the requirements that the tool has in terms of effort and deformation that would reach to withstand the mold.

*Keywords: Design, fabrication, ultrafiltration, manufacturing.*



## I. INTRODUCCIÓN

GRUPO HOH S.A.S es una empresa dedicada a brindar soluciones inteligentes de potabilización de agua por el método de ultrafiltración, donde se integran tecnología de IOT, inteligencia artificial y machine learning para crear una nueva generación de acueductos inteligentes descentralizados.

En la actualidad, existen ciertas herramientas las cuales facilitan la realización de muchas actividades de la vida cotidiana, como lo pueden ser ensambles, construcciones, circuitos eléctricos, sistemas mecánicos, entre otros. muchas de las herramientas que se disponen actualmente suelen ser muy desactualizada ya que solo se optimizaron para cumplir una función, por esta razón se han empezado implementar herramientas con sistemas electrónicos que mejoran su funcionamiento, ayudando de manera abismal al consumidor. Por otra parte, se han empezado a realizar herramientas las cuales contienen múltiples materiales, ya sea con el fin de facilitar su ensamble o de brindar mayor comodidad al cliente final al momento de utilizarlas, reduciendo mantenimientos en cada una de ellas y reduciendo el impacto ambiental al momento de fabricación [1].

El siguiente diseño se realizará para dar solución a una problemática presentada en la empresa para el corte de cables del sistema Modbus, buscando hacer este proceso más eficiente y fácil para el operario encargado de dicha tarea, logrando así simplificar el proceso del corte de cables y disminuyendo el tiempo de fabricación del cableado del sistema de control electrónico, además de esto se realizará el diseño y montaje de planta de ultrafiltración las cuales buscan brindarle a la sociedad una mejor calidad de Agua.

## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Diseño y fabricación de pelacables para reducir el tiempo de fabricación de montaje de cableado para el sistema de control electrónico.

### *B. Objetivos específicos*

- Reducir lesiones y problemas de salud en los operarios.
- Poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el ciclo académico en cuanto a diseño aplicado a máquinas.
- Realizar análisis de esfuerzos mediante la implementación de métodos de elementos finitos para garantizar la integridad estructural.
- Mejorar la calidad y presentación del corte en el cable con el fin de evitar daños en el sistema y darle más estética al producto final.

### III. MARCO TEÓRICO

Actualmente se puede observar cómo crece la necesidad de mejorar la calidad de las diferentes fuentes hídricas en el mundo, buscando brindar mejor acceso a un recurso vital como lo es el agua y además sacar el mejor provecho de este recurso buscando la salud de los seres vivos. Teniendo en cuenta esto, se busca día a día la forma de hacer que estas tecnologías sean cada vez más independientes del ser humano y funcionen de manera autónoma.

Durante más de un siglo, la ultrafiltración (UF) ha sido una técnica de separación excepcional. La UF consiste en la filtración de agua por medio de membranas que separan mecánicamente materiales de una mezcla. El término ultrafiltración fue introducido por primera vez en 1907 por Benchold, logrando la separación de varias soluciones a varias atmósferas a través de una membrana [2]. Más técnicamente en este proceso las fuerzas de presión hidrostática inducen el movimiento de un líquido para pasar por medio de una membrana semipermeable, en la ultrafiltración se dirigen las moléculas de mayor peso molecular y los sólidos en suspensión, según el peso molecular especificado por la membrana, junto con otros factores que pueden desempeñar un papel importante en el proceso, tal como puede ser la forma de la molécula, la carga y las condiciones hidrodinámicas [3]. Principalmente, este mecanismo es utilizado para la exclusión de partículas según su tamaño. Sin embargo, según los compuestos presentes y las reacciones entre partículas y la membrana se puede ver afectada la eficiencia del proceso [4].

En el caso de la empresa se tienen plantas de ultrafiltración automatizadas (Ver figura 1) las cuales requieren muy poca intervención humana para su correcto funcionamiento, ya que cuentan con su sistema ModBus el cual por medio de sensores y actuadores hacen que la planta funcione de manera independiente una vez se inicia.



Fig 1. Sistema de ultrafiltración automática UF-PP

La herramienta para diseñar facilitará el montaje de cables para el control de la planta de UF, controlando funciones tales como encendido y apagado de la planta, control de válvulas, bombas y pantallas de comando las cuales se encargan del funcionamiento de la planta, iniciando con el enjuague de la planta, para después operar con normalidad, llenando el tanque de retro lavado y limpiando el prefiltro. Para posteriormente suministrar el agua ultrafiltrada al cliente.

Actualmente los pelacables convencionales (Ver figura 2) son dispositivos que son muy útiles ya que esta es una herramienta que se encargan cortar la goma de forma transversal en el cable ayudando a pelar diferentes calibres de cables de cobre y aluminio.



Fig 2. Pela cables convencional

Por otra parte, también existen pelacables auto ajustables (Ver figura 3), los cuales hacen el trabajo un poco más ágil, ya que este se ajusta automáticamente para pelar el cable y además corta cable de gran variedad calibres din necesidad de calibración constante.



Fig 3. Pela cable autoajustable

Estas herramientas a pesar de cumplir de manera correcta su función son muy ineficientes en nuestro caso, esto debido a que solo es capaz de pelar un cable a la vez, por lo que si se tiene un cable encauchetado el cual contiene varios cables internamente, hace un poco tediosa la manipulación de estos. Teniendo en cuenta que para el sistema de cableado de las plantas de potabilización de agua se utilizan cables de este tipo, se requiere desarrollar una herramienta que permita agilizar este proceso y reducir la manipulación de estos cables a lo mínimo posible. Por lo tanto, se tuvo que desarrollar una herramienta que, de una solución a este problema de tal forma que se logre pelar 3 o 4 cables en simultaneo, logrando así reducir el tiempo que se emplea en esta tarea y evitando al máximo la manipulación del sistema de cableado ModBus.

#### IV. METODOLOGÍA

Para la realización de este proyecto se siguieron ciertos pasos para determinar la manera correcta de realizar el diseño del dispositivo, iniciando por una revisión biobibliográfica con la cual se determinará la manera a proceder con el proyecto, posteriormente realizar el diseño de las piezas y por último fabricar cada una de las piezas.

Inicialmente se tomó una herramienta como marco, la cual fue una herramienta de compresión coaxial de la marca Paladín con referencia PA 1319 (Ver Figura 4) utilizada generalmente para unir cables coaxiales.



Fig 4. Herramienta de compresión coaxial Paladín PA 1319

##### A. Metodología de diseño

Para la realización de este proyecto se utilizó una técnica conocida como ingeniería a la inversa la cual consiste en identificar las propiedades de un objeto analizando su funcionalidad y operación. Teniendo en cuenta estos se toman medidas de la geometría, con las cuales se crea una representación digital en formato CAD y a partir de esto hacer las modificaciones correspondientes para así rediseñarlo y hacer sus respectivas mejoras [5] (Observar Figura 5).

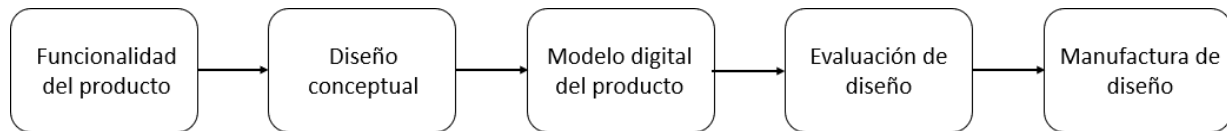


Fig 5. Paso a paso ingeniería a la inversa

Teniendo en cuenta que este método cada vez más se enfoca en la funcionalidad y la buena calidad de sus productos, logrando el equilibrio entre el diseño industrial y la ingeniería inversa. Se implementaron nuevas tecnologías de la ingeniería avanzada tal como lo es la impresión 3D, teniendo en cuenta que por medio de la ingeniería inversa se desarrollan modelos CAD para el rediseño de los productos se logró implementar la impresión 3D para el procesamiento y creación de prototipos de manera rápida, logrando así determinar cuáles son las mejoras que se podrían realizar en los productos para lograr un producto final sin errores y totalmente funcional.

La impresión 3D es un proceso que forma capas sucesivas de material bajo control informático para crear objetos, estos objetos pueden tener cualquier forma geométrica y se producen a partir de un modelo 3D u otros modelos digitales. Para realizar la impresión de una pieza en 3D se deben realizar los pasos observados en la figura 6.

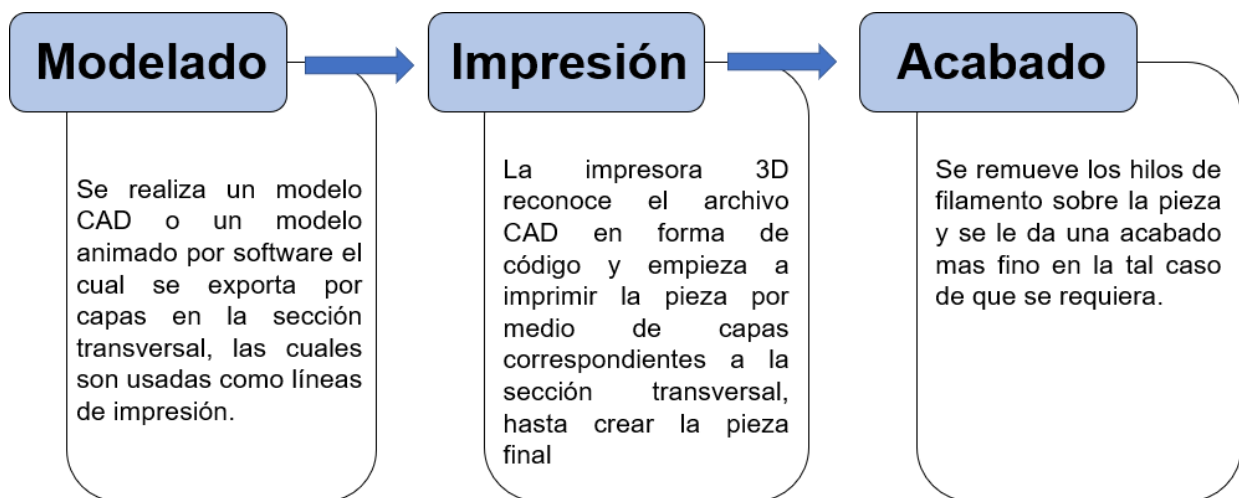


Fig 6. Paso a paso para imprimir una pieza [6]



Otro beneficio que tiene la impresión 3D es la facilidad que tiene para crear piezas de pequeños tamaños con excelentes acabados y detalles, dándole gran valor a estos productos. Teniendo en cuenta esto también se evalúa la sostenibilidad de la impresión 3D teniendo como fundamento tres parámetros economía, medio ambiente y el impacto en la sociedad [7]. Como se muestra a continuación:

**Economía:** grandes oportunidades en el mercado, ya que es un mercado en crecimiento y con mucho potencial de innovación, El costo del material es mucho menor en comparación de otros procesos en el mercado, reducción de tiempos de producción y reducción de costos en maquinaria de producción.

**Medio ambiente:** Bajas emisiones contaminantes, materiales reutilizables y amigables con el medio ambiente, bajo consumo energético y lo más importante es posible la implementación de la economía circular en este proceso.

**Sociedad:** Reduce la implicación de la presencia humana ya que es un proceso automático, es un proceso muy exequible y de fácil acceso para la sociedad y el mercado y permite la creación de piezas en muchas áreas de la industria como la aviación, automoción y la salud.

### *B. Diseño*

En la parte de diseño de crearon dos prototipos para el pelacables con la ayuda del software Autodesk Inventor 2021, los cuales tenían cada uno una finalidad. El primer prototipo consiste en una pieza maciza la cual incorpora unas pestañas la cuales cumplirían la función de cuchilla para el corte de cables y tendría 3 canales para el corte de los cables en paralelo (Ver figura 7 y 8), la principal falencia que se le vio a este modelo es que solo sería compatible con tipo de cable, pero esto no sería un problema ya que para todo el circuito electrónico de las plantas se utiliza la misma referencia de cableado.

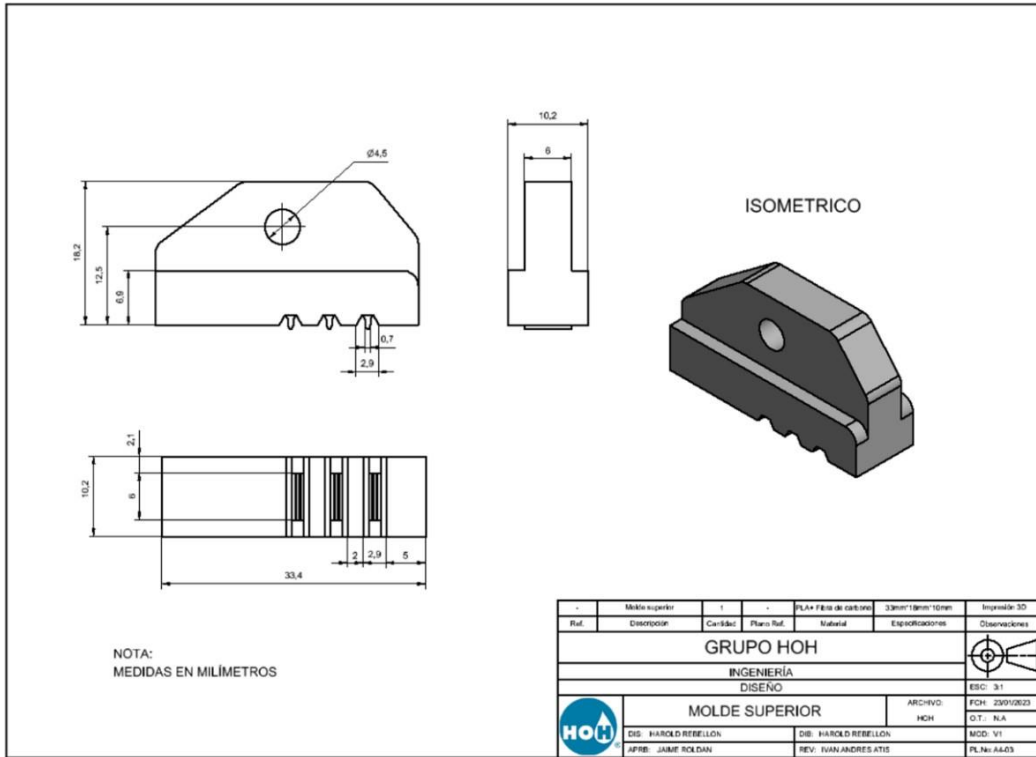


Fig 7. Base Superior del pelacables

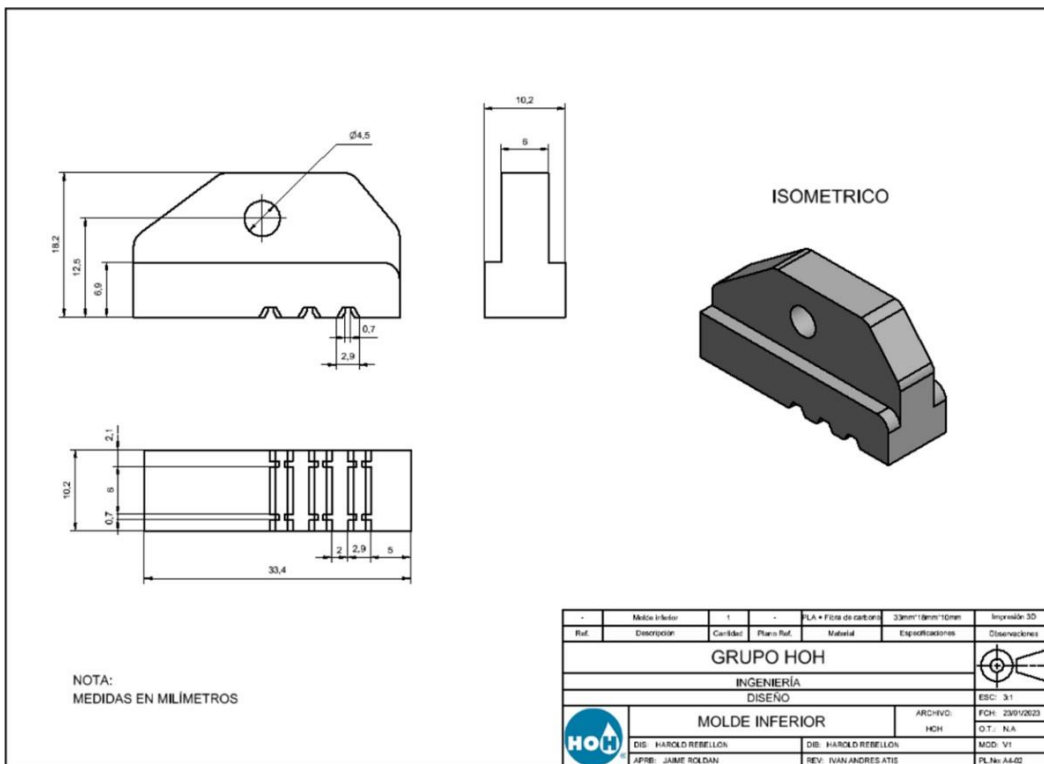


Fig 8. Base Inferior del pelacables

Para el segundo prototipo (Ver Figura 9 y 10) se decidió que este tuviera dos partes, las bases del pelacables y las cuchillas, esto con el fin de poder pelar cables de diferentes calibres en tal caso de que fuera requerido. Por esta razón, se hicieron unas ranuras para poder insertar las diferentes cuchillas las cuales pueden ser personalizables según el espesor del cable a utilizar.

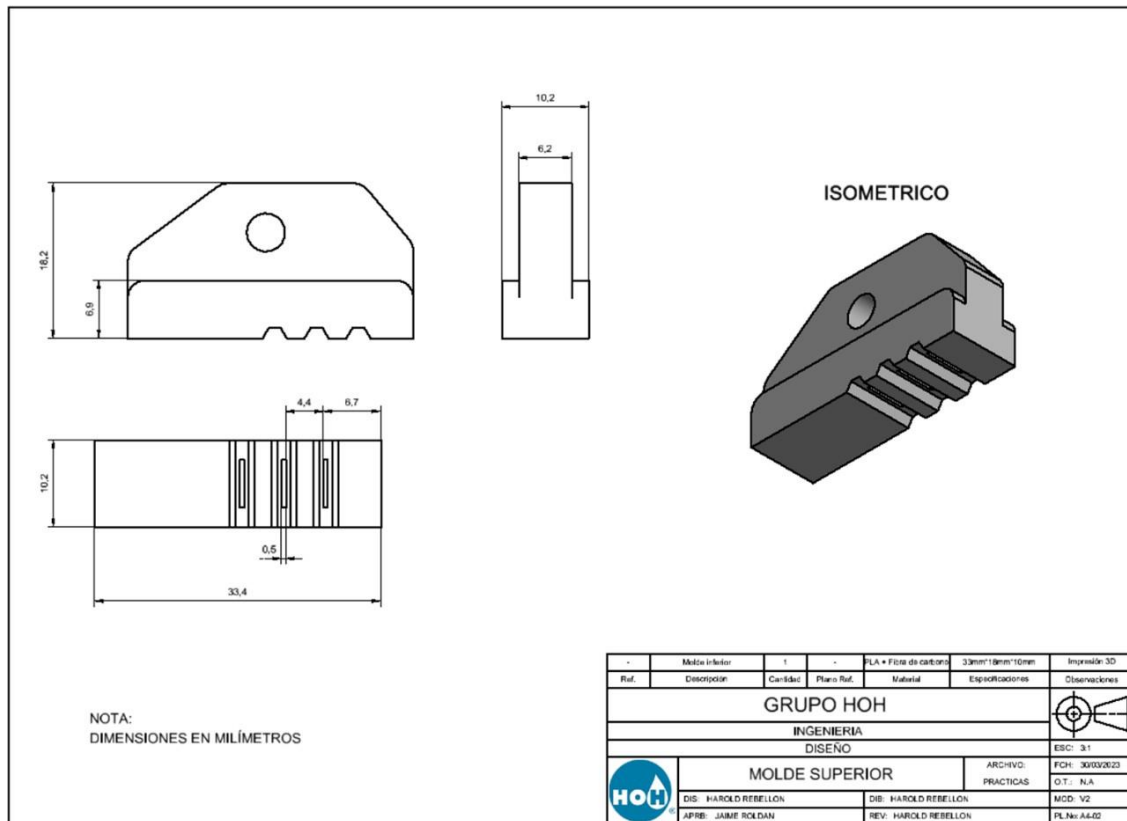


Fig 9. Base superior pela cables V2

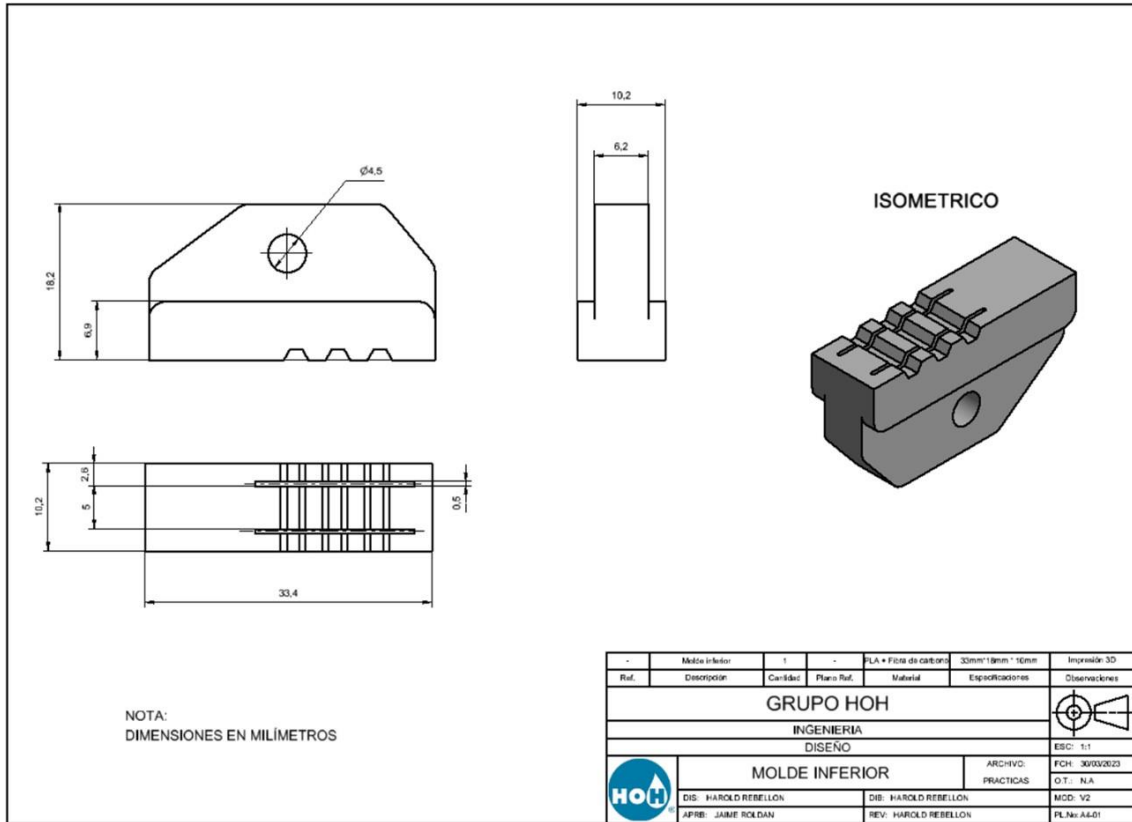


Fig 10. Base inferior pela cables V2

*c. Fabricación de prototipos*

Para la fabricación de los prototipos se diseñaron cada una de las piezas en el software Autodesk inventor 2021, donde se diseñaron los dos modelos del pelacables y se exportaron las piezas en archivo STL el cual es el más común para la lectura de archivos de impresión 3D, posteriormente se ingresaron los archivos al software Ultimaker Cura 4.13.1 para procesar los archivos para realizar la impresión.

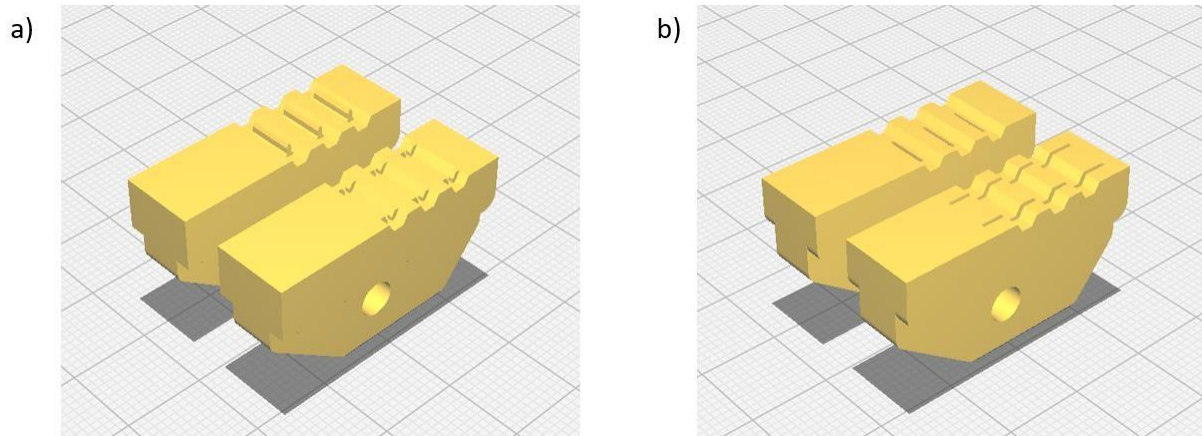


Fig 11. CAD Molde pelacables a) Versión 1 b) Versión 2

Una vez importada la pieza en el software se procede a ingresar los parámetros de diseño de la pieza, donde se utilizó una densidad de relleno del 100%, una altura de capa de 0,12mm un patrón de zigzag para impresión ya que se realizará fuerza de compresión sobre los moldes impresos y una velocidad de impresión de 60mm/s y por último se colocaron soportes en todas las partes que se requirieren, con el fin de tener una pieza con los mejores acabados posibles.

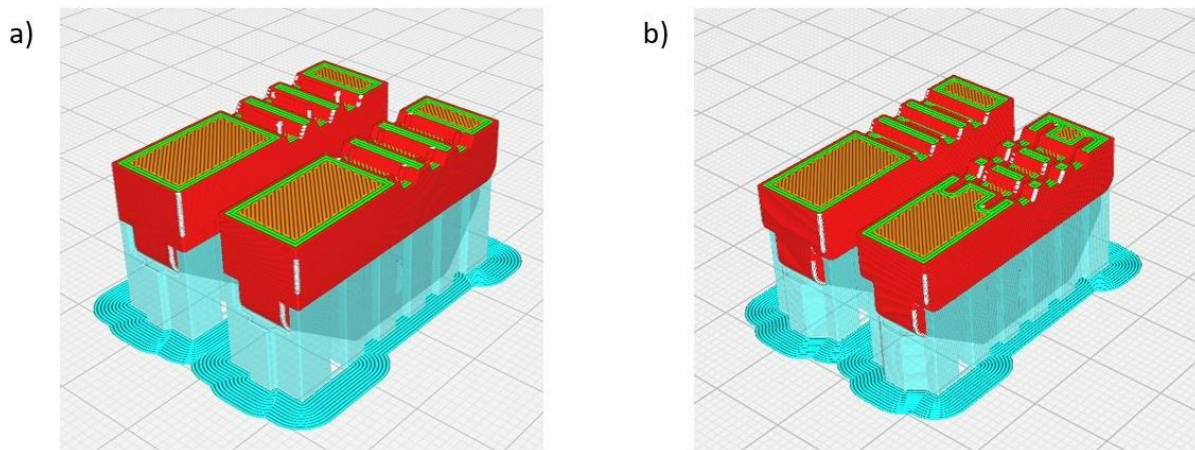


Fig 12. Simulación de impresión 3D Molde pelacables a) Versión 1 b) Versión 2

Para la impresión de los moldes se utilizó una impresora Creality Ender 3-Pro con un filamento de PLA reforzado con fibra de carbono, se seleccionó este material debido a que se necesita alta resistencia a la compresión en los moldes ya que se ejercerán altas fuerzas entre las caras del molde al momento de pelar los cables. Por esta razón se hizo una revisión bibliográfica de la resistencia

de este material en comparación con el PLA, con el fin de observar la viabilidad del producto al cual se busca llegar. Teniendo en cuenta el estudio realizado por M. Heidari en el año 2019 [8] se observaron las propiedades mecánicas del PLA reforzado con fibra de carbono en comparación del PLA sin refuerzo (Observar Figura 13).

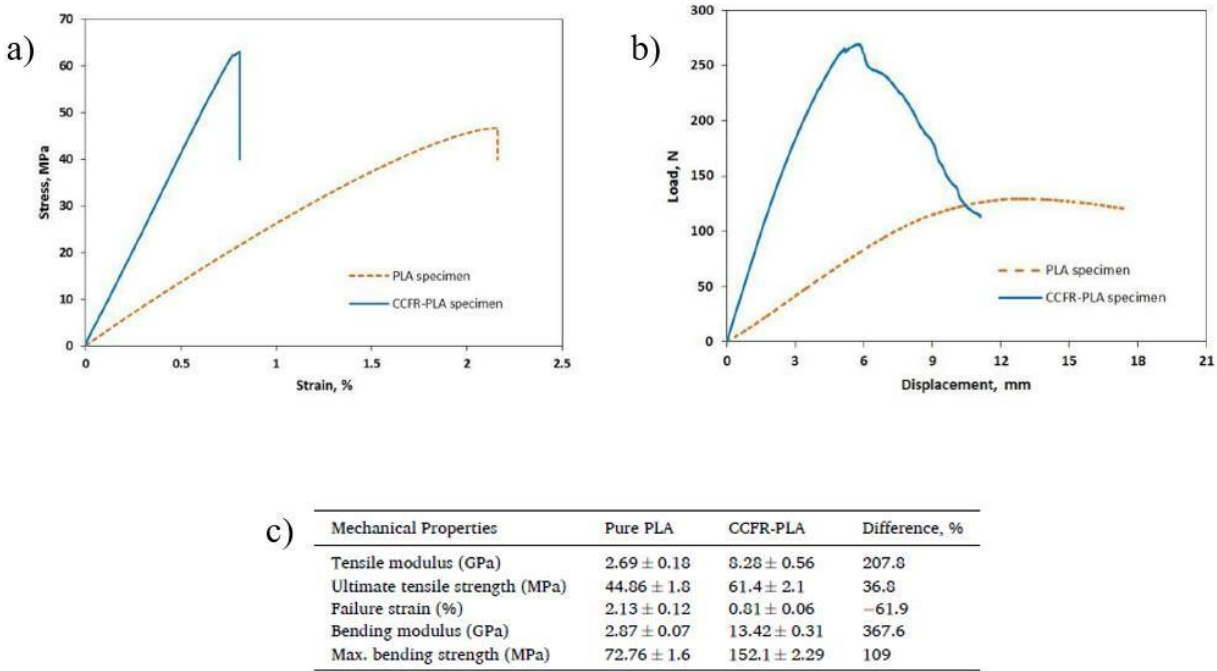


Fig 13. Propiedades mecánicas del PLA + Fibra de carbono Vs PLA a) Esfuerzo Vs Deformación b) Carga Vs desplazamiento c) Comparación de propiedades mecánicas [8]

Teniendo en cuenta lo observado en la Figura 13, se puede observar que para la finalidad de este proyecto es mucho más viable el uso del material de PLA reforzado con fibra de carbono con el fin de garantizar mayor resistencia al momento de aplicar las fuerzas del pelado de cable sobre los moldes.

A partir de esta información en la Figura 14 se pueden observar los moldes que se realizaron con el material seleccionado:

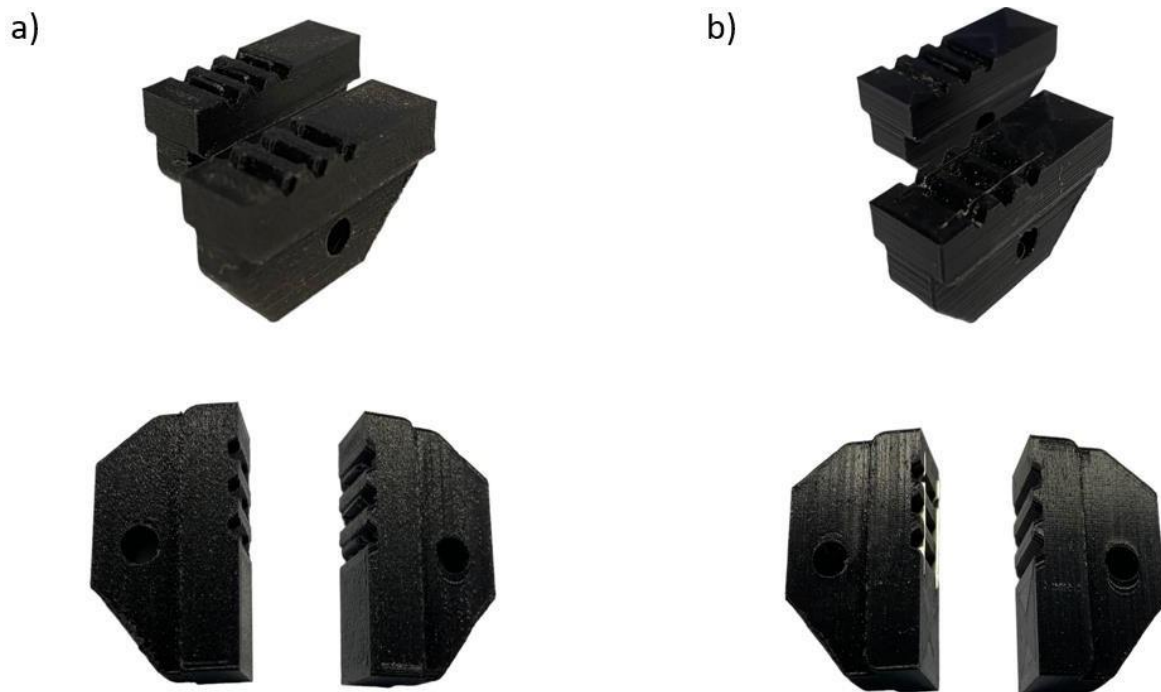


Fig 14. Prototipos de Molde pelacables a) Versión 1 b) Versión 2

Como se puede observar en la figura 13 se tienen los dos modelos diseñados en impresión 3D, donde se puede observar en la versión 1 la simulación de las cuchillas para el corte de los cables y en la versión 2 se puede observar la abertura para las cuchillas donde se podrá insertar las diferentes cuchillas según el calibre que se requiera pelar.

En la figura 15 se puede observar cómo quedaría el montaje final del pelacables, ensamblado en la herramienta base para poder realizar la función que se requiere en la empresa para el pelado de cable en paralelo optimizando el proceso de tal manera que se puede reducir el tiempo utilizado a un tercio.



Fig 15. Herramienta de compresión axial con molde para pelacables



## V. RESULTADOS Y ANALISIS

Teniendo en cuenta todo lo observado en la sección de diseño se pudo determinar que el molde más útil sería el de la versión 2, esto debido a que es más versátil y posee más ventajas al momento de su uso, como por ejemplo podría ser el intercambio de cuchillas según el calibre del cable. Otro factor muy determinante en este proceso de construcción fue la selección de las cuchillas con las que se iba a realizar el corte, por lo que se optó por la utilización de cuchillas de bisturí por su alta resistencia y durabilidad (Ver Figura 16).

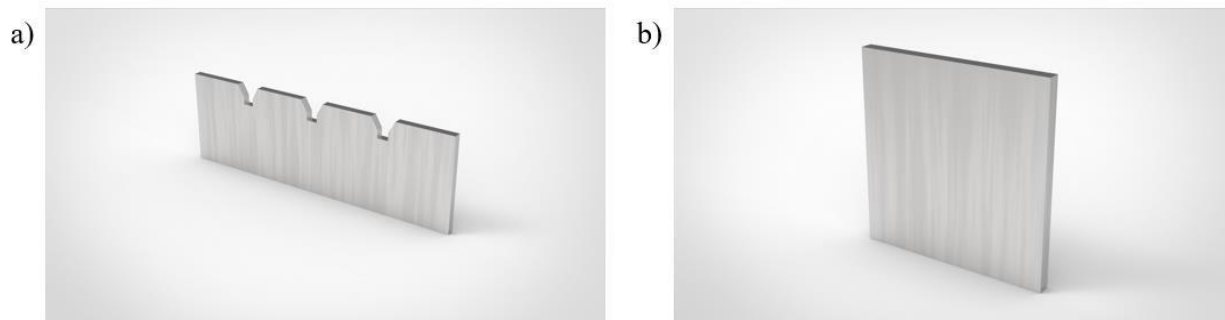


Fig 16. Cuchillas requeridas para el pelado de cables en el ensamble

Por otra parte, dialogando con los operarios que utilizaran constantemente la herramienta lograron percibir mejoras significativas con la nueva herramienta, como por ejemplo: el evitar corto circuitos en el sistema, esto es debido a que ya que se está realizando un mejor corte en los cables reduciendo el hecho de que se corten alambres de este. Por otra parte, como se puede observar en la Figura 17 se tiene mucho menor contacto del operario con la cuchilla de la herramienta, reduciendo la posibilidad de cortes o daños personales, logrando de la siguiente manera mejorar la salud y seguridad en el trabajo.

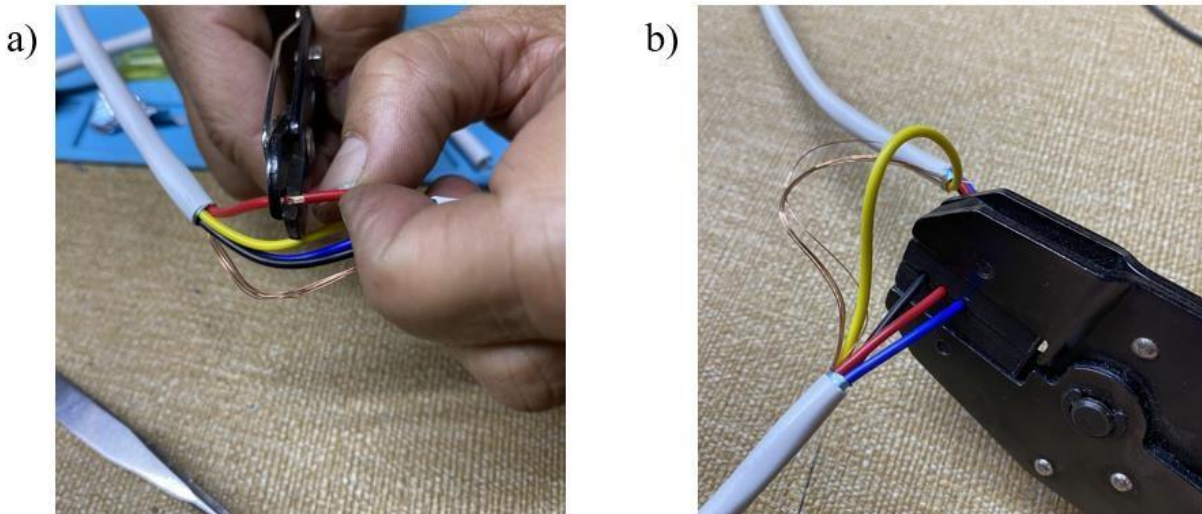


Fig 17. Corte de recubrimiento de cables a) herramienta convencional b) herramienta desarrollada en grupo HOH

Teniendo en cuenta que en un futuro se busca estandarizar el pelacables como un producto comercial, se realizó un análisis de elementos finitos con el fin de observar la viabilidad del material de producción de los moldes enfocándose en resistencia mecánica del material en ensayos de compresión, tomando las propiedades mecánicas del material con el que se hicieron los moldes (PLA + fibra de carbono) [8] [9]. Con ayuda del software ANSYS 2020 R se simuló como sería el comportamiento del molde ante cierta carga para observar la resistencia del material seleccionado, obteniendo los siguientes resultados:

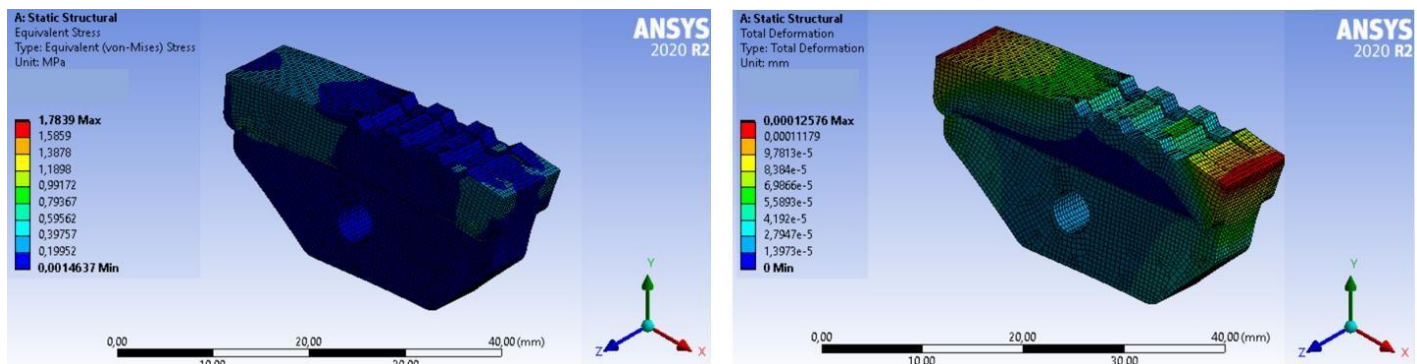


Fig 18. Simulación por elementos finitos de molde inferior (Esfuerzo y Deformación)

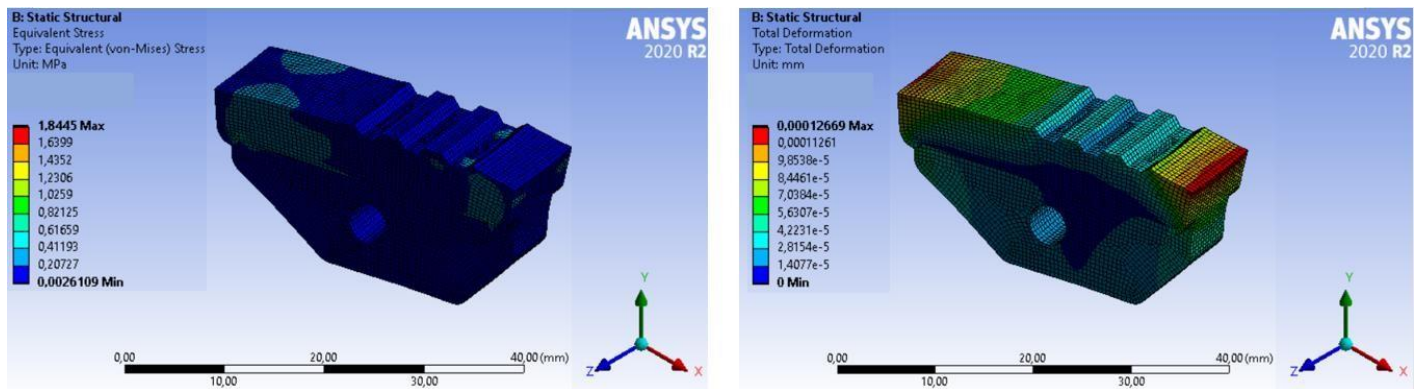


Fig 19. Simulación por elementos finitos de molde superior (Esfuerzo y Deformación)

Teniendo en cuenta lo observado en las Figuras 18 y 19 se pudo determinar que el material seleccionado tiene excelentes propiedades mecánicas y muy buena resistencia a la compresión debido a las muy bajas deformaciones presentes en este, por lo que con esta información se determinó que el material es apto para el desarrollo de la herramienta.

A partir de todo lo visto anteriormente se realizaron múltiples pruebas sobre un cable de los cuales son utilizados para el sistema ModBus obteniendo un resultado satisfactorio, ya que se tuvo un corte adecuado y además de eso se logró optimizar el tiempo en el cual se realizaba el proceso ya que se están pelando tres cables en simultaneo. Observando la Figura 20 el funcionamiento de la herramienta desarrollada presenta un corte más fino y homogéneo, logrando así realizar cortes más precisos y distribuidos uniformemente.

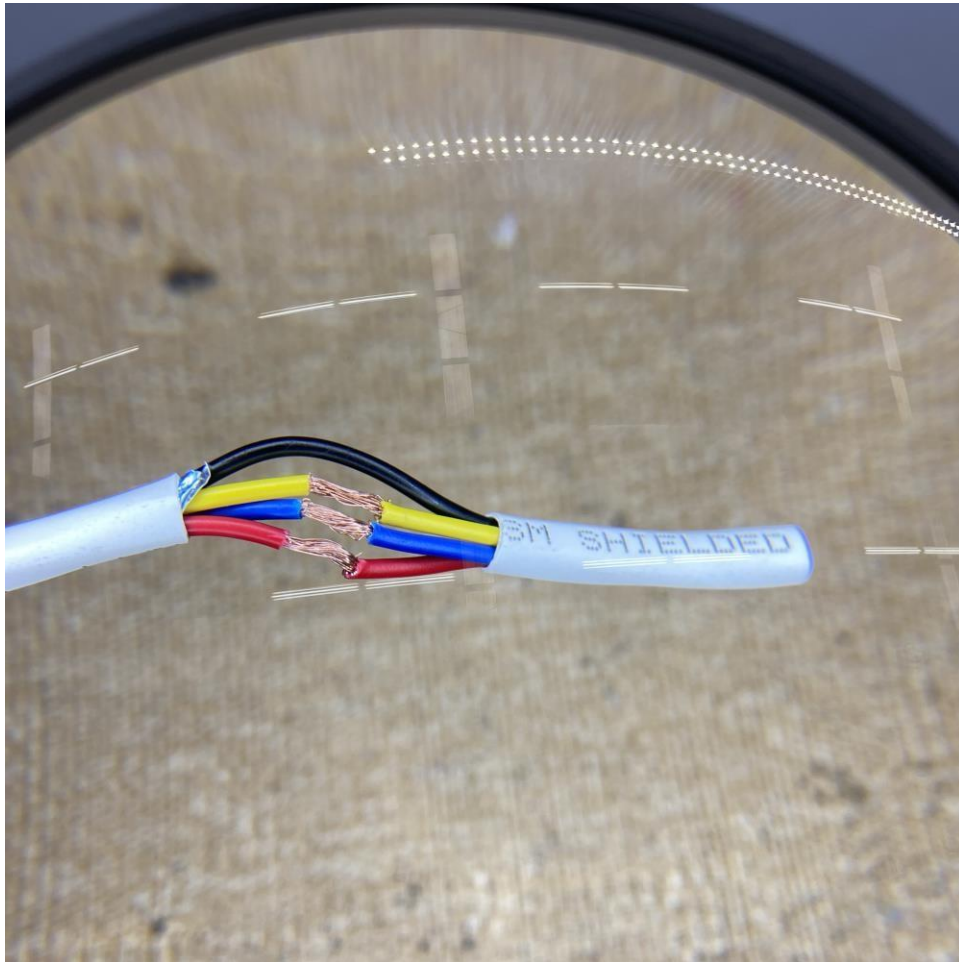


Fig 20. Cable pelado con pelacables desarrollado en Grupo HOH SAS

Teniendo en cuenta lo visto anteriormente se puede observar un corte más fino y homogéneo en comparación de lo que se puede ver en la figura 17, También se pudo observar una distribución de los cortes más homogénea y precisa dando mejor calidad al producto final. Por último, al finalizar el proceso se pudo concluir que al implementar el uso de esta herramienta se está mejorando notoriamente la presentación del producto y se está haciendo un ahorro significado en material de aporte necesario para soldar el sistema de cableado y también al momento de usar el recubrimiento para proteger el sistema eléctrico de agentes externos.

## VII. CONCLUSIONES

- Es de vital importancia realizar una revisión bibliográfica del panorama actual del producto con el fin de tener un punto de partida sólido y buscar el desarrollo óptimo para la herramienta a realizar.
- Al comparar los modelos actuales, se pudo observar varias falencias que se tienen en las herramientas actuales, las cuales se tuvieron en cuenta en el modelo actual mejorando su eficiencia y funcionalidad al momento de usarse, como lo fue el corte de los cables en paralelo y la opción del poder pelar cables de diferentes calibres con una sola herramienta, haciendo así de esta una herramienta más versátil y eficiente al momento de desarrollar su función.
- En el desarrollo de la herramienta fue indispensable la etapa de diseño ya que se requería gran precisión debido a la herramienta base que se tenía. Por lo tanto, esta etapa necesito mucho trabajo preliminar en la toma de dimensiones y determinación de procesos de fabricación buscando la menor cantidad de cambios en el diseño original para la obtención del modelo final.
- La finalidad de usar metodologías de manufactura como la impresión 3D, buscaba la realización de probetas de manera más sencilla, económica y rápida, teniendo en cuenta el poco tiempo que se tenía disponible y las pruebas de ensayo y error que se debían hacer al realizar una herramienta que requiere cierto grado de precisión, agilizando mucho el proceso y la calidad del producto final.
- Con la implementación del análisis por elementos finitos se buscaba hacer ensayos previos con diferentes materiales tratando ser lo más coherentes al momento de producción en cuanto a calidad y precio de la herramienta, logrando así tener un producto de muy buena calidad por un coste de producción no muy elevado, Buscando la menor cantidad de pérdidas para la empresa con la fabricación de este producto.
- Finalmente teniendo en cuenta los resultados obtenidos al momento de utilizar la herramienta se puede determinar que los resultados obtenidos fueron satisfactorios, indicando un adecuado proceso de diseño y de manufactura de la herramienta. Esto se puede afirmar debido al hecho de que se mejoraron varios aspectos en este proceso como

puede ser el acabado final del recorte, haciendo este más limpio y uniforme; Se estima que se redujo el tiempo utilizado para la tarea a un tercio; esto debido a que se están recortando 3 cables en una sola operación. Por último, se redujo la posibilidad de accidentes en circuito y las lesiones personales de los operarios, esto debido a que se evitó al máximo el daño de los alambres de los cables y se disminuyó notoriamente el contacto de los dedos del operario con las zonas de peligro de la herramienta.

### VIII. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones para este proyecto, se debería realizar este proceso en material con una resistencia mucho mayor y un proceso de manufactura una precisión mucho mayor, como lo podría ser el CNC. Por otra parte se recomienda realizar las cuchillas de la herramienta en un material con mayor resistencia y por medio de corte laser con el fin se realizar este proceso mucho más rápido y con menor cantidad de errores al momento del corte de estos, Finalmente se recomienda la estandarización del producto para realizar una patente de este, para posteriormente realizar su comercialización, ya que es una herramienta que a pesar de que no se ha diseñado aun para el mercado es muy necesaria para la optimización de procesos y mejora de la calidad de estos sistemas de cableado.

## REFERENCIAS

- [1] Jędrzejewski, J., & Kwaśny, W. (2009). Development of high performance machine tools. *Journal of Machine Engineering*, 9(2), 5-31.
- [2] A.F. Ismail, K.C. Khulbe, T. Matsuura, Introduction, *Gas Sep. Membr.* Springer International Publishing, Cham, 2015.
- [3] I.N. Widiassa, G.R. Harvianto, H. Susanto, T. Istirokhatun, T.W. Agustini, Se arching for ultrafiltration membrane molecular weight cut-off for water treatment in recirculating aquaculture system, *J. Water Process Eng.* 21 (2018) 133–142.
- [4] Al Aani, S., Mustafa, T. N., & Hilal, N. (2020). Ultrafiltration membranes for wastewater and water process engineering: A comprehensive statistical review over the past decade. *Journal of Water Process Engineering*, 35, 101241.
- [5] Zhang, J., & Yu, Z. (2016). Overview of 3D printing technologies for reverse engineering product design. *Automatic Control and Computer Sciences*, 50(2), 91-97.
- [6] Sathish, T., Vijayakumar, M. D., & Ayyangar, A. K. (2018). Design and fabrication of industrial components using 3D printing. *Materials Today: Proceedings*, 5(6), 14489-14498.
- [7] Gebler, M., Uiterkamp, A. J. S., & Visser, C. (2014). A global sustainability perspective on 3D printing technologies. *Energy policy*, 74, 158-167.
- [8] Heidari-Rarani, M., Rafiee-Afarani, M., & Zahedi, A. M. (2019). Mechanical characterization of FDM 3D printing of continuous carbon fiber reinforced PLA composites. *Composites Part B: Engineering*, 175, 107147.
- [9] Maqsood, N., & Rimašauskas, M. (2021). Characterization of carbon fiber reinforced PLA composites manufactured by fused deposition modeling. *Composites Part C: Open Access*, 4, 100112.
- [10] Autodesk, (2021), Autodesk Inventor, [En línea]. Disponible en: <https://latinoamerica.autodesk.com/products/inventor/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- [11] Ultimaker, (2023), Ultimaker Cura, [En línea]. Disponible en: <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>



[12] Ansys, (2020), Ansys Engineering simulation software, [En línea]. Disponible en:  
<https://www.ansys.com>