

Propuesta de diseño de adaptación del tambor del sistema de elevación para transporte de personal de la mina El Silencio

*Autores: Jhonatan Yepes Suarez - Código: 23551817705
Juan Sebastián Trejos Murillo - Código: 23551818775
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.
Tecnología en Mantenimiento Electromecánico
Universidad Antonio Nariño
Medellín*

*jyepes82@uan.edu.co
jtremos26@uan.edu.co
Director: Elkin I. Gutiérrez
elkin.gutierrez@uan.edu.co*

Resumen: Se propone una adaptación y modelación en Software 3D de un tambor para el sistema de elevación para transporte de personal nivel cero (0), que permita mejorar las condiciones de ingreso al socavón de los trabajadores de la mina El Silencio. Teniendo en cuenta los parámetros de operación, las solicitaciones de carga, las condiciones de seguridad y los aspectos relacionados con la integridad estructural del sistema. Todo esto con el fin de disminuir los tiempos de traslado de los operarios a los niveles inferiores en la mina; y que la operación del sistema de frenado de emergencia cumpla con los estándares de seguridad requeridos para equipos de elevación de personal por planos inclinados. Aportando beneficios en la seguridad de más de 1.000 trabajadores y un aumento en la credibilidad y mejora de la imagen de la compañía.

Palabras clave: Adaptación, modelación, tambor, sistema de elevación, frenado de emergencia.

Abstract: The adaptation and modeling, in 3D software, of a drum for the lifting system for personnel transport at zero level (0) is proposed, to improve the conditions of entry, to the pit, of the workers of the El Silencio mine. Taking into account the operating parameters, load requirements, safety conditions and aspects related to the structural integrity of the system. This in order to reduce the travel times of the operators to the lower levels of the mine; and that the operation of the emergency braking system complies with the safety standards required for personnel lifting equipment on inclined planes. Which will bring safety benefits to more than 1000 workers and an increase in credibility and improved reliability in the company.

Keywords: Adaptation, modeling, drum, elevation system, travel times, emergency braking.

1. INTRODUCCIÓN

En el municipio de Segovia, Antioquia el cual basa su actividad económica en la exploración y explotación de material aurífero, se encuentra constituida hace 7 años la empresa NAVAR ASOCIADOS operando la mina el Silencio. Si bien la minería que ejecuta NAVAR ASOCIADOS es denominada pequeña minería o minería artesanal, esta cuenta con gran cantidad de equipos mecánicos para ejecutar sus labores diarias. Y es allí donde los equipos de elevación de personal son fundamentales debido a su requerimiento de disponibilidad, confiabilidad y su alto grado de operatividad el cual reduce considerablemente el esfuerzo humano.

Actualmente se ha evidenciado que el tambor de la elevadora de personal nivel cero (0) – elevadora que llega desde el nivel 28 al apique o entrada al socavón en superficie – presenta problemas asociados a la desalineación y pandeo de sus soportes laterales, lo que ocasiona que el disco de freno de emergencia este desbalanceado con respecto a la mordaza del sistema de sujeción electromagnético, dificultando el buen ajuste o graduación del actuador electromagnético, impidiendo que el *skip* (carro de transporte) se detenga; originando afectaciones en la seguridad y confiabilidad del equipo, ya que el freno de emergencia es utilizado en caso de que el freno operativo falle, generando una mayor demanda de horas hombre en la realización de los mantenimientos y dificultad de maniobra, por ser

este componente una pieza de gran robustez (aproximadamente cuatro toneladas).

Por lo anteriormente descrito, en el presenta trabajo se proyecta una adaptación al tambor del sistema de elevación de personal en la entrada al socavón de la mina El Silencio, que aumente la capacidad de personas por cada viaje, permita fortalecer las buenas prácticas de mantenimiento y operación minera, mediante un proceso de rediseño que permita poner en marcha el tambor de la elevadora del personal nivel (0), utilizando y adaptando equipos presentes en la compañía.

Para llevar a cabo esto, se propone un modelo de utilidad para el tambor de la elevadora de personal, que permita una mejora en el funcionamiento de los frenos de emergencia electromagnéticos, adoptando una forma “Bipartida” con el fin de que permita la integración con los componentes existentes de la elevadora y con esto, se puedan mejorar tanto los tiempos de ejecución de los mantenimientos como la seguridad en su funcionamiento, en este proyecto solo se llegara hasta la propuesta de un nuevo diseño el cual se adapte mejor a las necesidades, realizando un modelo en 3D y posteriormente una impresión del modelo elegido como propuesta.

Y es así como la propuesta de adaptación implica un beneficio en la seguridad de más de 1.000 trabajadores, un aumento en la credibilidad y mejora de la imagen de la compañía. Beneficios que se traducen en un mayor rendimiento en la labor operacional generándose así a mediano

plazo una mayor producción en la compañía. Lo que generará una mayor estabilidad financiera y solidez económica, con una reducción representativa en los costos asociados a su operación y mantenimiento, los cuales permitirán continuar aportando a la sociedad a través de su labor social [1], a su vez a largo plazo, se tendrá la posibilidad de incursionar en nuevos proyectos que aporten crecimiento continuo a la empresa.

Finalmente, el desarrollo del proyecto busca que la operación del sistema de frenado de emergencia cumpla con los estándares de seguridad requeridos para equipos de elevación de personal por planos inclinados.

Así mismo, se espera que la realización del mantenimiento del equipo se pueda ejecutar con mayor funcionalidad, de modo que los periodos de mantenimiento sean menores, ya que si el tambor pasa de ser una sola pieza - de aproximadamente cuatro toneladas - a ser una pieza bipartida, se estima una reducción considerable en los tiempos de ejecución en las labores de mantenimiento, y, por ende, los costos asociados de esta labor se reducirían.

1.1. Objetivo General

Proponer un diseño de adaptación al tambor del sistema de elevación para transporte de personal de la mina El Silencio.

1.2. Objetivos específicos

- Analizar y proyectar una propuesta de adaptación de elevadores de tambor en aplicaciones mineras para el transporte de

personal que garantice el adecuado funcionamiento de los frenos de emergencia electromagnéticos, adoptando una forma bipartida.

- Concebir el modelado 3D de un tambor optimizado para el sistema de elevación de transporte de personal, teniendo en cuenta los parámetros de operación, las solicitudes de carga, las condiciones de seguridad y los aspectos relacionados con la integridad estructural del sistema.
- Detallar las consideraciones técnicas, tenidas en cuenta en el proceso de modelación, que permitan una correcta fabricación del prototipo a escala del tambor del sistema de elevación para el personal.
- Elaborar un prototipo a escala del tambor ideado para el sistema de elevación de personal en la entrada al socavón de la Mina El Silencio.

1.3. Definición de términos básicos

Tambor: Es un cilindro o rodillo giratorio, mediante el cual se enrolla y desenrolla el cable, dependiendo del sentido de las revoluciones del motor, transmitidas mediante acoplamientos. En el tambor debe existir el enrollamiento activo y el de reserva. El primero, es el que trabaja a plena carga y el segundo es el encargado de reducir el esfuerzo ejercido por el cable a la unión con el tambor (fuerza de aplastamiento) y sirve para compensar los cortes reglamentarios (dispuestos por el decreto 1886. Reglamento de seguridad en las labores mineras subterráneas [2] que se deben

realizar a medida que aumenta la elongación del cable de acero, al superar el límite de fluencia, desarrollando una deformación permanente, recuperando sólo la deformación de la zona correspondiente a la elástica. Los tambores pueden ser lisos, estirados, ranurados o cónicos.

Tambor de una sola pieza: En este tipo de tambor es usado normalmente en lugares abiertos y con buen espacio, además se debe contar con maquinaria y equipos especiales para su montaje y desmontaje, este tambor está compuesto por una única parte, la cual es de difícil acceso para realizar las labores de mantenimiento debido a que su tamaño es bastante considerable el cual hace dicha pieza de difícil manejo a la hora de realizar labores de mantenimiento, ya que para realizar estas labores es necesario remover esta pieza por completo, para la remoción de esta pieza de peso aproximado de 4 Toneladas se requiere de equipo especializado, además de que el proceso es tedioso pues al tener un volumen tan grande es peligroso realizar maniobras con equipo suspendido en el aire, teniendo un riesgo latente para los operarios de mantenimiento a la hora de la manipulación, esta pieza requiere ser desarmada y para poder realizar labores de mantenimiento preventivo como por ejemplo engrasar los rodamientos, se requiere un desarme total de la pieza, para tener acceso a los rodamientos, esto sin contar que en la remoción, el desensamble de la pieza, las labores de mantenimiento y posterior ensamble, si no ocurre algún daño durante estos trabajos programados se requieren entre 40h y 48h del equipo sin

funcionamiento, afectando notablemente la operación en la mina. En tambores con este tipo de estructura cualquier fallo genera gran repercusión debido a su rigidez.

Tambor bipartido: Este de tipo de tambor se utiliza en lugares con poco espacio o con un acceso limitado, comparado con los de una sola pieza son relativamente fáciles de ensamblar pues consiste en un tambor dividido en dos partes, esta construcción ayuda en las labores de mantenimiento ya que los tiempos de parada se reducen considerablemente con respecto a los tambores de una sola pieza, para la realización de mantenimiento de este equipo, el trabajo para obtener acceso por ejemplo a los rodamientos para ser engrasados, solo se requiere la remoción de una mitad que tiene un peso aproximado de 2 Toneladas, esto facilita y disminuye notablemente el riesgo para el personal de mantenimiento, debido a que es una pieza de menor tamaño y menor peso, que puede ser manipulada mucho más fácil y por menos personal, adicionalmente en este tipo de tambores no se requiere el desmontaje total de la pieza, por lo que la parada en la operación de la mina se disminuye aproximadamente a 20 horas, máximo 24 horas, optimizando así el tiempo con respecto al tambor de una sola pieza, esto se verá reflejado en la operación y disminución de pérdidas por equipos inoperativos.

Motor – Reductor: Es el propulsor del sistema, cuyas características se eligen de acuerdo con el requerimiento, la capacidad de carga que se desea

izar, las dimensiones y modelo del apique. La capacidad del sistema de elevación es una combinación entre el par del motor y el tren de engranajes de reducción de la relación de transmisión.

Sistema preventivo de control: Es el dispositivo encargado de regular la velocidad, este actúa en caso de una súbita aceleración o desaceleración de la velocidad, ocasionado por una posible falla mecánica. Normalmente situado en un cuarto aparte, justo con todos los transformadores, PLC arrancadores y variadores de frecuencia.

Palancas de control: Es la consola desde donde se maneja y controla el sistema elevador. Este debe ser manipulado solo por un operario o maquinista autorizado.

Cables: Los cables de transmisión empleados pueden ser de fibra vegetal, sintética textil o de acero. Estos últimos son los comunes para el enrollamiento en tambores de sistemas elevadores, los cuales están compuestos por una determinada cantidad de torones o trenzas, en forma helicoidal alrededor de un núcleo o alma que los soporta. Cada uno de los torones está conformado por cierta cantidad de alambres los cuales también se encuentran colocados en forma helicoidal alrededor de un alambre central del torón. Los alambres en el torón están colocados en una forma geométrica definida y predeterminada.

Skips: También llamados jaulas, baldes, cubetas o vagón, es donde se deposita el material o, en

aplicaciones para transporte de personal, los pasajeros.

Poleas: Es una rueda acanalada que gira alrededor de un eje central, por el cual pasa el cable, en uno de sus extremos se encuentra sujeto al *skip* y en el otro se encuentra sujeto al tambor.

Estructura de desplazamiento: También denominado castillo, es la cúspide de la estructura del pozo, desde su cima, se soporta la caseta donde se encuentra instalada la polea que dirige el movimiento del cable. Está compuesto de una estructura vertical y una estructura inclinada, que sirve para sostener la torre vertical y contrarrestar la tensión de los cables. Esta estructura puede ser de madera o acero y debe respetar los reglamentos de seguridad existentes en la compañía [3].

1.2. Marco teórico

Las elevadoras o winches con tambores de acero de gran capacidad son equipos específicos de la industria minera en socavón [4]. En Colombia, estas aplicaciones se ven reflejadas en la minería aurífera de los municipios de Remedios y Segovia, donde estos equipos fueron diseñados e instalados por la empresa Frontino Gold Mines hace más de 100 años [5].

Con los cambios tecnológicos y las nuevas aplicaciones mineras estos equipos vienen en una constante modernización bajo la operación de Gran Colombia Gold [3] y el Grupo Empresarial DAMASA [6] que operan en la región.

Con estos cambios se busca que los equipos sean más versátiles y fáciles de instalar, realizando su

fabricación con secciones o partes móviles. Además, se busca reemplazar sistemas antiguos de transmisión de potencia como las “Catalinas” por reductores de velocidad compactos, que exhiban un mayor rendimiento y seguridad.

En minería, una elevadora de personal - ver Figura 1 – es un equipo que cumple la función de transportar personal por un plano inclinado; normalmente estos equipos están compuestos por nueve componentes fundamentales, que pueden variar en su diseño o forma, a saber: Variador, Sistema de control, Motor eléctrico, Reductor de velocidad, Acoples, Sistema de frenos, Tambor, Cable acerado y *Skip*. (Figura 2)



Figura 1. Elevadora de Personal Mina El Silencio.

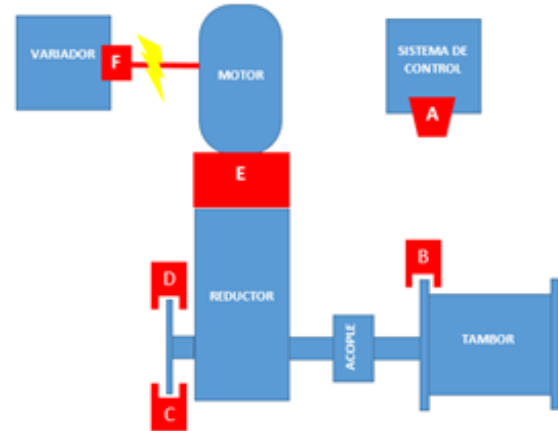


Figura 2. Esquema de Componentes Elevadora Personal. A) Accionador “Hombre muerto”, B) Freno electromagnético de emergencia, C) Freno disco reductor, D) Freno disco reductor, E) Freno de servicio, F) Variador de velocidad.

El componente que enrolla el cable en este tipo de elevadoras está constituido por 5 piezas fundamentales como los son el soporte de rodamientos, rodamientos, acoples, eje y tambor.

Este componente soporta gran parte de los esfuerzos transmitidos por el cable y el peso combinado del personal y el *Skip*, los cuales causan un deterioro significativo en su estructura e integridad, es por esto por lo que se propone un diseño mejorado y las actividades para el cambio de dicho tambor.

1.2.1. Tambor elevador

Los tambores para enrollar cables de acero son elementos que varían considerable con respecto a su aplicación o necesidad, sin embargo, su principio de fabricación y cálculos para determinar el material de construcción y dimensionamiento son básicamente los mismos.

Estos podrían ser clasificados en 3 categorías así:

1.2.1.1. De acuerdo con su construcción

Tambor fundido para cable

Como se observa en la Figura 3, estos son utilizados normalmente en aplicaciones pequeñas, donde sea fácil su construcción y manipulación, además de no tener capacidad para grandes longitudes de cable.

Tambor para cable, soldado y pernado

Utilizados en construcciones de gran capacidad, ver Figura 4. Fabricados con láminas roladas soldadas entre sí o con anillos de sujeción o flanges pernados.



Figura 3. Tambor de cable, ONEREEL Tomado



Figura 4. Tambor de elevadora soldado y pernado, Registro fotográfico NAVAR S.A.S

1.2.1.2. De acuerdo con la forma del cilindro

Tambor de cilindro liso

Utilizados en construcciones de gran capacidad, ver Figura 5. Necesita una polea adicional que ayude a guiar el cable enrollado, además, de mantener mínimo un (1) tendido de cable sin desenrollar el cual proporciona la guía para los tendidos superiores.



Figura 5. Tambor Telmaksan, TMS-SW

Tambor de cilindro ranurado

Utilizados en construcciones pequeñas, normalmente en tambores fundidos como se observa en la Figura 6. La envoltura del cable es mucho más sencilla desde el primer tendido y en algunos casos no es necesario usar polea.



Figura 6. Tambor Doco, Tambor M76-2860 SI (110170),

Tambor sin participación

Utilizados normalmente en aplicaciones fijas en lugares abiertos y con buen espacio, además

requieren de maquinaria y equipos especiales como como prensas para su desmontaje y montaje.

Cualquier fallo genera gran repercusión en la estructura debido a su rigidez. Las labores de mantenimiento o cambio de piezas como rodamientos o acoples generan un alto impacto por los tiempos de desmontaje y daños que pueda sufrir la estructura.

Tambor bipartido

Utilizado normalmente en aplicaciones fijas, pero en lugares con poco espacio o de difícil acceso, son relativamente fáciles de ensamblar una vez estén correctamente marcados y adecuadamente maquinados.

La estructura en general soporta o admite algunas holguras y ajustes. Las labores de mantenimiento o recambio de piezas, como rodamientos o acoples, son más sencillas ya que no resulta necesario desmontar todas las piezas.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

2.2. Métodos

En vista de que actualmente no existe una norma que rijan el diseño de elevadores de tambor para aplicaciones mineras y con el fin de encontrar una solución de diseño para el sistema propuesto, se encuentra apoyo en normas internacionales enfocadas a sistemas similares como los son la ASME A17.1, Safety Code for Elevator and Escalators; ASME B30.7, Base-Mounted Drum Hoist; ANSI A10.5; Safety Requirements for material Hists; EN 81.1, Safety rules for the

construction and installation of lift. Las cuales se centran en diseño de sistemas para transporte de personal y/o materiales, a través del enrollamiento de un cable en un tambor, como lo son los ascensores, elevadores eléctricos, hidráulicos o neumáticos, grúas móviles, puentes grúa o tecles, entre otros.

Se tomaron como referencias adaptaciones de otros tipos de tambores, para permitir que el equipo fuera bipartido y poder mejorar el tiempo de instalación y optimizar los tiempos de mantenimiento e intervención del equipo.

Para esto, en la Tabla 1, se presentan los diámetros mínimos recomendados para tambores de malacates, que son una guía para la selección para el diámetro del tambor. Diámetros mínimos recomendados de acuerdo con el número de capas del cable puestas sobre este [7].

Tabla 1. Diámetro mínimo de tambores en función del número de capas enrolladas

Diámetro del cable en pulgadas	No. De capas de cable				
	1	2	3	4	5
	Diámetro del tambor (mínimo) pulg.				
1/2	12	16	21	28	38
5/8	15	20	27	35	45
3/4	18	24	32	42	54
7/8	21	28	37	49	63

Para determinar el número de capas, se tiene en cuenta la longitud total del cable que será enrollado y el ancho y diámetro del tambor. Donde “la longitud del cable enrollado es igual a la suma de la longitud del apique y la longitud equivalente a dos capas de enrollamiento en el tambor, las cuales son reglamentarias para evitar los esfuerzos de aplastamiento en el tramo útil del cable y para suplir los cortes de inspección” [7].

Además, en la Tabla 2 teniendo en cuenta la solicitud de carga que debe soportar el cable, se presenta una guía de selección.

Tabla 2. Carga de rotura en función del diámetro del cable de acero

Diámetro Cable		Carga de Rotura Nominal					
		Alma de Acero			Alma de Fibra		
Pulg.	mm.	U.S. Tons.	Ton. Métrica	KN	U.S. Tons.	Ton. Métrica	KN
1/4	6,35	3,40	3,08	30	2,95	2,68	26
5/16	8	5,27	4,78	47	4,58	4,15	41
3/8	9,5	7,55	6,85	67	6,56	5,95	58
7/8	11	10,2	9,25	91	8,89	8,06	79
1/2	13	13,3	12,1	118	11,5	10,4	102
9/16	14,5	16,8	15,2	149	14,5	13,2	129
5/8	16	20,6	18,7	183	17,9	16,2	159
3/4	19	29,4	26,7	262	25,6	23,2	228
7/8	22	39,8	36,1	354	34,6	31,4	308
1	26	51,7	46,9	460	44,9	40,7	399
1 1/8	29	65,0	59,0	578	56,5	51,2	503

2.3. Consideraciones Técnicas Para El Modelado

Para el modelado en 3D del tambor se tuvieron en cuenta las medidas constructivas requeridas para la solicitud de la aplicación del tambor, como lo son la capacidad de cable y de carga. Con las medidas tomadas se realizan los modelados en AUTOCAD [8], [9], incluyendo diseños de

tambores bipartidos haciendo las respectivas simulaciones de ensamble [10].

Posteriormente, la modelación se importó al software Cura [11], donde se realizaron los respectivos ajustes de impresión para ser ajustados a una escala conveniente (1:23), teniendo en cuenta factores como material de impresión (PLA), altura de capa (0.2mm), grosor

de las paredes (1.2mm), densidad de relleno (25%), patrón de relleno (ZigZag), temperatura de la boquilla (200°C), temperatura de la cama (60°C), velocidad de impresión (50mm/s), para esta impresión se utilizaron soportes adheridos a la cama ya que este es el más adecuado por la forma geométrica del modelo, ángulo de voladizo (60°), el tipo de adherencia de la cama o placa utilizado fue la Falda, esta consiste en primero generar una impresión alrededor del modelo antes de iniciar con la impresión, ver Tabla 3, para finalmente ser impresa en la ANYcubic i3 (Ver Apéndice C).

Se corroboró además que las piezas no superasen las dimensiones mínimas de los apiques o caminos para garantizar su ingreso y correcta instalación.

Una vez realizados los planos acordes a las medidas operacionales y de dimensiones de armado, se plantean las actividades de armado del tambor comprendidos en 5 pasos fundamentales así: (Ver Apéndice F)

1. **Eje:** se ensambla en caliente el acople que va al reductor y se instalan los rodamientos ajustándolos en su posición con los manguitos de fijación.
2. **Cilindro:** armado de las dos mitades del cilindro, sujetadas con las platinas de ensamble.
3. **Laterales:** Se instalan los acoples uniendo las dos mitades de los discos laterales, posteriormente se procede a montar el disco de freno en una de las laterales para

finalmente asegurarlas por medio de los ángulos de sujeción.

4. **Ensamble:** Se instala una lateral al cilindro por medio del acople, luego se introduce al eje hasta el posicionamiento del acople sobre el cuñero del eje, para finalmente instalar la segunda lateral asegurando por medio del acople al cilindro y por el cuñero al eje.
5. **Montaje:** Se realiza el montaje del ensamble apoyando los rodamientos en las chumaceras fijas de la base para luego acoplar con el reductor y realizar alineación.

Tabla 3. Ajustes de impresión modelo 3D.

Escala	1:23
Material	PLA
Altura de capa	0,2 mm
Grosor de las paredes	1,2 mm
Densidad de relleno	25%
Patrón de relleno	ZigZag
Temperatura de la boquilla	200°C
Temperatura de la cama	60°C
Velocidad de impresión	50mm/s
Tipo de soporte	Adherido a la cama
Ángulo de Voladizo	60°
Tipo de Adherencia	Falda

El tiempo estimado para la impresión con los parámetros anteriormente seleccionados fue de aproximadamente seis (6) horas y ocho (8) minutos, así mismo el software nos permite conocer la cantidad total de filamento para esta configuración que en este caso es de 18.44m lo que equivale a 55g de PLA, esta impresión tuvo un costo de \$4.000 COP, posteriormente se realizan acabados finales al prototipo modelado

para ver así la funcionalidad tangible del modelo a escala (Ver Apéndice D).

2.3.1. Recolección de información

Se llevó a cabo la recolección de información con los empleados de mantenimiento de este equipo [12]. El nuevo tambor permite mejorar la funcionalidad del equipo, obteniendo una parada corta y a su vez, se mejore la eficiencia a la hora de realizar los mantenimientos del equipo. Se realizarán también entrevistas al personal que la ópera, a quienes realizan los mantenimientos, así como a quienes se transportan en ella y además de solicitar documentos de reporte de daños e incidentes en su funcionamiento, con el fin de extraer los datos que puedan aportar al desarrollo del proyecto.

La información requerida para la ejecución del proyecto se recolecta mediante la observación de los procesos de funcionamiento de la elevadora.

2.3.2. Dimensionamiento del tambor actual

Se realizaron bosquejos preliminares para la propuesta de adaptación del nuevo tambor, y la toma de medidas en sitio del tambor actualmente instalado, luego se comparó con los planos digitales para poder así verificar las medidas y por último realizar una nueva toma de medidas que garantizaron la acotación correcta.

2.3.3. Propuesta y evaluación de alternativas de diseño

Se plantea un tipo de propuesta de diseño para el tambor de la elevadora de la mina El Silencio, buscando de esta manera las mejoras que mejor

se adapten a las limitantes técnicas del mantenimiento y dimensionales con respecto a su transporte e instalación.

2.3.4. Modelado del tambor propuesto

Se modeló en el software AutoCAD permitiendo demostrar las mejoras generadas con este nuevo diseño. Además, se realizó un estudio del tambor teniendo en cuenta las necesidades operacionales de la compañía, como la reducción de costos y tiempos de mantenimiento del equipo.

2.3.5. Fabricación de prototipo a escala

Impresión 3D del modelo realizado en AutoCAD, tomando los planos del software, que posteriormente fue adaptado a la impresora 3D ANYcubic i3 Mega S. Consecutivamente se realizó el pulimento de las piezas que permitió tener de manera visual y tangible las posibles ventajas de la nueva propuesta de tambor seleccionado.

Para la ejecución del proyecto fue necesario contar con equipos de medición como calibradores y flexómetros. Así mismo, se hizo necesario un equipo de cómputo de 16 GB de memoria RAM, con el fin de obtener mayor fluidez en la ejecución del software AutoCAD. Además, la impresión 3D se realizó en – escala 1:23 – ya que esta era la más apropiada para la impresora que se tenía disponible, requirió un software de corte, también llamado laminador, para convertir el modelo 3D en un archivo de código G que proporcione a la impresora 3D todas las instrucciones necesarias.

2.3.5.1. Software

AutoCAD: es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.

CURA: es una aplicación diseñada para impresoras 3D, en la que se pueden modificar los parámetros de impresión y después transformarlos a código G.

2.3.5.2. Equipos

Impresora 3D ANYcubic i3 Mega S: usa el software CURA para convertir archivos a formato gcode.

Material PLA para impresión: El filamento PLA (ácido poliláctico), es un termoplástico fabricado a base de recursos renovables como el almidón de maíz, raíces de tapioca o caña de azúcar. A diferencia de otros materiales de la industria hechos principalmente a base de petróleo.

Todos los recursos para la consecución del proyecto fueron otorgados por los proponentes y la Universidad Antonio Nariño.

3. RESULTADOS

Desarrollo personal de habilidades investigativas que permitan la generación de informes que respalden el proyecto, beneficiando al estudiante en las competencias de generación de investigación científica.

Diseño de tambor para el sistema de elevación con cada uno de sus componentes, validando que satisfagan la necesidad de la compañía.

Garantizando total seguridad y estabilidad estructural de cada elemento que lo conforma, de manera que opere bajo las premisas establecidas cumpliendo su vida útil con planeamientos de mantenimiento preventivo (Ver Apéndice E).

Fortalecimiento de lazos industria - academia, lo cual es indispensable para permitirle a los futuros egresados de la Universidad Antonio Nariño, específicamente de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería un acercamiento con el ambiente laboral, donde puedan enfrentarse a problemas reales de la industria en los cuales, para llegar a la solución, deban aplicar y poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el proceso formativo como potenciales ingenieros.

Desarrollo de habilidades comunicativas que permitan al estudiante poseer competencias y habilidades en la redacción del documento final del proyecto de investigación y fortalecimiento en las expresiones orales y habilidades para justificar o exponer el proyecto.

De acuerdo con los objetivos planteados se resumen a continuación los principales aportes en relación a cada uno de los objetivos

4. DISCUSIÓN

Para los sistemas de elevación por medio de cables de gran magnitud para aplicaciones como la minería podemos plantear que no se tiene un estándar o norma específica para esto, más bien las propuestas de diseño o adaptaciones a este tipo de equipos está ligado al análisis y verificaciones de sus componentes independientes como la

resistencia de los materiales, análisis de funcionalidad y asociación de estos con literatura y normas para cada uno.

Los modelos tridimensionales actualmente son una herramienta muy eficiente para la elaboración de prototipos asociados a cambios de diseño en equipos mecánicos, sobre todo los que son de mayor magnitud y estos cambios o mejoras conllevan un alto costo para la operación. Para la elaboración de estos modelos físicos es necesario la creación de planos CAD y software especializado, lo que requiere conocimientos previos en dibujo técnico y manejo de software.

Las mejoras técnicas consideradas para realizar adecuaciones a sistemas mecánicos, siempre irán ligadas a los requerimientos internos o específicos de la compañía, a su vez que el contexto operacional del equipo proporciona la información y detalles de cómo se debe comportar este con respecto a la información previa y poder prever sus mejoras o limitaciones al implantar dichas modificaciones.

5. CONCLUSIONES

Se diseñó el prototipo del sistema elevación de transporte de personal de la mina el Silencio, validando que el estado actual satisfaga la necesidad presente de la compañía, la cual consiste en transportar personal garantizado total seguridad en su trayecto y la estabilidad estructural de cada elemento que lo conforma, teniendo como prioridad la el funcionamiento de los frenos de emergencia electromagnéticos dentro de los parámetros óptimos establecidos

por el fabricante de estos; en cuanto a tolerancia de desplazamiento y área de contacto entre las pastillas de freno y el disco bipartido.

Mediante el software AutoCAD, se modeló el sistema, desarrollándose todos los planos (Ver Apéndices A y B), garantizando la dimensión adecuada de los diferentes elementos a utilizar.

Se recomienda implementar simulaciones computacionales con el fin de validar la propuesta de diseño de adaptación del tambor del sistema de elevación para transporte de personal de la mina El Silencio.

Se fabricó un prototipo a escala utilizando software CURA e impresión 3d con filamentos PLA, teniendo a si una ayuda didáctica para simular la instalación y desarme del tambor. Ver apéndice C y D.

REFERENCIAS

- [1] C. Medina, Percepción de la responsabilidad social empresarial de la minera gran Colombia gold en el municipio de Segovia, Antioquia. EAFIT, Medellín, ANT, Colombia, 2020 [En línea] Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/17515/CesarAugusto_MedinaAgudelo_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- [2] Función Pública Colombia (2015, Sep 21). Decreto 1886 de 2015 “Por el cual se establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas”, [En línea] Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65325> [Accedido: May. 31, 2021]
- [3] Gran Colombia Gold, Operaciones Segovia y Remedios, Gran Colombia Gold, [En línea] Disponible en:

<https://www.grancolombiagold.com.co/segoviaremedios>

<https://ultimaker.com/es/software/ultimaker-cura>

- [4] I. Ricse, Rediseño del sistema de izaje para mejora del rendimiento de extracción, UNCP, Huancayo, JUN, Perú, 2019 [En línea] Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5603/T010_%2045670734_%20T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [5] H. Ernst, Aparatos de elevación y transporte. Tomo 2, Barcelona: Blume, 1969.
- [6] Grupo Empresarial DAMASA, Quiénes somos, DAMASA, [En línea] Disponible en: https://damasa.com.co/quienes_somos
- [7] S. Palacio y P. Angarita, Diseño De Un Sistema De Elevación Para Transporte De Personal En La Mina Providencia De La Compañía Grancolombiagold, UTP, Pereira, RIS, Colombia, 2019 [En línea] Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/9848/T621.87%20A581.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] AutoCAD. (2022). Autodesk. [En línea] Disponible en: <https://www.autodesk.es/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- [9] D. Martín, J. Costafreda, A. Marín, y A. León, Curso básico de dibujo con AutoCAD. Madrid: Fundación Gómez - Pardo, 2017. [En línea] Disponible en: https://oa.upm.es/50865/1/Curso_AutoCAD.pdf
- [10] C. Rodríguez, Parametrización y modelización de elementos mecánicos mediante lenguaje de programación en AUTOCAD, UL, y ESTIM, León, LE}, España, 2016 [En línea] Disponible en: https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/5654/sep2016_energia_71444360N.pdf;jsessionid=13F8430CB4111B322FC9AC0D2953A59E?sequence=1
- [11] Ultimaker Cura 4.11. (2021). Ultimaker. [En línea] Disponible en:
- [12] Grupo Empresarial DAMASA. Base de Datos Empleados. Bases de Datos 1 de junio de 2020.

APÉNDICES

APÉNDICE A. Dimensiones del tambor actual de elevadora de personal Mina El Silencio (medidas generales)

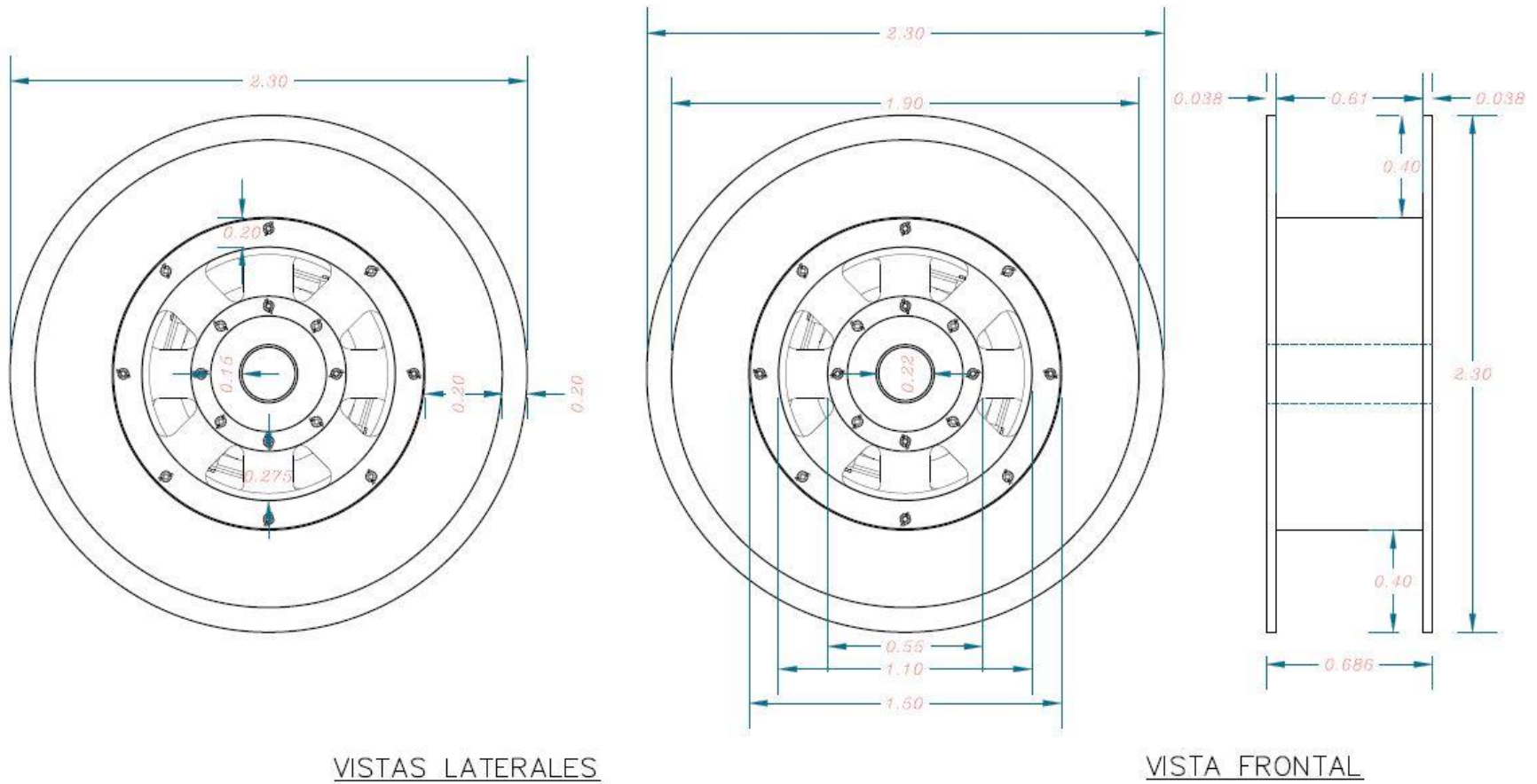
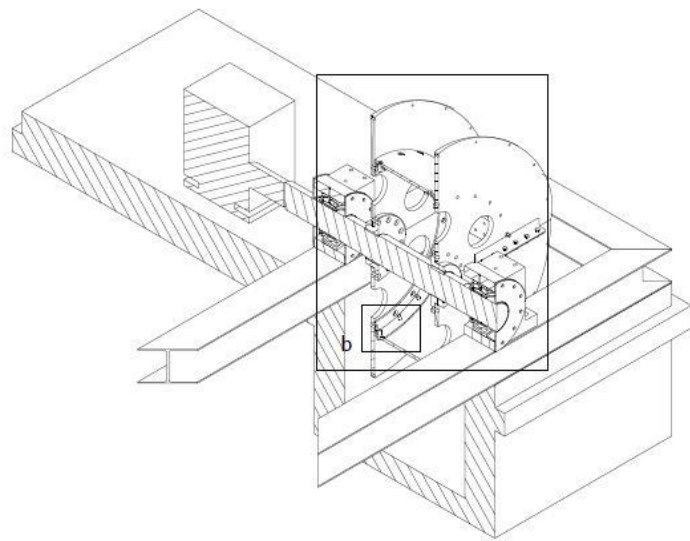


Figura 7. Dimensiones Generales del Tambor actual.



Figura 8. Estado actual del Tambor de la mina El Silencio.



PESO APROX 4060 Kg

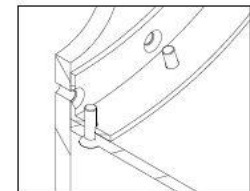
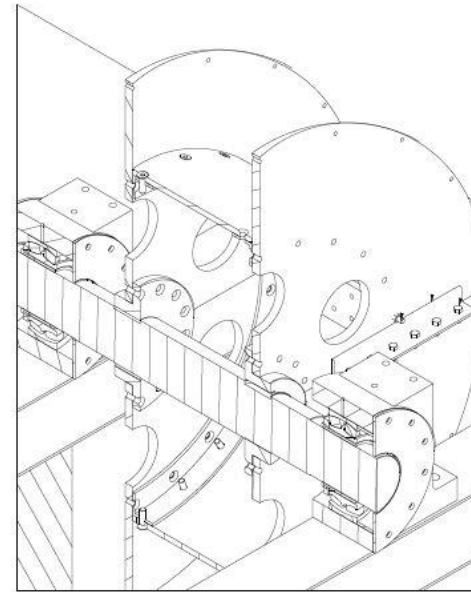
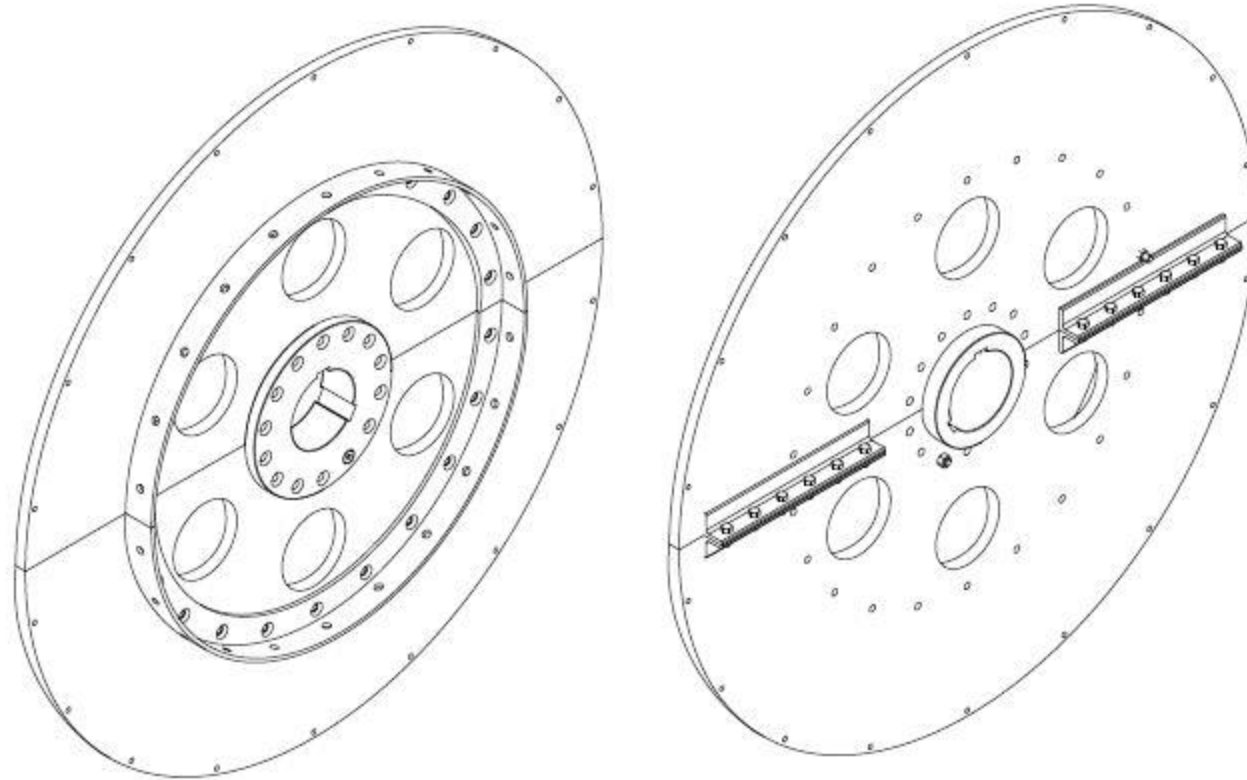


Figura 10. Plano seccionado tambor bipartido.



Angulo 3 x 3 x 1/2in

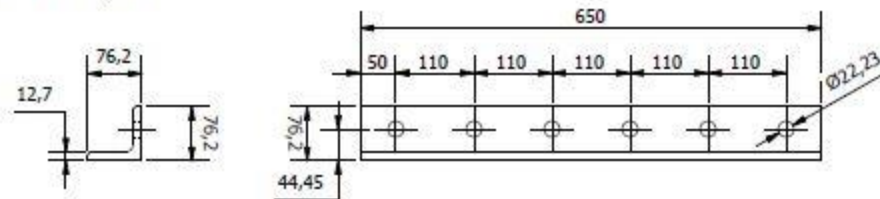


Figura 71. Dimensiones de laterales.

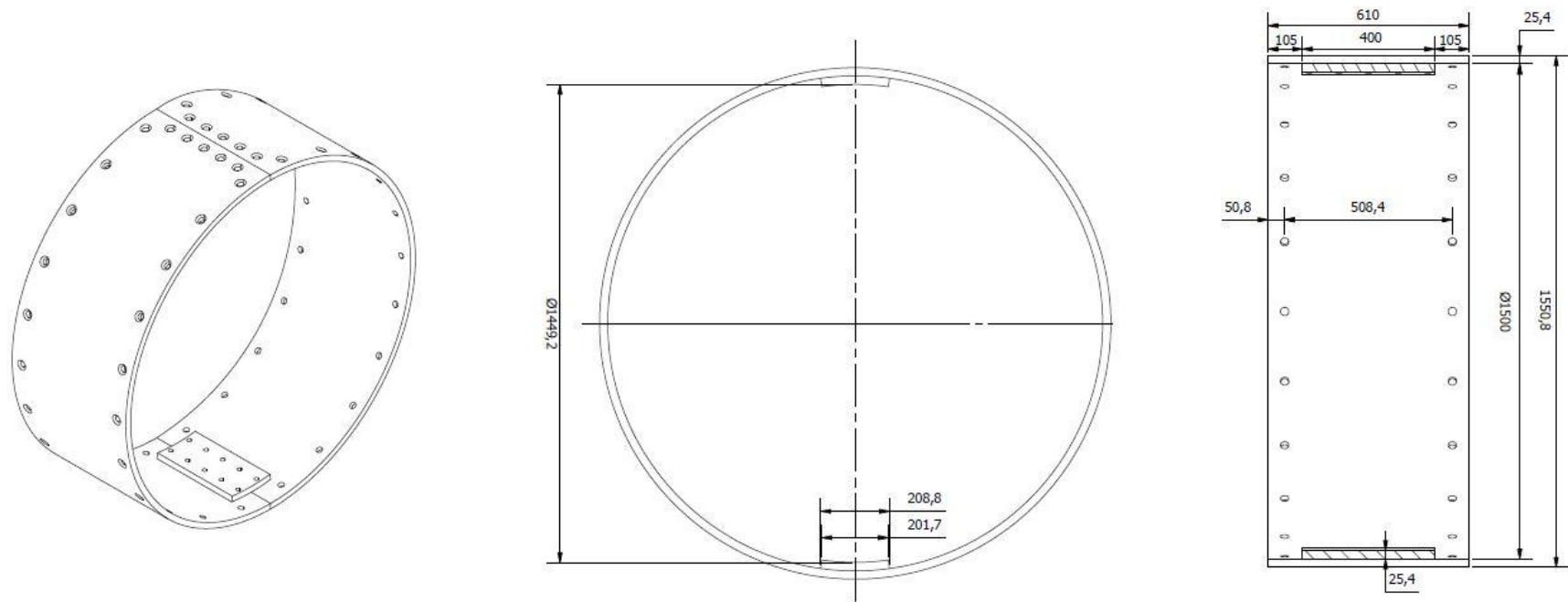


Figura 12. Dimensiones de las mitades del tambor bipartido.

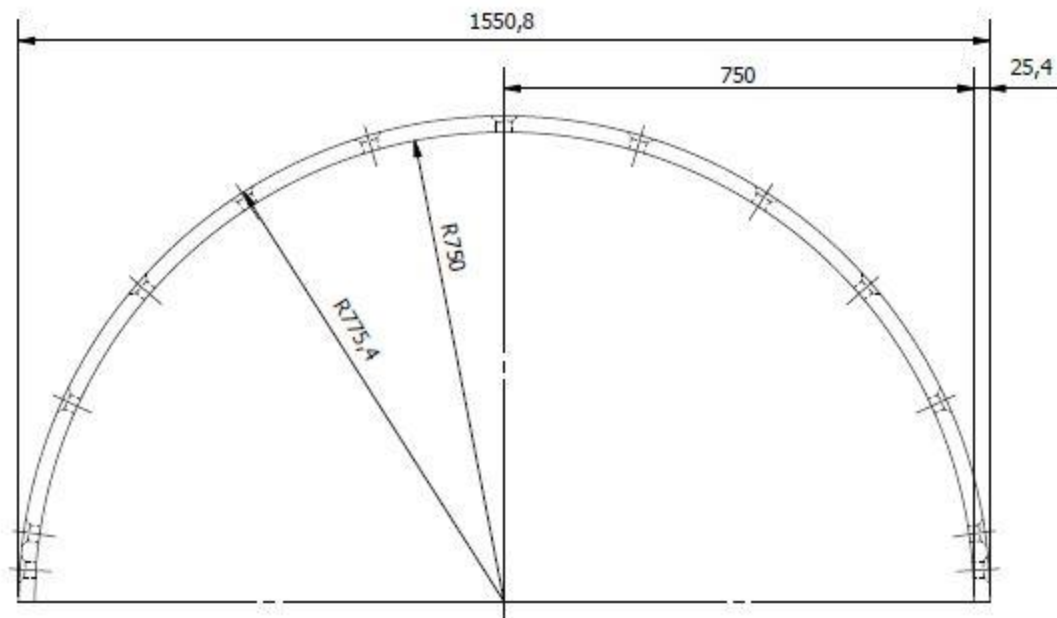


Figura 83. Dimensión general mitad del tambor bipartido.

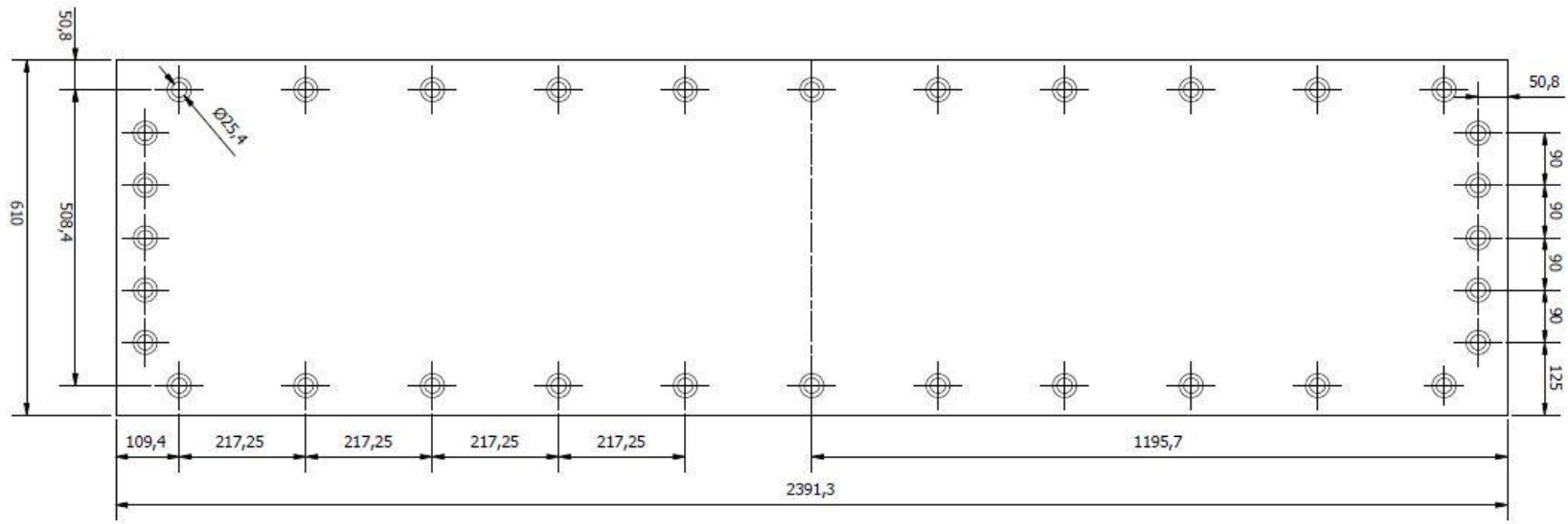


Figura 94. Dimensión general mitad del tambor bipartido.

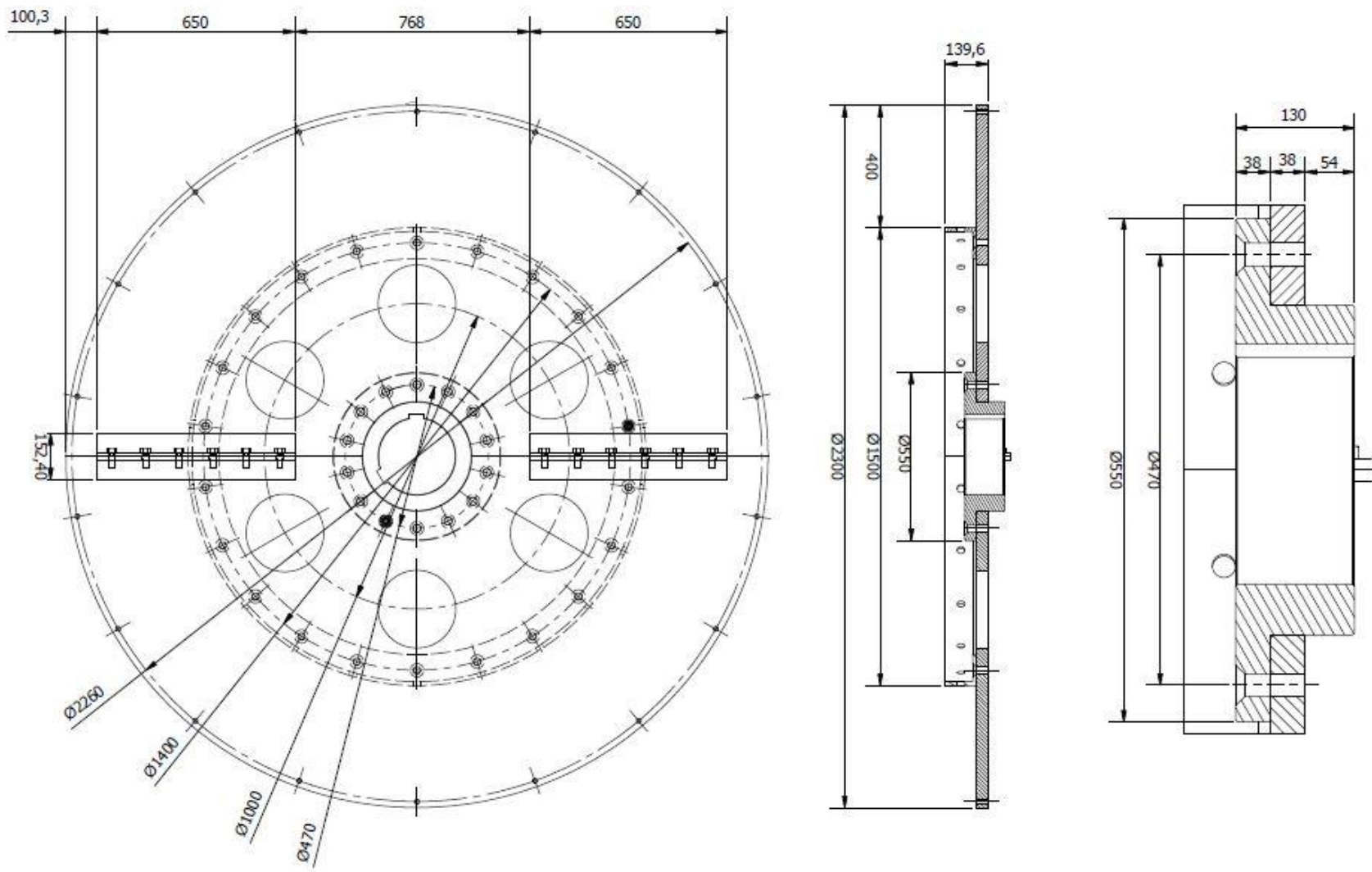


Figura 105. Lateral del tambor partido seccionada.

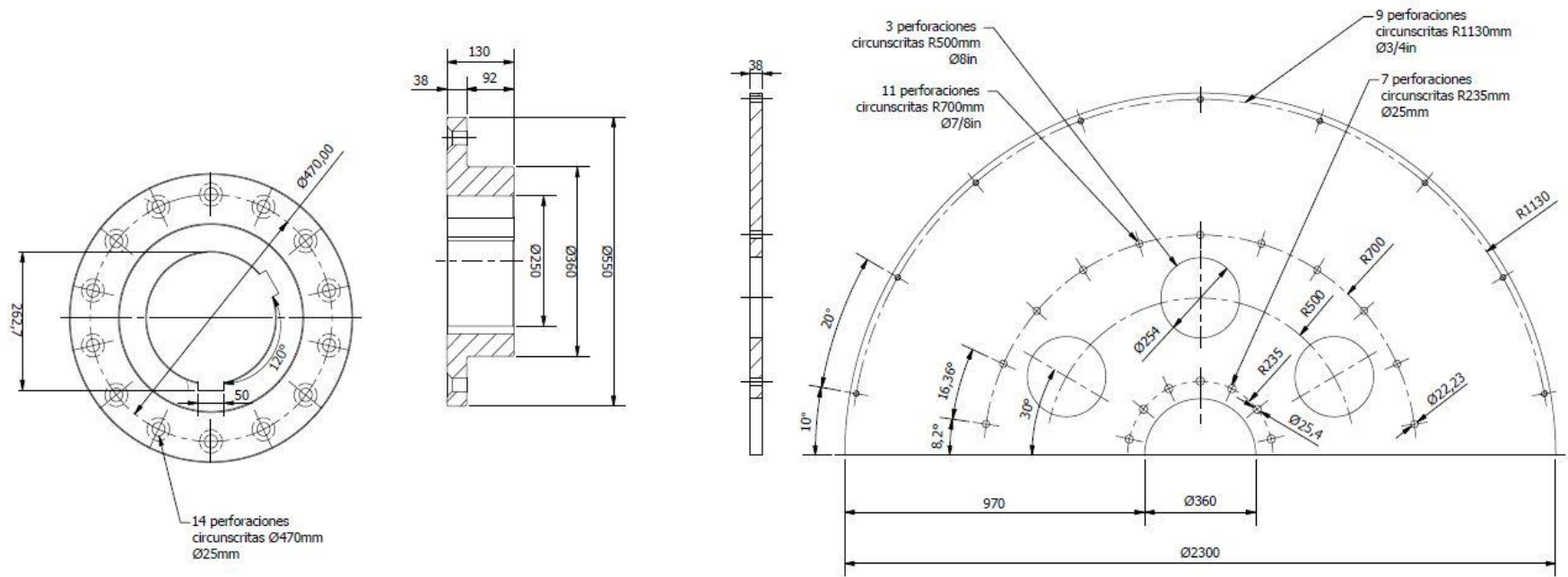


Figura 16. Dimensiones generales acople de eje para el tambor bipartido.

APÉNDICE C. Proceso de impresión modelo 3D impreso en PLA.

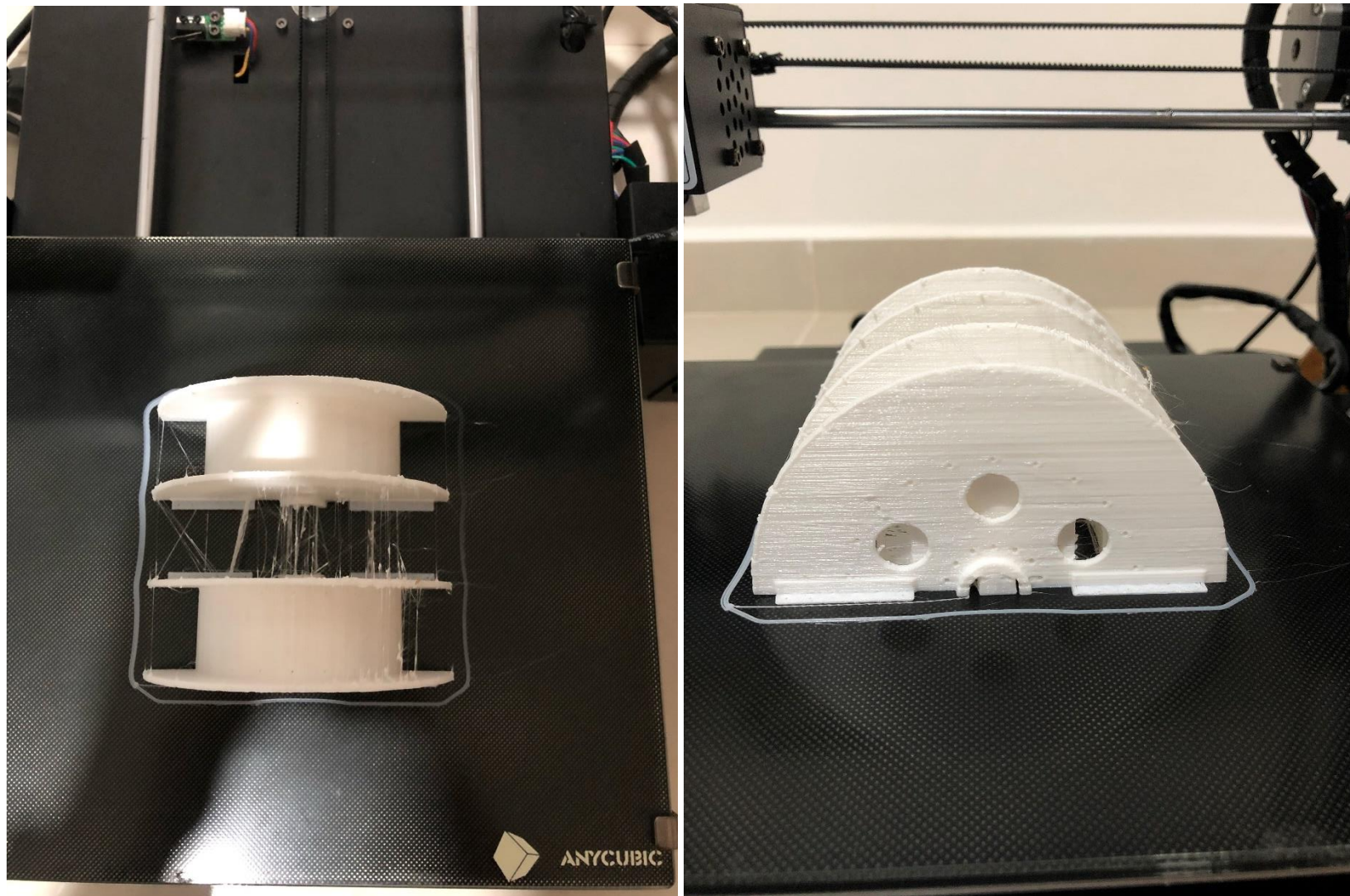


Figura 17. Proceso de impresión modelo a escala (1:23) del tambor bipartido en PLA.

APÉNDICE D. Impresión del modelo 3D finalizada.

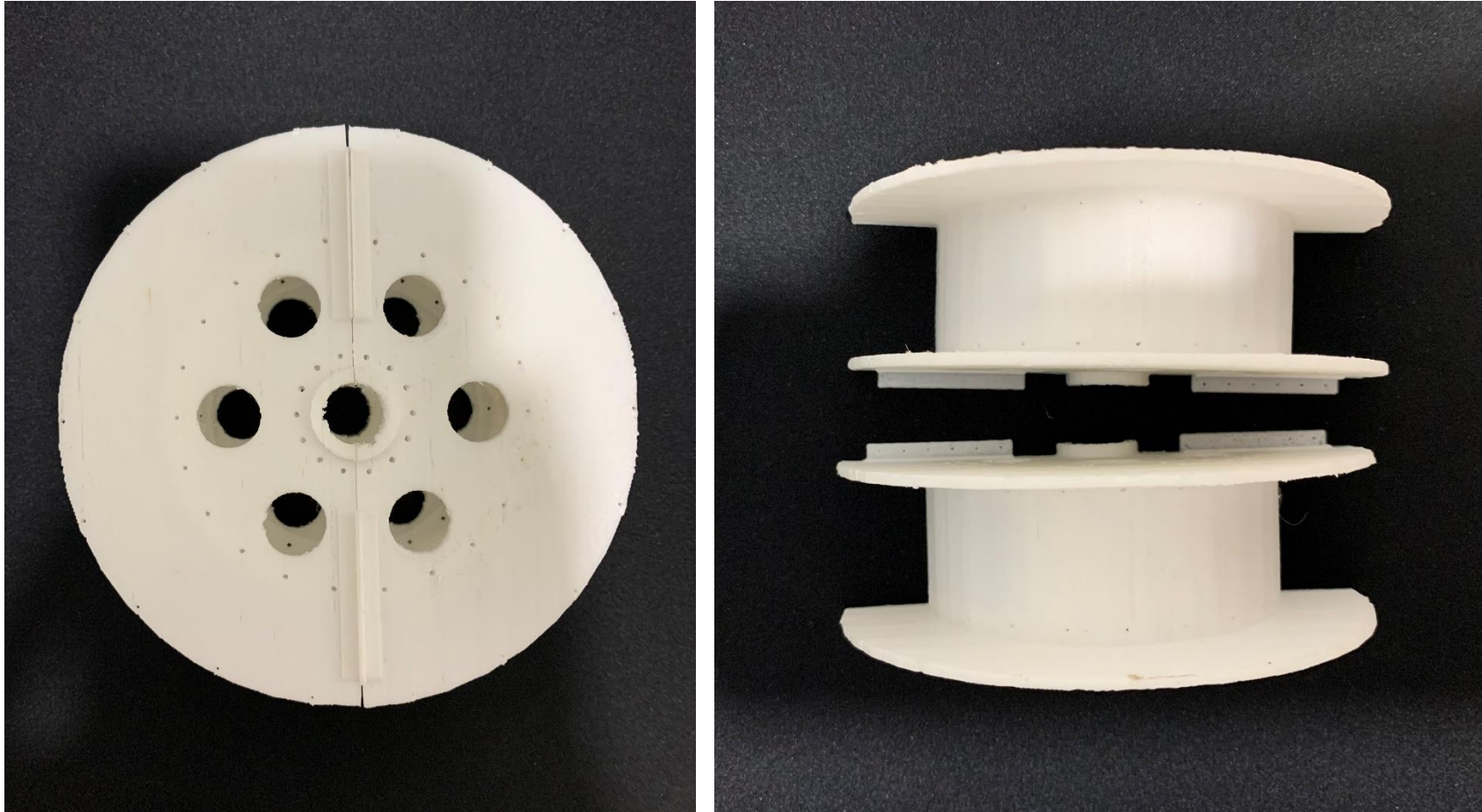


Figura 18. Modelo a escala del tambor bipartido finalizado.

APÉNDICE E. Check-list antes de iniciar la operación.

FORMATO DE MANTENIMIENTO																	
Nombre Personal																	
PREDICTIVO					PREVENTIVO												
Descripción				Estado	Descripción				Estado								
#	LUBRICACIÓN				#	LUBRICACIÓN											
1	Revisión de fugas y aceite hidráulico a la botella del freno				B	R	M			1	Lubricar los rodamientos del motor				S	N	N/A
2	Revisión de fugas y aceite al reductor				B	R	M			2	Adición de aceite hidráulico a la botella del freno				S	N	N/A
3	Revisión de fugas y aceite al freno del tambor				B	R	M			3	Adición de aceite al reductor				S	N	N/A
										4	Lubricar los rodamientos del reductor				S	N	N/A
										5	lubricar rodamientos del eje de tambor				S	N	N/A
										6	Lubricar cable de acero del tambor				S	N	N/A
MECÁNICAS					MECÁNICAS												
1	Inspeccionar guarda de protección en el motor.				B	R	M			1	Ajustar tornillería de la base del motor				S	N	N/A
2	Chequear temperatura y estado del motor.				B	R	M			2	Ajustar guarda de protección en el motor				S	N	N/A
3	Revisión de la piñonería.				B	R	M			3	Ajuste de los tornillos y cauchos de la volante				S	N	N/A
4	Revisión de las pastas del freno de tambor.				B	R	M			4	Cambio de las pastas de freno de tambor				S	N	N/A
5	Revisión de pastas del freno de la volante.				B	R	M			5	Cambio de pastas de freno de volante				S	N	N/A
6	Inspección de diámetro del cable de acero del tambor.				B	R	M			6	Ajuste de tornillería de la base del reductor				S	N	N/A
7	Inspección del estado interno, externo del cable del acero.				B	R	M			7	Ajuste del acople y la volante.				S	N	N/A
8	Revisión de rodamientos y sellos del reductor				B	R	M			8	Ajuste de tornillos de laterales del tambor				S	N	N/A
9	Revisión de ajustes de rodamientos del eje de tambor				B	R	M			9	Ajuste de tornillos de cilindro de tambor				S	N	N/A
10	Análisis de vibración y alineación				B	R	M			10	Ajuste de tornillos de juntas internas de tambor				S	N	N/A
										11	Ajuste de manguito de fijación de los rodamientos del eje de tambor				S	N	N/A
										12	Ajuste de tornillos de soportes de los				S	N	N/A

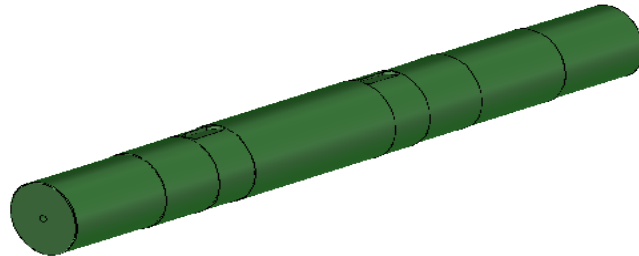
				rodamientos del eje de tambor			
Hora Inicio		Hora Fin		Hora Inicio		Hora Fin	
Inicio Paro		Fin Paro		Inicio Paro		Fin Paro	
Firma Encargado							

Figura 19. Formato de mantenimiento predictivo y preventivo. (Elaboración propia)

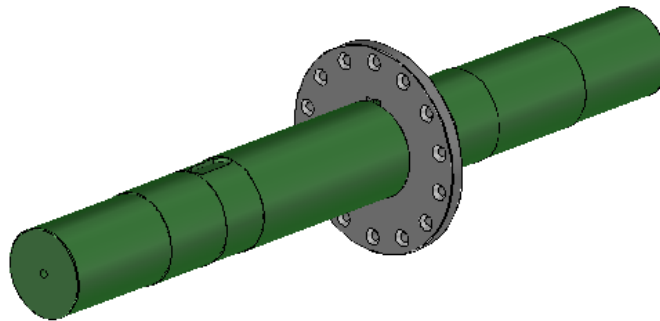
APÉNDICE F. Manual de ensamble tambor bipartido.

Manual de Ensamblaje Tambor Bipartido.

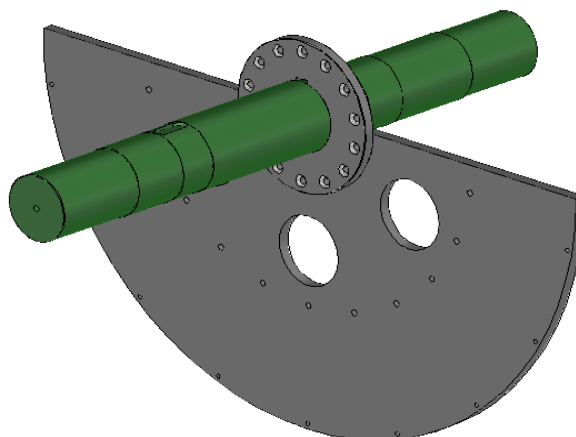
1. Tomar el eje.



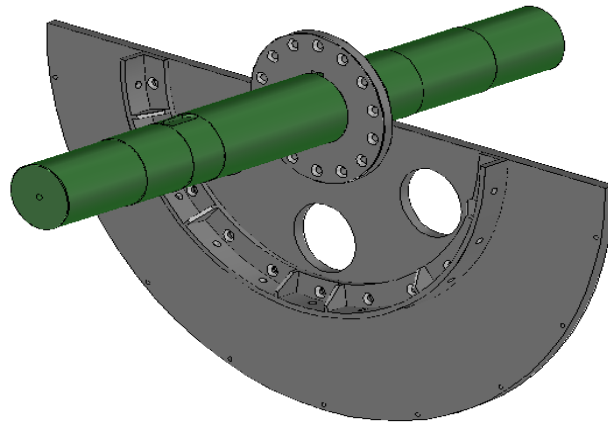
2. Ensamblar los acoples de los laterales, introduciendo el acople al eje llevándolo hasta la posición del cuñero.



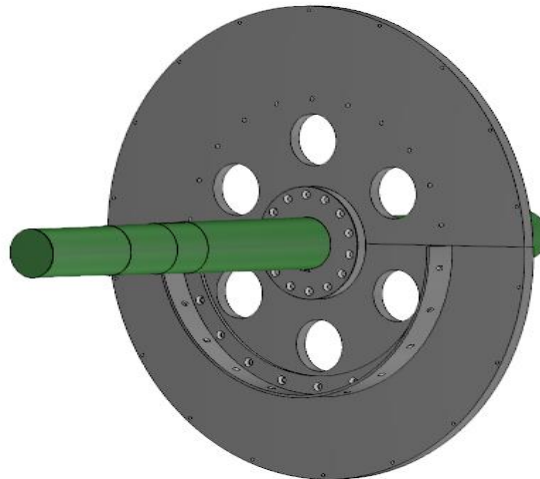
3. Montar la primera mitad del lateral.



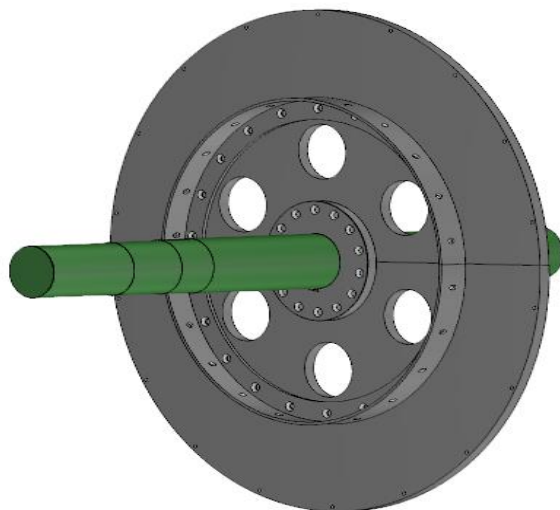
4. Instalar los soportes de los laterales y el cilindro.



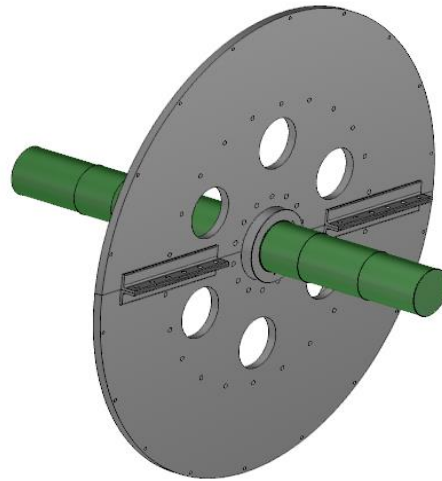
5. Montar la segunda mitad del lateral.



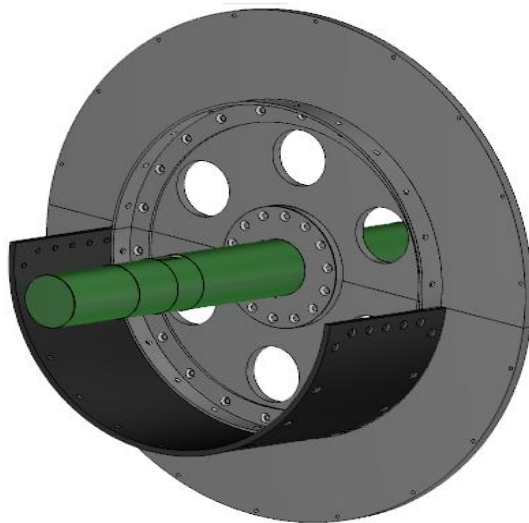
6. Instalar los soportes de los laterales y el cilindro de la segunda mitad.



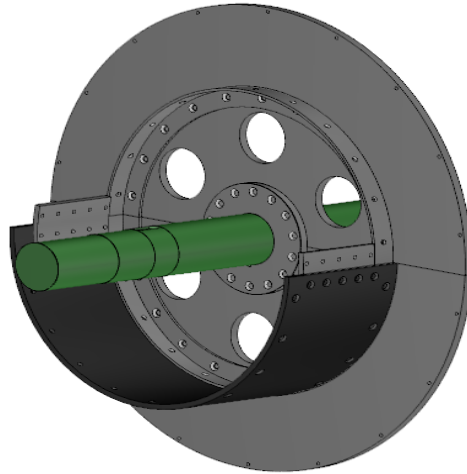
7. Instalar las juntas externas para acoplar las dos mitades de los laterales.



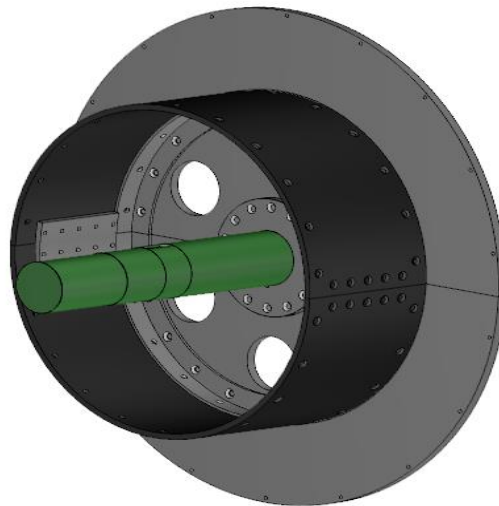
8. Instalar la primera mitad del cilindro.



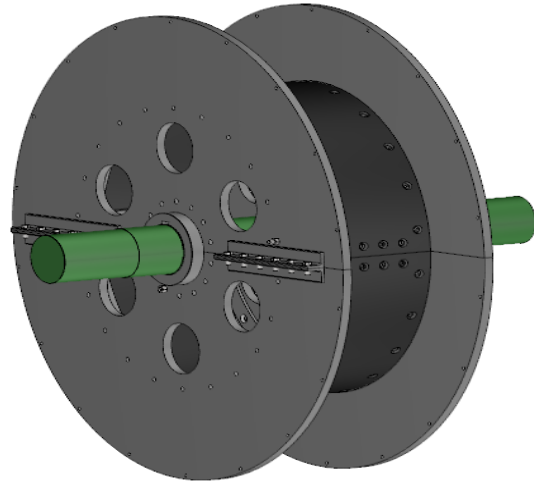
9. Instalar las juntas internas del cilindro.



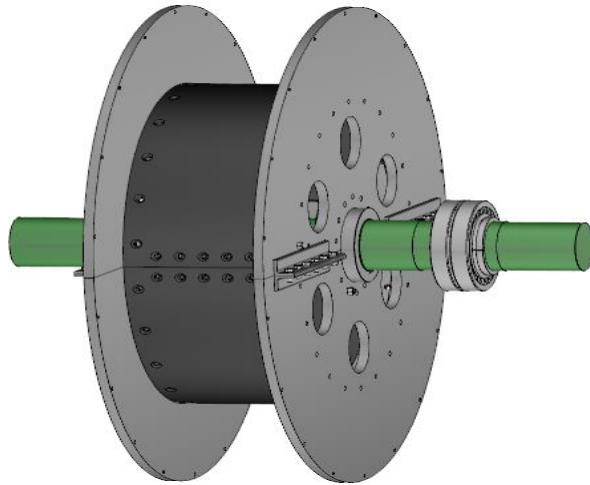
10. Instalar la segunda mitad del cilindro.



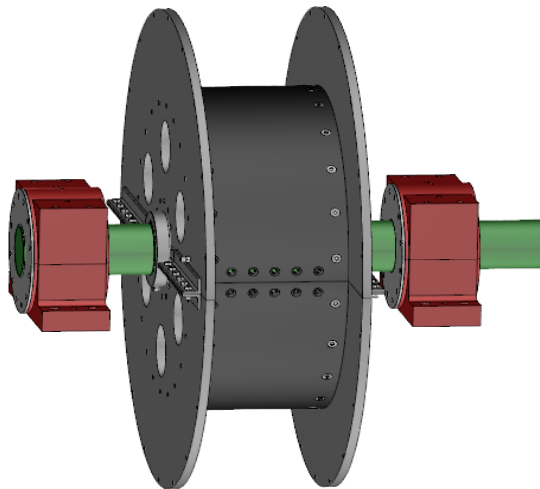
11. Instalar la segunda lateral siguiendo los pasos descritos en los puntos: 2, 3, 4, 5, 6, 7.



12. Instalación de rodamientos para montaje en soportes.



13. Montaje de soportes de rodamientos.



14. Montaje de tambor bipartido en zona de operación (apique cero).

