OPTIMIZACIÓN DE LA MATRIZ DE PARAMETRIZACIÓN DE DISEÑO PARA VEHÍCULOS CON CARROCERÍA TIPO CISTERNA PARA LA EMPRESA ALPECORP COLOMBIA S.A.S



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

CARLOS DANIEL BARRANTES GARAVITO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Facultad Tecnología

Ingeniería Mecánica

Bogotá D.C.

Septiembre 2024

OPTIMIZACIÓN DE LA MATRIZ DE PARAMETRIZACIÓN DE DISEÑO PARA VEHÍCULOS CON CARROCERÍA TIPO CISTERNA PARA LA EMPRESA ALPECORP COLOMBIA S.A.S



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

CARLOS DANIEL BARRANTES GARAVITO

MODALIDAD DE GRADO: PASANTÍA

PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO MECÁNICO

DIRECTOR INTERNO

ANDRÉS GUILLERMO GUASCA GONZÁLEZ

DIRECTOR EXTERNO

BRAYAN GIOVANNI MESA GALVIS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Facultad Tecnología

Ingeniería Mecánica

Bogotá D.C.

Septiembre 2024

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 6

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 7

1.1. Justificación. 7

2. OBJETIVOS. 8

2.1. Objetivo General. 8

2.2. Objetivos Específicos. 8

3. MARCO TEÓRICO. 9

3.1. Vehículos cisterna. 9

3.1.1. Componentes generales de una carrocería tipo cisterna. 10

3.1.2. Modelado de una carrocería tipo cisterna. 11

3.2. Certificación de camiones de bomberos. 12

3.3. Herramienta DriveWorksXpress. 13

3.4. Manual de usuario para carrocerías tipo cisterna. 13

3.5. Sistema de Gestión de Calidad (SGC) 14

4. METODOLODÍA DE DESARROLLO. 15

4.1. Modelado. 15

4.2. Recolección y análisis de los parámetros de diseño. 15

4.3. Sistema de cálculo para la cantidad de lámina a usar. 15

4.4. Creación del manual de usuario. 15

4.5. Gestionar cambios en el Sistema de Gestión de Calidad (SGC). 16

4.6. Informe Final. 16

5. DESARROLLO DEL PROYECTO. 17

5.1. Modelado. 17

5.2. Recolección y análisis de los parámetros de diseño. 26

5.3. Sistema de cálculo para la cantidad de lámina a usar. 36

5.4. Creación del manual de usuario. 39

5.5. Gestionar cambios en el Sistema de Gestión de Calidad (SGC). 40

6. CONCLUSIONES. 41

7. BIBLIOGRAFÍA. 42

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1 Vehículo de Bomberos tipo cisterna. 11
Imagen 2 Puerta tipo cortina.....17
Imagen 3 Puerta tipo panel.....17
Imagen 4 Carrocería 4 gabinetes, con gabinete sobre aplique frontal vista isométrica derecha. 19
Imagen 5 Carrocería 4 gabinetes, con gabinete sobre aplique frontal vista isométrica izquierda.....19
Imagen 6 Medidas generales carrocería. 20
Imagen 7 Plano para taller de carrocería.....20
Imagen 8 Plano de la soportería de la carrocería. 21
Imagen 9 Plano de 1 pieza que conforma la carrocería. 21
Imagen 10 Distribución de lámina para corte y doblez de la carrocería. 22
Imagen 11 Carrocería 4 gabinetes, con doble eje trasero vista isométrica izquierda. ...23
Imagen 12 Carrocería 4 gabinetes, con doble eje trasero vista isométrica derecha.....23
Imagen 13 Medidas generales carrocería.....24
Imagen 14 Plano para taller de carrocería.....24
Imagen 15 Plano de la soportería de la carrocería. 25
Imagen 16 Plano de 1 pieza que conforma la carrocería. 25
Imagen 17 Distribución de lámina para corte y doblez de la carrocería. 26
Imagen 18 Información del chasis. 27
Imagen 19 Datos generales de la carrocería.....27
Imagen 20 Datos generales del vehículo completo. 28
Imagen 21 Interfaz de usuario matriz de parametrización. 28
Imagen 22 Centro de cálculo de la matriz. 29
Imagen 23 Piezas de la 1 carrocería. 30
Imagen 24 Proceso de fabricación de la primera carrocería.....31
Imagen 25 Soportería de la carrocería. 31
Imagen 26 Proceso de Pintura y ensamblaje de la carrocería.....32
Imagen 27 Interfaz DriveWorksXpress. 33
Imagen 28 Base de datos DriveWorksXpress. 33
Imagen 29 Captura, configuración de planos y medidas. 34
Imagen 30 Formulario de diseño para nueva carrocería. 35
Imagen 31 Finalización de la automatización de la carrocería. 36

RESUMEN

El proyecto elaborado en la pasantía plantea la mejora de la matriz de parametrización de diseño para vehículos con carrocería tipo cisterna, para automatizar el proceso del área de dibujo y dar atención prioritaria de nuevos proyectos planteados en la empresa Alpecorp Colombia S.A.S. Con el avance de la investigación y el análisis se exhiben nuevas herramientas para dar cumplimiento a los objetivos propuestos y avanzar en nuevas tecnologías para facilitar procesos de revisión, emisión y desarrollo de los diseños en la construcción.

La matriz actual, diseñada para abarcar todas las carrocerías, no tiene en cuenta las particularidades de cada tipo de vehículo cisterna, lo que resulta en un sistema poco eficiente y no especializado. La carencia de información específica y la ausencia de tutoriales o guías de uso dificultan la interacción efectiva con la matriz. En este contexto, la mejora propuesta busca corregir estas limitaciones y optimizar el proceso de diseño, contribuyendo significativamente al desarrollo de carrocerías cisternas de manera más precisa.

Por otro lado, la creación de un manual de usuario detallado es esencial para garantizar que los usuarios, ya sean nuevos empleados, practicantes o trabajadores actuales, puedan comprender y utilizar eficientemente la matriz mejorada. Este manual servirá como una guía completa que abordará los aspectos técnicos y prácticos de la herramienta, facilitando su integración en el proceso de diseño de la empresa.

El proyecto planteado en la pasantía se presenta como una iniciativa integral y estratégica para mejorar la eficiencia del proceso de diseño de carrocerías cisternas en Alpecorp Colombia S.A.S.

Palabras Clave: Matriz, Parametrización, Cisterna, Diseño, Dibujo, Manual

INTRODUCCIÓN

La empresa Alpecorp Colombia S.A.S se dedica al diseño, mantenimiento, repotenciación y fabricación de vehículos de Bomberos; entre sus productos se sitúan los camiones tipo cisterna, fabricando aproximadamente al año 5 vehículos de dicho tipo, los cuales, se diseñan bajo los requerimientos de cada cliente y que por lo general recae en el cuerpo de bomberos de un municipio o en caso contrario de una empresa privada. Por tal razón, estos diseños resultan personalizados dando como resultado un vehículo único en cada ocasión. Acorde con esto, la empresa maneja un sistema de parametrización el cual ayuda a modificar las medidas generales de estas carrocerías como lo es el ancho, alto, largo, las cantidades y dimensiones de los gabinetes o compartimientos, y la cavidad para el alojamiento del tanque tipo cisterna, cediendo los detalles personalizados bajo fundamento del diseñador.

Para facilitar el proceso de diseño de carrocerías, la empresa lo gestiona a través de una matriz creada en Excel que contempla todas las categorías de carrocerías ofertadas, su integración con el programa SolidEdge, no es especialmente adecuado para modificar los parámetros necesarios. Por otro lado, la matriz incluye ecuaciones y secciones específicas que solo son relevantes para ciertas carrocerías, generando una sobrecarga innecesaria en los diseños más simples.

Dado lo anterior, la empresa explora nuevas herramientas y software que ayuden a resolver estos desafíos. Actualmente se emplea DriveWorksXpress para la automatización del diseño, estos recursos tecnológicos no solo permiten reducir los tiempos de entrega en el área de diseño, sino que también aumentan la productividad y mejoran la eficiencia general de la empresa. En conjunto, se crean manuales de usuario para una correcta manipulación al nuevo sistema de automatización y se incorpora al sistema de gestión de calidad (SGC) para llevar a cabo correcciones y procesos de mejora que se presenten en un futuro.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Alpecorp Colombia S.A.S., es una empresa dedicada al diseño, mantenimiento, repotenciación y fabricación de vehículos de Bomberos con todo tipo de carrocerías, pero específicamente para este proyecto carrocerías tipo cisterna, sin embargo, se identifica un problema significativo relacionado con la matriz de parametrización de diseño utilizada en el proceso de creación de dichas carrocerías. La matriz actual, diseñada para abarcar todas las variedades de carrocerías ofrecidas por la empresa, presenta deficiencias que afectan la eficiencia y la precisión en las tolerancias dimensionales en el proceso de diseño. Estas han demostrado ser una limitante significativa debido a que su integración con SolidEdge es inestable, llevando a situaciones en que algunas piezas que conforman la carrocería dejen de responder a los parámetros, afectando la integridad del ensamble y perdiendo las restricciones, a su vez, crea varias copias del archivo de Excel, por lo cual, el software no es capaz de localizar la versión correcta. A partir de la recopilación de datos se busca dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Cómo se puede optimizar la matriz existente actualmente para mejorar procesos de diseño y ser más eficiente en la creación de una nueva carrocería tipo cisterna?

1.1. Justificación.

En la empresa Alpecorp Colombia S.A.S ha contemplado la necesidad de mejorar la matriz de parametrización actual para el diseño de vehículos de bomberos, la cual permite diseñar carrocerías desde una etapa avanzada tomando modelos existentes generales y solo modificando ciertos parámetros bajo los criterios de un cliente. Permitiendo una reducción de tiempo en la entrega de planos de construcción y acelerando procesos de fabricación.

La implementación de un nuevo sistema de parametrización permitirá tener una interacción amigable y dinámica con el diseñador para disminuir tiempos de entrega y evitar fallos al momento de enlazar nuevas carrocerías para eventuales proyectos. De esta manera, es importante realizar la implementación de la herramienta DriveWorksXpress; un complemento del software SolidWorks, adquirido por la empresa con la finalidad de solucionar esta problemática.

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General.

El proyecto tiene como objetivo optimizar el sistema de parametrización de diseño para vehículos con carrocería tipo cisterna de Alpecorp Colombia S.A.S, agregando variables que permitan calcular con precisión las cantidades de lámina a utilizar en cada pieza, además de desarrollar un manual de usuario para facilitar su correcto uso.

2.2. Objetivos Específicos.

- Mejorar la matriz existente permitiendo una interacción más efectiva con el usuario a través de una mejora en la interfaz y con los datos primordiales para su manipulación.
- Incorporar un sistema de cálculo en el sistema de parametrización para determinar el desarrollo de cada pieza y así conocer la cantidad exacta del material necesario a utilizar, basándose en el dato arrojado por el software y los instructivos de plegado.
- Crear un manual de usuario detallado para guiar adecuadamente en la manipulación de la matriz mejorada.
- Establecer y gestionar cambios en el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) mediante la creación y manejo de procedimiento para Acciones Correctivas, Preventivas y de Mejora (ACPM) para registrar las mejoras implementadas.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1. Vehículos cisterna.

Los camiones de bomberos tipo cisterna se caracterizan principalmente para trasportar grandes cantidades de agua. Según la NFPA 1901 del año 2016 estos vehículos deben ser capaces de trasportar desde 1000 gal, pueden o no tener bomba, y en caso de tener debe ser de mínimo 250 gpm. Estos se utilizan en situaciones en las que la infraestructura de agua no está disponible o es insuficiente.

> El término genérico aplicado a estos vehículos por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) es "aparato móvil de suministro de agua". Para cumplir con la definición de aparato móvil de suministro de agua según la norma NFPA 1901, Norma para aparatos contra incendios automotrices, un vehículo debe transportar un mínimo de 1000 galones de agua (NFPA 1901). La capacidad de agua más común de los camiones cisterna en los Estados Unidos oscila entre 1.500 y 3.000 galones. (Wieder y Roche, 2008, p. 24).

Estos vehículos son fundamentales en la lucha contra incendios forestales, donde la disponibilidad de agua puede ser escasa, pues permiten llevar agua a ubicaciones estratégicas para controlar y extinguir el fuego. También proporcionan agua a otros camiones de bomberos, vehículos de extinción de incendios, o incluso aéreos, a través de bombas o mangueras conectadas al tanque cisterna o a líneas de control. “La línea de control es el conjunto de barreras naturales (ríos, lagos, etc.) y artificiales (caminos, carreteras, etc.), así como bordes extinguidos del fuego, que se usan para el control del incendio.” (Alfaro et al., 2020, p. 99).

No obstante, al ser estos vehículos dedicados al transporte de agua en grandes cantidades, estos también son capaces de llevar equipamiento respecto a la aplicación asignada en el área operativa; por lo general llevan extintores, conos de señalización, botiquines y toda la herramienta necesaria para la correcta operación del sistema de bombeo, si el caso aplicará. Por esta razón, existe una gran variedad de diferentes carrocerías cisterna que cumplen los requisitos y necesidades de un cliente.

En la última década estos vehículos han evolucionado tanto operativamente como funcionalmente, acogiéndose a las nuevas restricciones medioambientales de emisiones de gases, también seleccionando la mejor plataforma de vehículo para los diferentes lugares donde estos serán operados y la practicidad al momento de enfrentar una emergencia. Dado lo anterior la empresa Alpecorp Colombia S.A.S, maneja una gran variedad de diseños para cumplir y satisfacer estas necesidades para optar por la mejor alternativa.

3.1.1. Componentes generales de una carrocería tipo cisterna.

El mercado de camiones de bomberos es bastante reducido alrededor del mundo y pocas empresas se dedican a la manufactura de este tipo de vehículos, de las más reconocidas a nivel mundial está la empresa Pierce, Rosenbauer, Ferrara y 1200 Degrés; mayormente se ubican en los Estados unidos y se caracterizan por diseñar desde cero toda la maquinaria extintora. Sin embargo, hay varios aspectos que comparten estas empresas y por supuesto con Alpecorp Colombia, la cual es la forma general de fabricar los vehículos. Cada empresa fabrica a su consideración los camiones de bomberos, pero comparten los mismos materiales, según la empresa Ferrara, construyen cabinas, estructuras y carrocerías en aluminio extruido de grado marino de 3/16" de espesor cumpliendo pruebas de impacto frontal y pruebas de carga de acuerdo con la norma ECE-R29, (Ferrara, 2024). De igual manera la empresa 1200 Degrés usa este mismo material para fabricar sus camiones de bomberos. "La cabina de aluminio está construida con extrusiones de pared gruesas y placa de 3/16" para piso, techo y paredes para máxima resistencia y durabilidad. Las cabinas se prueban exhaustivamente para garantizar un rendimiento superior y mantener su tripulación segura." (1200 Degrés,2024)

La empresa Alpecorp Colombia también usa el aluminio para la fabricación de las carrocerías, el acero inoxidable para los tanques y lámina de acero HR para cabinas. En cada una de las aplicaciones usa un calibre diferente, en el caso de las carrocerías se emplea aluminio 1100 de espesor 3,00 mm y 5,00 mm, para partes embellecidas, el alfajor de aluminio es ideal por su resistencia y su característica antideslizante. Una carrocería puede contener desde 65 hasta 100 piezas distintas, pero todas comparten una misma estructura y forma de fabricarse. Los componentes generales que componen una carrocería se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 1.*Componentes generales de una carrocería tipo cisterna.*

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
Tapas Externas Gabinetes	Se fabrican en aluminio de 3,00 mm y actúan como un perfil estructural
Tapas Internas Gabinetes	
Pisos de los Gabinetes	Se fabrican en aluminio de 5,00 mm debido a que es donde se ancla la carrocería al chasis
Techos	Se Fabrica en aluminio de 5,00 mm debido a que debe soportar, tubos, escaleras y peso de los bomberos
Guarda Barros	Según requerimiento del cliente se usa lámina de aluminio de 5,00 mm o lámina de alfajor

Bandejas	Se fabrican en aluminio de 5,00 mm y son usadas para trasportar equipamiento
Tapa Cables	Se fabrican en aluminio de 3,00 mm y se usan para manipular todo el sistema eléctrico
Puertas	Ya sean puertas tipo cortina o puertas tipo panel
Ángulos de refuerzo	Se usa perfil de ángulo comercial en su referencia 2" x 1/4"

Las carrocerías diseñadas y fabricadas por la empresa Alpecorp Colombia S.A.S. son ampliamente optimizadas enfocándose en diseños especializados teniendo materiales y estructuras resistentes para la extinción de incendios o auxiliar de la mejor manera todo tipo de inconvenientes. “La práctica demuestra que una lucha eficaz contra los incendios forestales sólo es posible con el uso de equipos modernos especializados, que protegen de manera confiable a las personas del fuego.” (Ustinov et al., 2021, p. 2).

Imagen 1.*Vehículo de Bomberos tipo cisterna.*



Fuente: *Elaboración propia, 2024.*

3.1.2. Modelado de una carrocería tipo cisterna.

Para diseñar una carrocería se pueden emplear diferentes softwares de modelamiento CAD, para el caso de Alpecorp Colombia se cuenta con el software SolidEdge y

SolidWorks, ambos programas ofreciendo ciertas características únicas, pero compartiendo la misma forma de hacerlas. SolidEdge se destaca por su facilidad de uso promoviendo una adaptación al momento de diseñar y generar nuevos prototipos, debido a su interfaz de usuario y la forma general de realizar el paso a paso, pero presenta ciertas limitaciones al abordar grandes ensambles complejos y enlaces con herramientas de cálculo, restringiendo su aplicación en proyectos que demandan un alto nivel de precisión y sofisticación. “El manejo del programa es muy similar al de otras aplicaciones típicas de ordenadores personales y sus comandos e iconos son muy intuitivos, lo que facilita su aprendizaje y utilización.” (Meneses et al., 2006).

Por el contrario, la interfaz de SolidWorks suele ser más compleja, esta contiene una gran información que en algunas situaciones llegan a saturar al diseñador, obligándolo a tener una búsqueda continua de ayudas o tutoriales para resolver sus inquietudes. Sin embargo, este software cuenta con herramientas las cuales ayudan al usuario a realizar tareas fuera del diseño, como lo puede ser el coste del prototipo creado, la automatización y ruteo de sistemas eléctricos. Es por esto, que el software restringe la interacción con otros programas para evitar fallos o lentos procesos de lectura y oferta este tipo de herramientas. “Se trata de un programa que permite realizar diseño mecánico, desde la concepción de la idea por el diseñador a la realización de los planos técnicos necesarios para su fabricación. Además, el hecho de contar con numerosos complementos y aplicaciones.” (Rodríguez y López, 2015)

3.2. Certificación de camiones de bomberos.

La empresa Alpecorp Colombia S.A.S. hace parte de un programa de inspección de vehículo para bomberos (VIP), la cual es suministrada por la empresa UL Solutions. Esta consiste en certificar todo tipo de vehículos e instrumentos bajo los requisitos de la norma NFPA 1911. Este programa es adquirido con un costo adicional al valor de la máquina y se debe diseñar con unas características especiales para poder cumplir todos los puntos de la norma, como por ejemplo la distancia respecto al suelo al primer estribo o peldaño, acogiéndose a la ergonomía del cuerpo humano. Sin embargo, la empresa diseña todos sus vehículos implementando la norma siendo o no un vehículo certificado, lo cual le confiere reconocimiento, sobresaliendo sobre las demás empresas con la misma razón social.

> Nuestro programa de inspección de vehículos (VIP) ayuda a los fabricantes de aparatos a demostrar que sus equipos contra incendios cumplen con todos los requisitos aplicables de la norma NFPA 1911. Los departamentos de bomberos suelen incluir una cláusula en sus especificaciones de licitación que exige el cumplimiento de la norma NFPA 1901 al comprar un vehículo nuevo. Esta norma exige que la entidad responsable del ensamblaje final del vehículo entregue un certificado que demuestre el cumplimiento total. (UL Solutions, 2024)

Los requerimientos de un vehículo certificado abarcan un listado bastante extenso, para las carrocerías se basan principalmente en la ergonomía del bombero a la hora de

interactuar con el camión, ya que es muy importante tener el menor número de maniobras al momento de una emergencia, por ejemplo, la altura del primer paso respecto al piso no puede superar los 61 cm y deberá estar acompañada de un pasamanos, asimismo, la posición de las escaleras debe estar al alcance del operario desde el piso o una superficie segura para desengancharlas y bajarlas, cabe señalar que la norma ordena que todas las superficies donde se pueda caminar deberá ir con una superficie antideslizante.

El diseño de la carrocería debe de ir de la mano con todos los sistemas que se deben instalar una vez fabricada esta, ya que las luces deberán ir en un lugar estratégico para poder abarcar una zona lo suficientemente considerable e iluminar la zona de trabajo, todos estos criterios están bajo la norma NFPA 1901 y para que el vehículo cumpla la certificación se deben cumplir.

3.3. Herramienta DriveWorksXpress.

A medida que se avanzaba con la investigación y pruebas de diferentes métodos de parametrización, la empresa SolidWorks ofrece una de sus herramientas para el tema de automatización de diseños en nivel básico. Excel al ser una hoja de cálculo pensada principalmente para ecuaciones de todos los niveles, los programas de modelamiento CAD en su mayoría tiene dificultades para enlazarse con esta, es por lo que la empresa Alpecorp Colombia S.A.S decide realizar la inversión en esta herramienta, para resolver todas las dificultades presentadas con las matrices existentes. DriveWorks está pensado principalmente para productos con el mismo diseño, pero con pocas variables diferentes, en consecuencia, se subdivide en diferentes categorías todos los tipos de carrocerías cisterna creadas por la empresa, dejando así 12 distintas referencias. Mediante un formulario es capaz de modificar y crear un nuevo prototipo, al mismo tiempo de realizar los planos para su fabricación.” DriveWorksXpress es una herramienta de automatización de diseño que se incluye en SolidWorks®. Este producto fue elegido para esta aplicación debido a la exploración temprana de la automatización del diseño, el costo y la disponibilidad para los usuarios de SolidWorks®”. (Forgacs y Rao. 2022)

3.4. Manual de usuario para carrocerías tipo cisterna.

Es fundamental tener una guía base para el desarrollo de una carrocería tipo cisterna automatizada por la herramienta DriveWorksXpress, ya que su indebida manipulación puede ocasionar errores y borrar su código madre para la parametrización, entonces, mediante ayudas visuales como es un instructivo de diseño, videos tutoriales y capacitación por parte de la empresa, se asegura que el sistema sea efectivo en el transcurso del tiempo, enfocando los diseños en nuevos proyectos y siendo parametrizados por la herramienta; acelerando exponencialmente la producción. De esa forma no solo los dibujantes podrían ser los únicos en interactuar con este sistema, sino

los mismos clientes con determinados valores en aspectos generales del vehículo, visualizando su producto en unos cuantos minutos.

3.5. Sistema de Gestión de Calidad (SGC)

La empresa Alpecorp Colombia S.A.S. ha implementado un sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001. Esta garantiza que se realiza un desempeño de una mejor manera en los procesos de manufactura, aumentando la satisfacción en los clientes. Es importante para el área de diseño el cumplimiento de esta norma ya que abarca la fabricación de las carrocerías. Por tal razón, los nuevos sistemas de diseño deben introducirse mediante las Acciones Correctivas, Preventivas y de Mejora (ACPM) asegurando así la conformidad con los requisitos de la norma y la optimización a los procesos.” La adopción de sistemas de gestión de la calidad es una decisión estratégica para una organización, le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible aumentando la satisfacción del cliente” (ISO. 2015)

4. METODOLODÍA DE DESARROLLO.

4.1. Modelado.

La primera fase de desarrollo del proyecto consistirá en realizar todos los diseños de los diferentes tipos de carrocería cisterna necesarios para automatizar esta categoría de vehículos de bomberos, para luego extenderlo a las otras diferentes categorías ofrecidas por la empresa Alpecorp Colombia S.A.S, Para la categorización se tendrá en cuenta la cantidad de gabinetes y se clasificará según el tipo de puerta, ya sea cortina o panel.

4.2. Recolección y análisis de los parámetros de diseño.

Por medio de diferentes pruebas y distintos métodos, se recolectará toda la información de cómo responde cada pieza a los diferentes parámetros suministradas por la matriz, ya sea una hoja de cálculo en Excel o la herramienta DriveWorksXpress, observando que cada pieza tenga la modificación correspondiente, y que a su vez los planos sean actualizados correctamente. Cabe señalar, que se evaluará el tiempo de modificación, la compatibilidad cuando se tiene una o más carrocerías abiertas y si a lo largo del tiempo, el código de parametrización no pierde valores o variables fundamentales para su correcto funcionamiento.

4.3. Sistema de cálculo para la cantidad de lámina a usar.

Para gestionar el sistema de cálculo teniendo en cuenta la cantidad de láminas que se utilizan en cada modelo de carrocerías, se optara por usar un programa clasificado como nesting, debido a que el nuevo Software SolidWorks no permite exportar las dimensiones de desarrollo para cada pieza. Se utiliza el software Cutting Optimization Pro, el cual permite ingresar las dimensiones generales y teniendo en cuenta el stock de la empresa, este valor se actualiza día a día respecto a las matrices que ya cuenta la empresa respecto al inventario.

4.4. Creación del manual de usuario.

Una vez se tengan los diseños parametrizados correctamente, se desarrolla un manual de usuario para la precisa manipulación de este sistema de automatización, considerando observaciones y notas aclaratorias a parámetros que puedan fallar o pasos consecutivos que se tienen que seguir para la obtención de una carrocería totalmente terminada para su fabricación.

4.5. Gestionar cambios en el Sistema de Gestión de Calidad (SGC).

Con los diseños y manuales terminados, se implementa los cambios en el sistema de gestión de calidad de la empresa Alpecorp Colombia S.A.S, para que, al momento de crear una nueva carrocería, esta se base en los criterios y necesidades dispuestos en este documento, de igual forma teniendo sumo detalle, en los parámetros más críticos y propensos a fallar, tanto en el modelado CAD, como al momento de la fabricación.

4.6. Informe Final.

Se desarrolla a medida que se avance con el cronograma de la pasantía, este contendrá el desarrollo de los objetivos y las conclusiones, teniendo en cuenta los resultados para poder implementarlos en las diferentes categorías que tiene la empresa para llegar a un nivel de optimización en donde los diseños totales de fabricación de un vehículo de bomberos se reduzcan de 3 meses a tan solo 2 semanas. El informe final contendrá análisis de datos y resultados que brindaran una mayor producción a futuro.

5. DESARROLLO DEL PROYECTO.

5.1. Modelado.

Para iniciar con el desarrollo del proyecto es necesario recolectar la información de todas las carrocerías tipo cisterna ofrecidas por la empresa Alpecorp Colombia S.A.S. de las cuales solo dos serán presentadas en este proyecto de grado, debido a que por temas de confidencialidad se debe garantizar la seguridad de la información para prevenir su divulgación no autorizada.

Las carrocerías se dividen en dos principales ramas, las carrocerías con puertas tipo cortina y las carrocerías con puertas tipo panel.

Imagen 2. *Puerta tipo cortina.*



Nota: *Puertas Enrollables, Fuente: HANSEN INTERNATIONAL, 2024.*

Imagen 3. *Puerta tipo pane.*



Nota: *Puerta convencional tipo panel, Fuente: Propia, 2024.*

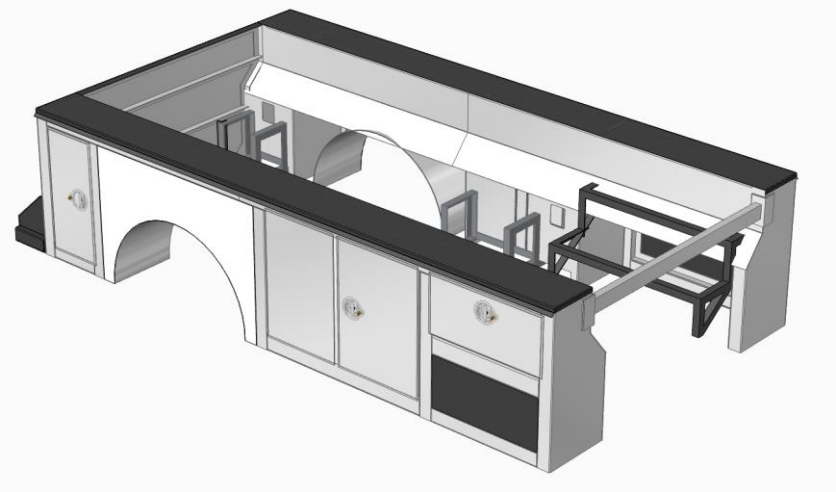
Lo que diferencia una de la otra es su precio, ya que la puerta tipo panel se fabrica en las instalaciones de la empresa mientras que las puertas tipo cortina son importadas. En la siguiente tabla se presentan las diferentes carrocerías cisterna que oferta Alpecorp Colombia S.A.S.

Tabla 2. *Carrocerías Cisterna.*

CARROCERÍAS	PUERTA CONVENCIONAL	PUERTA CORTINA
4 gabinetes sencilla, con gabinete sobre la rueda	X	X
4 gabinetes sencilla, con Gabinete sobre la rueda	X	X
4 gabinetes Sencilla, con gabinete sobre aplique frontal	X	X
4 gabinetes sencilla, con gabinete sobre la rueda y sobre aplique frontal	X	X
4 gabinetes, doble eje trasero	X	X
6 gabinetes, doble eje trasero	X	X

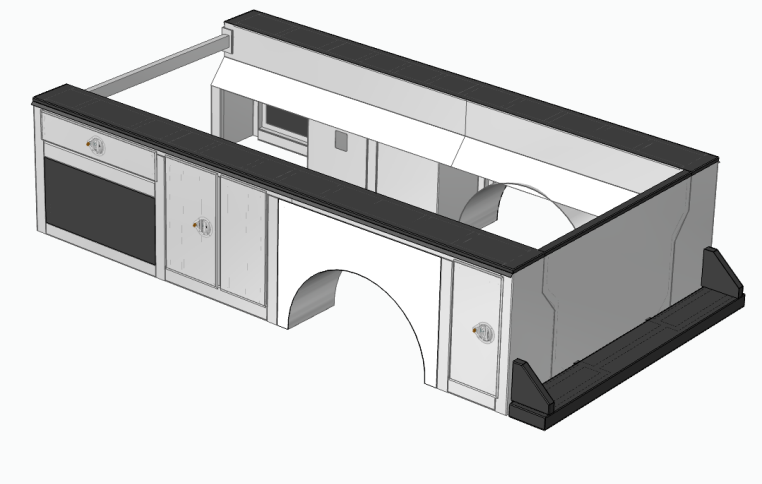
Para la primera carrocería se comienza a modelar pieza por pieza, esta es una carrocería de 4 gabinetes, con gabinete sobre el aplique frontal, este proceso se hace mediante el software Solid Edge, obteniendo así 78 piezas para esta categoría, esta se divide en 4 subensambles los cuales son: gabinete izquierdo, gabinete derecho, gabinete trasero y perfil de amarre, quedando el modelo CAD de la siguiente manera:

Imagen 4. *Carrocería 4 gabinetes, con gabinete sobre aplique frontal vista isométrica derecha.*



Fuente: Propia, 2024.

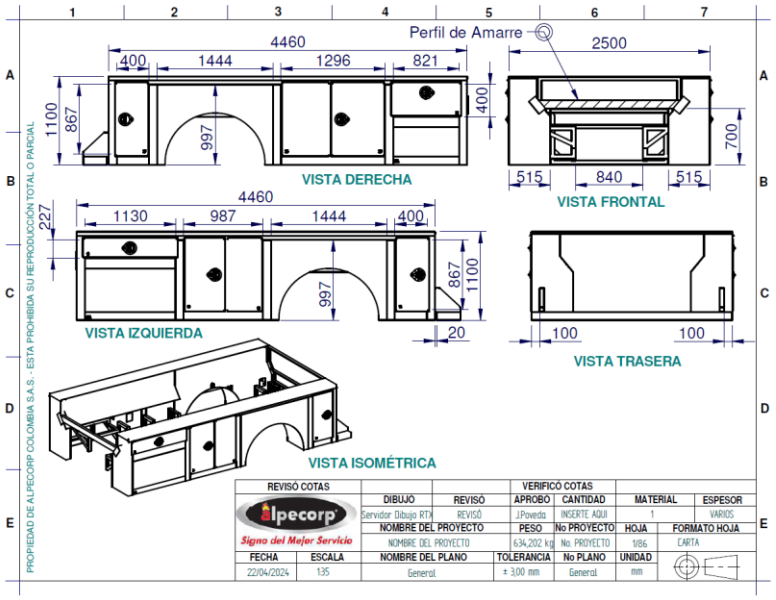
Imagen 5. *Carrocería 4 gabinetes, con gabinete sobre aplique frontal vista isométrica izquierda.*



Fuente: Propia, 2024.

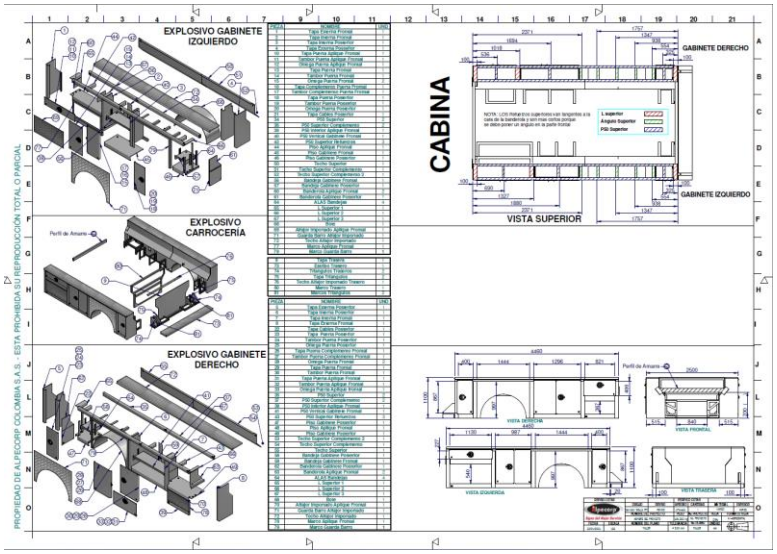
Conjunto al modelamiento de la carrocería, se diseñan los planos de fabricación el cual contiene las medidas a detalle para que un proveedor externo doble todas las piezas de aluminio 3,00 mm, 5,00 mm y láminas de alfajor, así mismo, la carrocería tiene una tolerancia dimensional respecto al corte y doblez, la cual se establece en los rangos de +- 3,00 mm para que las dimensiones generales se conserven. A continuación, se presentan algunos planos de fabricación de esta carrocería.

Imagen 6. *Medidas generales carrocería.*



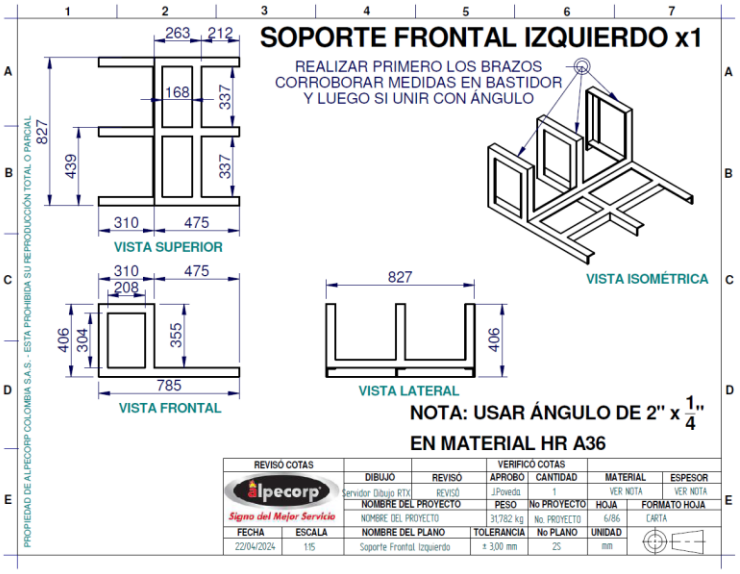
Nota: *Medidas generales carrocería, Fuente: Propia, 2024.*

Imagen 7. *Plano para taller de carrocería.*



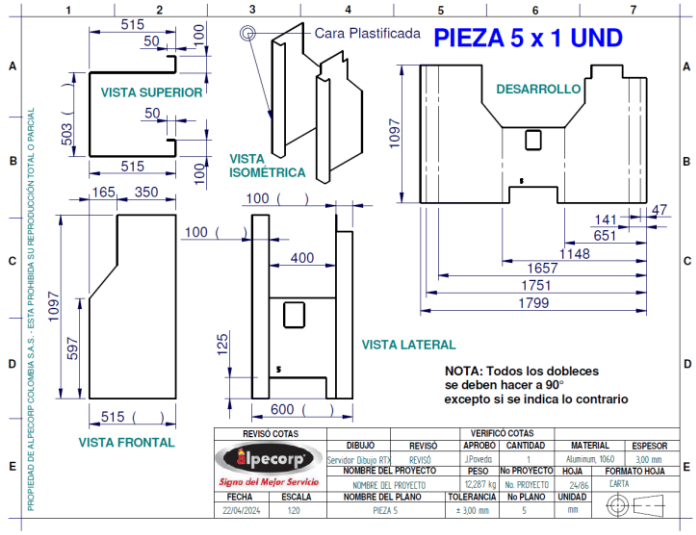
Nota: *Plano para taller de carrocería, Fuente: Propia, 2024.*

Imagen 8. *Plano de la soportería de la carrocería.*



Nota: *Plano de la soportería de la carrocería, Fuente: Propia, 2024.*

Imagen 9. *Plano de 1 pieza que conforma la carrocería.*

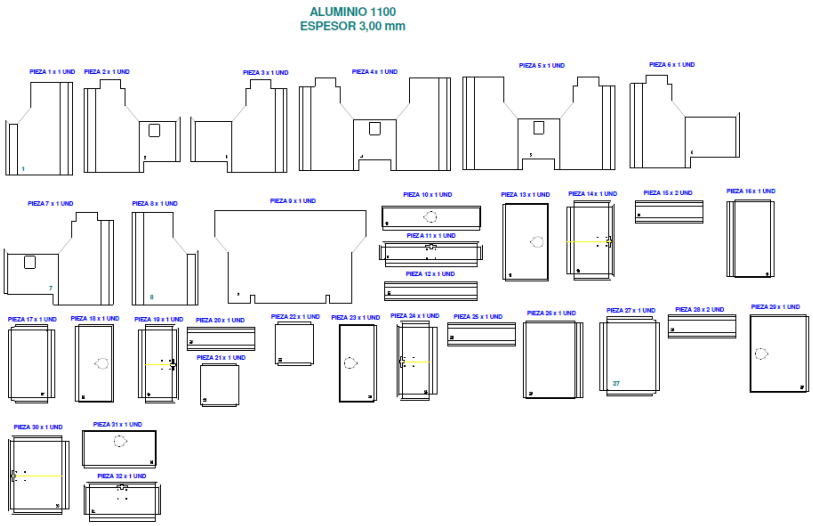


Nota: *Plano de 1 pieza que conforma la carrocería, Fuente: Propia, 2024.*

Una vez realizado los planos a detalle, el siguiente paso es realizar, la distribución de lámina para exportar en formato DWG (AutoCAD) para así proceder con el corte, para esto se crea una página especial donde estarán almacenadas todas las piezas a escala

1:1, identificadas con su nombre y cantidad, en el programa AutoCAD se procede a eliminar las líneas de doblez y cualquier imperfecto que pueda proceder del software de modelamiento, por último se envía con el proveedor correspondiente para el proceso de corte y plegado de la carrocería.

Imagen 10. *Distribución de lámina para corte y doblez de la carrocería.*



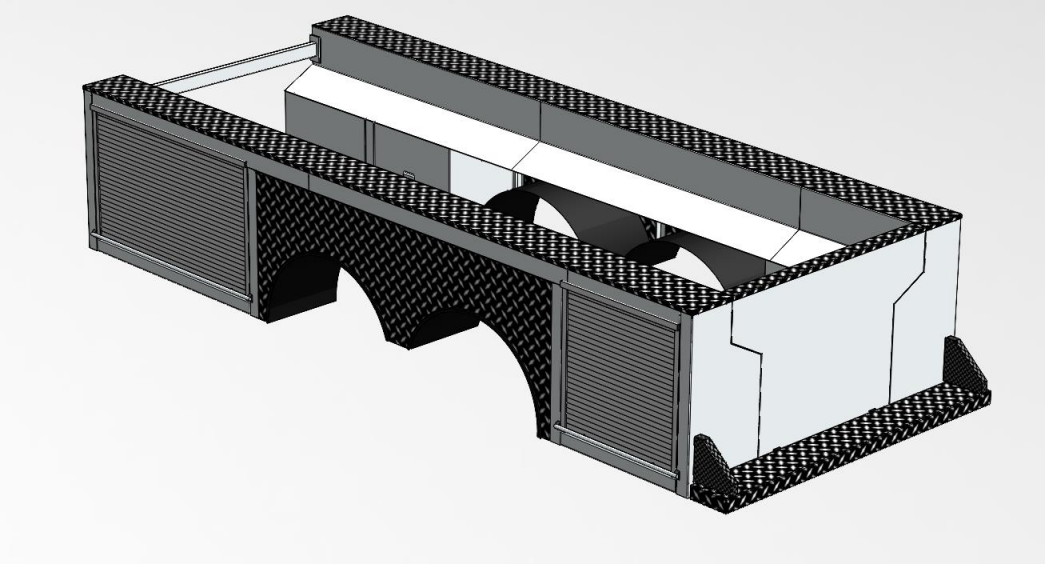
Nota: Distribución de lámina para corte y doblez de la carrocería*, Fuente: Propia, 2024*

Para el sistema de parametrización de esta carrocería se opta por usar una matriz mejorada de Excel respecto a las anteriores carrocerías que se venían trabajando la cual es presentada en el punto 4.2.

Para la segunda carrocería se escoge la categoría de 4 gabinetes, doble eje trasero, teniendo en cuenta que la selección no se hace al azar sino con base a la producción solicitada por la empresa Alpecorp Colombia S.A.S. De ese modo se aprovecha para tener evidencias sobre posibles fallos en el modelamiento o características a mejorar para futuras carrocerías. En consideración, esta carrocería se modela en el software SolidWorks, el cual es adquirido en el trascurso de la pasantía, para este caso se usa de la herramienta DriveWorksXpress la cual es pensada en procesos de automatización.

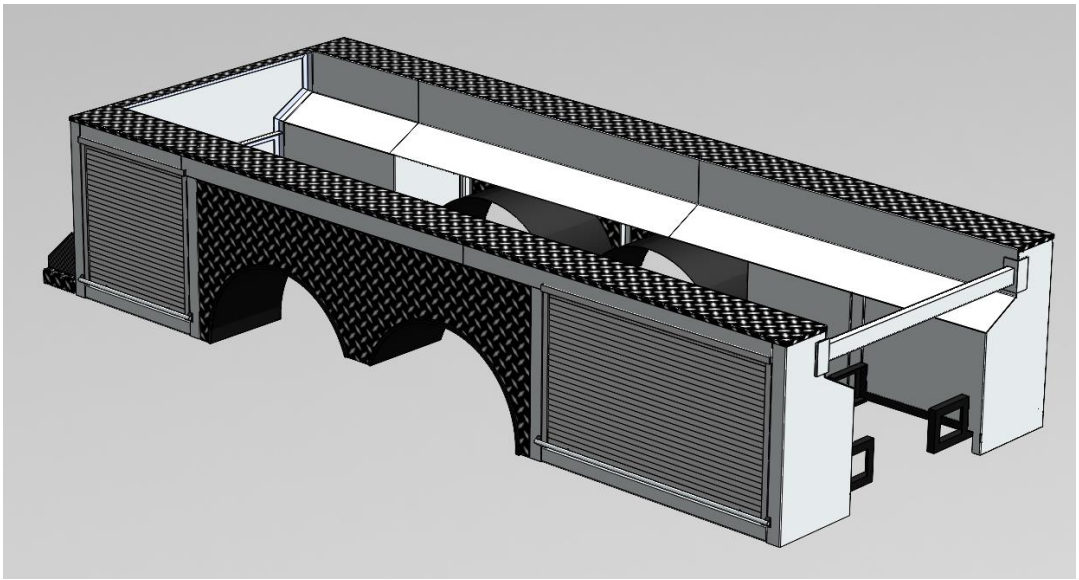
De la misma manera se procede a realizar los pasos que la primera carrocería, pero teniendo en cuenta las modificaciones y los diferentes elementos con la que esta cuenta. Esta carrocería al implementar mayor espacio en el guarda barro o el lugar de la ubicación de las llantas del vehículo, hace que los gabinetes se reduzcan sustancialmente, teniendo consigo un menor número de piezas, el cual esta alrededor de las 59. También su ensamblaje se realiza en 4 subensambles, siguiendo la misma jerarquía mostrada anteriormente y presentada a continuación.

Imagen 11. *Carrocería 4 gabinetes, con doble eje trasero vista isométrica izquierda.*



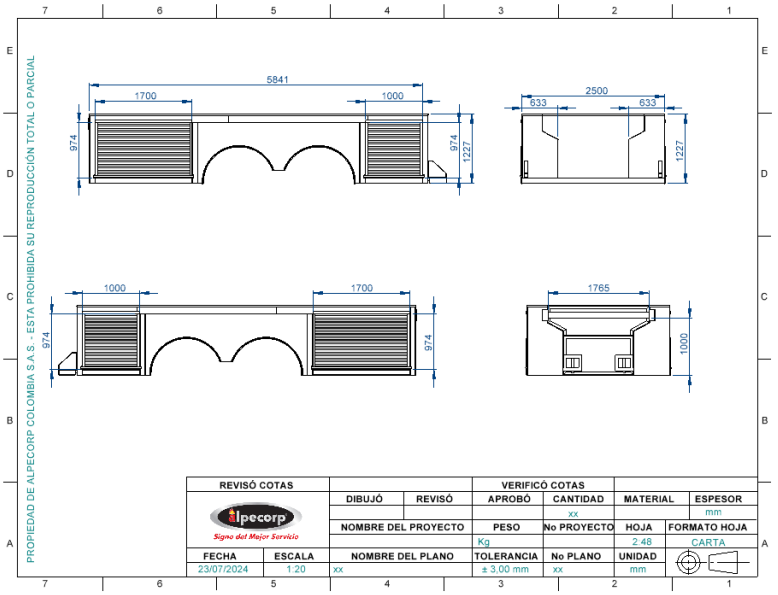
Fuente: Propia, 2024.

Imagen 12. *Carrocería 4 gabinetes, con doble eje trasero vista isométrica derecha.*



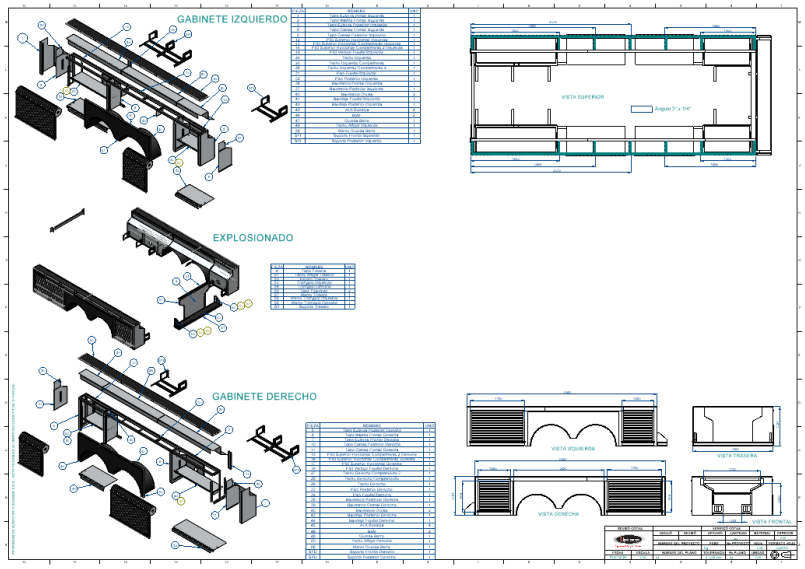
Fuente: Propia, 2024.

Imagen 13. *Medidas generales carrocería.*



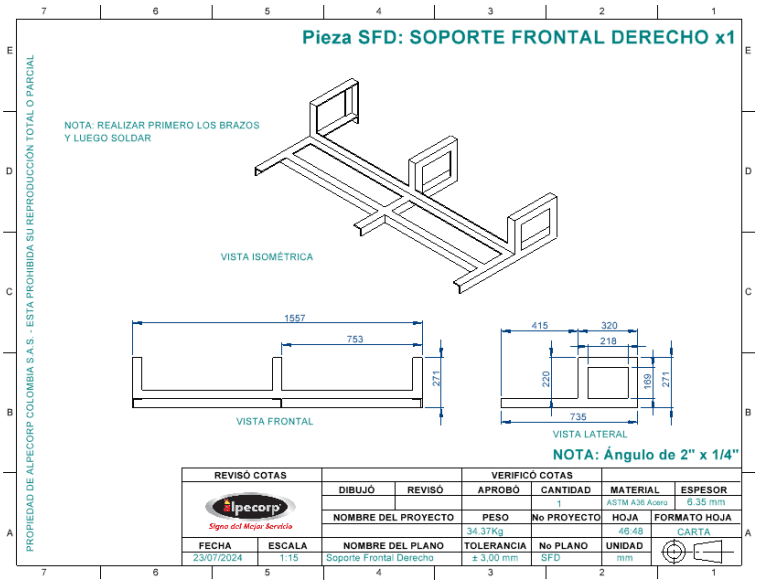
Nota: *Medidas generales carrocería, Fuente: Propia, 2024.*

Imagen 14. *Plano para taller de carrocería.*



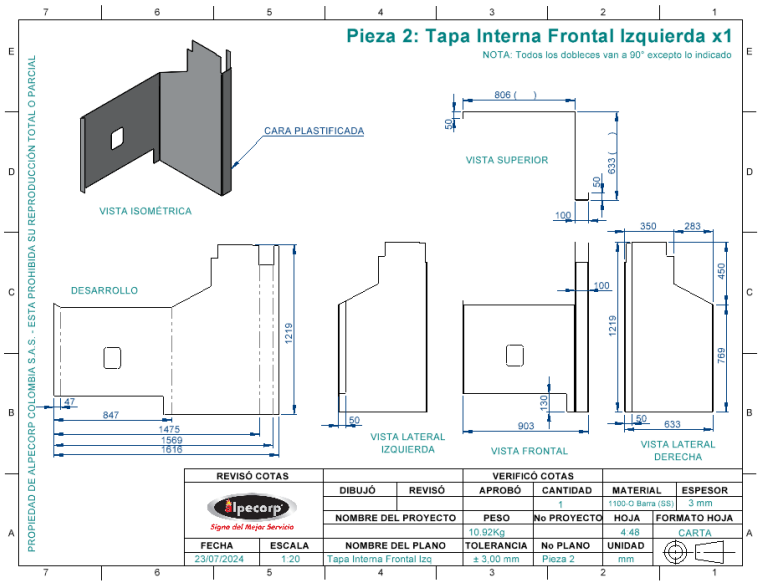
Nota: *Plano para taller de carrocería, Fuente: Propia, 2024.*

Imagen 15. *Plano de la soportería de la carrocería.*



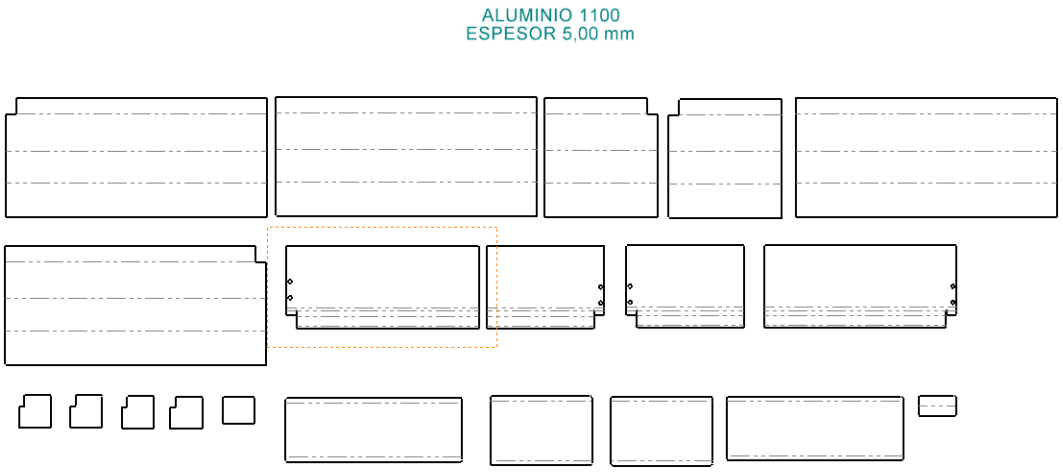
Nota: *Plano de la soportería de la carrocería, Fuente: Propia, 2024.*

Imagen 16. *Plano de 1 pieza que conforma la carrocería.*



Nota: *Plano de 1 pieza que conforma la carrocería, Fuente: Propia, 2024.*

Imagen 17. *Distribución de lámina para corte y doblez de la carrocería.*



Nota: Distribución de lámina para corte y doblez de la carrocería*, Fuente: Propia, 2024.*

5.2. Recolección y análisis de los parámetros de diseño.

Para la primera carrocería se opta en mejorar la matriz de parametrización existente, la cual abarcaba todas las carrocerías diseñadas por la empresa Alpecorp Colombia S.A.S, esta generaba conflictos con distintos diseños ya que debido a sus extensas operaciones y parámetros que no todas las usaban, se sobre cargaba de información y terminaba colapsando el programa SolidEdge, al punto de cerrarse al instante o no generar las modificaciones pertinentes. De esta manera la nueva matriz de parametrización en Excel solo cubre los datos necesarios para la modificación del diseño, también generando una mejor interfaz para que su manipulación sea más sencilla.

Esta abarca 2 hojas principal, la primera hoja de cálculo es para la digitalización de los datos que necesita el diseñador para crear una nueva carrocería, la cual se introducen los datos del chasis, como lo es la distancia entre ejes, medidas generales del camión y espacios aprovechables para las dimensiones de la carrocería. También se tiene una tabla respecto a los datos generales de la carrocería, donde abarca largo, alto, ancho, las dimensiones de los gabinetes, parámetros de interacción con el software al momento de ocultar o mostrar piezas y recortes o destijeres necesarios para la interferencia con objetos del mismo chasis. Asimismo, se tiene una columna de datos generales del vehículo completo, como lo son dimensiones críticas con respecto al tanque de agua, dimensiones del módulo de control de la bomba y accesorios como lo son los embellecedores del vehículo.

Imagen 18. *Información del chasis.*

INFORMACIÓN DEL CHASIS			
	Descripción	**Valor**	**Unidad**
ROH (R)	Eje trasero al final del vehículo	1075	mm
BL (S)	Final de Cabina a Eje Trasero	4000	mm
WB	Distancia Entre Ejes	5486,4	mm
FTW (N)	Ancho de Trocha	2500	mm
U	Soporte suspensión frontal a eje trasero	820	mm
T	Soporte suspensión posterior a eje trasero	905	mm
Q	Ancho de los soportes de suspensión	235	mm
PZ	Alto de la C del Bastidor	276	mm
P	Ancho C del Bastidor	80	mm
Z	Espesor Bastidor	9,525	mm
O	Distancia Entre Bastidores	840	mm
N	Altura del Bastidor Respecto al Piso (Con Carga)	1030	mm
-	Ancho Llanta	295	mm
-	Perfil Llanta	80	mm
-	Rin	22,5	mm
L	Diametro Llanta	1043,5	mm
-	Distancia desde la parte inferior de la carrocería al suelo	550	mm
K	Altura de la Cabina	1600	mm

Nota: Información del chasis, *Fuente: Propia, 2024.*

Imagen 19. *Datos generales de la carrocería.*

DATOS GENERALES DE LA CARROCERÍA		
Descripción	**Valor**	**Unidad**
Alto de los Gabinetes Total	1105,175	mm
Largo de la Carrocería	4460,5	mm
Ancho de la carricería	2500	mm
Ancho Gabinete Frontal Izquierdo	987	mm
Ancho Gabinete Posterior	400	mm
Ancho Guarda Barro	1443,5	mm
¿Qué tipo de perfiles usara en la Carrocería?	P50	mm
Fondo de los Gabinetes	515	mm
¿Lleva Bandeja en el Gabinete Frontal Izquierdo?	SI	-
¿Lleva Bandeja en el Gabinete Frontal Derecho?	SI	-
¿Lleva Bandeja en el Gabinete Posterior Izquierdo?	SI	-
¿Lleva Bandeja en el Gabinete Posterior Derecho?	SI	-
Ocultar puertas	NO	-
¿Lleva Estribo Trasero?	SI	-
Altura Perfil de amarre	950	mm
¿Lleva Tanque de Combustible en Gabinete Frontal Izquierdo?	SI	-
¿Lleva Tanque de Combustible en Gabinete Frontal Derecho?	SI	-
Recorte del chasis	300	mm

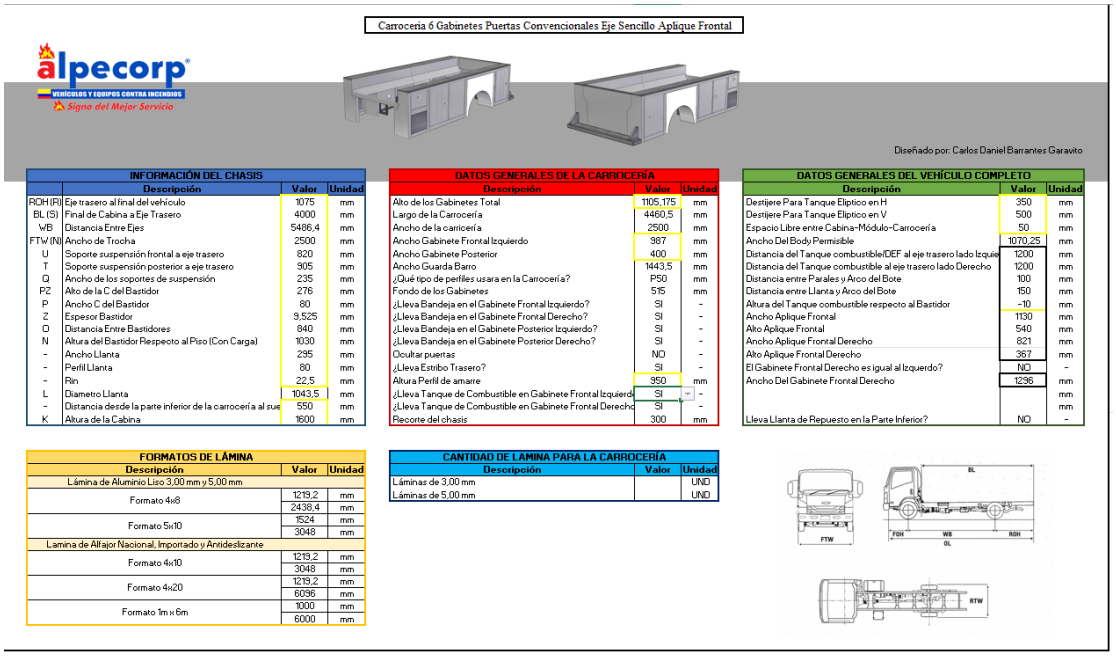
Nota: Datos generales de la carrocería, *Fuente: Propia, 2024.*

Imagen 20. *Datos generales del vehículo completo.*

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO COMPLETO		
Descripción	**Valor**	**Unidad**
Destijere Para Tanque Eliptico en H	350	mm
Destijere Para Tanque Eliptico en V	500	mm
Espacio Libre entre Cabina-Módulo-Carrocería	50	mm
Ancho Del Body Permisible	1070,25	mm
Distancia del Tanque combustible/DEF al eje trasero lado Izquierdo	1200	mm
Distancia del Tanque combustible al eje trasero lado Derecho	1200	mm
Distancia entre Parales y Arco del Bote	100	mm
Distancia entre Llanta y Arco del Bote	150	mm
Altura del Tanque combustible respecto al Bastidor	-10	mm
Ancho Aplique Frontal	1130	mm
Alto Aplique Frontal	540	mm
Ancho Aplique Frontal Derecho	821	mm
Alto Aplique Frontal Derecho	367	mm
El Gabinete Frontal Derecho es igual al Izquerdo?	NO	-
Ancho Del Gabinete Frontal Derecho	1296	mm
		mm
		mm
Lleva Llanta de Repuesto en la Parte Inferior?	NO	-

Nota: Datos generales del vehículo completo, *Fuente: Propia, 2024.*

Imagen 21. *Interfaz de usuario matriz de parametrización.*



Nota: Interfaz de usuario matriz de parametrización, *Fuente: Propia, 2024.*

Para la segunda hoja de cálculo que es llamada “Centro de cálculo” se encuentran almacenados todos los datos que modifican a la carrocería como tal, la cual se divide por los datos de la carrocería general, la carrocería izquierda, la carrocería derecha y la parte trasera del vehículo. Esta sección de la matriz está pensada para estar oculta, ya que una incorrecta manipulación o un cambio de cualquier valor, genera una falla en el software ya que se encuentran los parámetros desde las dimensiones de un ángulo convencional de 2”, hasta las dimensiones generales de las puertas. No obstante, dado un caso fortuito es necesario la modificación de esta sección. Cada parámetro se encuentra correctamente categorizado para entender que ecuación corresponde a que enlace con el software.

Imagen 22. *Centro de cálculo de la matriz.*

General Carrocería		
Descripción	Valor	Unidad
Espesor de Paredes	3	mm
Espesor de techo/piso	5	mm
Espesor de Alfajor	3,175	mm
Factor Neutro 3 mm	0,3	
Factor Neutro ≥ 5 mm	0,42	
Distancia desde la parte inferior de la carrocería al s	550	mm
Alto del Gabinete	1097	mm
Perfil	100	mm
P40	40	mm
P50	50	mm
P60	60	mm
Pestaña para Puerta	50	mm
Parales	100	mm
Distancia Entre Parales y Arco Guardabarro	100	mm
Distancia Entre Llanta y Arco Guardabarro	150	mm
Distancia Entre Parales y Guarda Barro	100	mm
Alto Guarda Barro	397	mm
Llanta	1043,5	mm
Ancho Guardabarro	1443,5	mm
Distancia entre Soportes suspensión y Carrocería	80	mm
Trocha del vehiculo	2500	mm
Distancia Entre Bastidores	840	mm
Fondo de los Gabinetes	515	mm
Celosía V	150	mm
Celosía H	120	mm
Recorte Tanque H	350	mm
Recorte Tanque V	500	mm
Ancho Techo Alfajor	358,175	mm
Largo Techo Alfajor	4466,85	mm
Pestaña Techo Alfajor	30	mm
Ancho Gabinete Frontal	397	mm
Ancho Gabinete Posterior	400	mm
Alto/Ancho Banderola Puerta Cortina/ Convencio	300	mm
Altura del Bastidor Respecto al Piso (Con Carga)	1030	mm
Altura del Bastidor	276	mm
Aplique Frontal	1130	mm
Alto Aplique Frontal	540	mm
Pestaña Superior Techo	55	mm
Recorte Tanque V 2	300	mm
Altura_Celosia	300	mm
Complementos Techos	1	UND
Ancho Gabinete Frontal Derecho	1296	mm
Aplique Frontal Derecho	821	mm
Alto Aplique Frontal Derecho	367	mm

Carrocería Izquierda		
Descripción	Valor	Unidad
Pestaña Piso	130	mm
Pestaña Piso 2	30	mm
Ancho Piso Frontal	987	mm
Ancho Piso Posterior	497	mm
Distancia entre pared recorte Soporte C	60	mm
Tipo de Perfil	50	mm
Alto Banderola	500	mm
Ancho Banderola/ Ancho Tapa cables	460	mm
Tolerancia para Tapa Cables	1	mm
Alto Tapa Cables	465	mm
Largo Bandeja Frontal	937	mm
Ancho Bandeja Frontal	390	mm
Tolerancia Entre Bandejas y gabinete	10	mm
	25	mm
Pestaña Bandejas	50	mm
Largo Bandeja Posterior	350	mm
Ancho Bandeja Posterior	442	mm
Ancho ángulo refuerzo superior	250	mm
Ancho ángulo Refuerzo Piso	505	mm
Largo ángulo amarre Bote	193,75	mm
Espacio Entre Soportes y Exterior Carrocería	40	mm
Tolerancia de Anchos soportes con respecto a Ga	110	mm
Tolerancia soporte a Carrocería	5	mm
Ancho Soporte	310	mm
Ancho Soporte Total	785	mm
Alto Soporte	405,8	mm
Largo Soporte Frontal	754	mm
Largo Soporte Posterior	304	mm
Recorte Llanta repuesto Soporte Posterior	100	mm
Espesor Bisagra	11	mm
Pestaña para Bisagra	40	mm
Sobredimensionamiento Puertas	25	mm
Largo Pestaña	15	mm
Inclinación Pestaña	10	°
Componente en X Pestaña	14,77212	mm
Espacio Tambor y Gatos Hidraulicos	45	mm
Espacio Tambor y piso/techo	18	mm
Pestaña Tambor	50	mm
Pestaña Tambor 2	22	mm
Pestaña Trasera Tambor	45	mm
Pestaña Puerta Entrada Complemento	23	mm
Inclinación Pestaña Complemento	40	°
Pestaña Puerta Entrada Cantonera Complemento	25	mm
Componente en X Pestaña Complemento	52,85707	mm
Largo Puerta Frontal	492,7279	mm
Alto Puerta Frontal	887,4558	mm
Largo Puerta Complemento	429,6429	mm
Alto Puerta Posterior	887,4558	mm
Largo Puerta Posterior	398,2279	mm
Largo Puerta Aplique Frontal	1150,456	mm
Alto Puerta Aplique Frontal	227	mm
Largo Piso Aplique Frontal	1324	mm
Pestaña piso Aplique Frontal	130	mm
Alto Gabinetes interior	867	mm
Alto Soporte Gabinete Frontal	276	mm
Ancho Soporte 1	385,8	mm
Ancho Soporte 2	419,2	mm
Alto Soporte Gabinete Frontal 2	335,8	mm
Ancho Soporte Frontal Aplique	1209	mm

Carrocería Derecha		
Descripción	Valor	Unidad
Pestaña Piso	130	mm
Pestaña Piso 2	30	mm
Ancho Piso Frontal	1296	mm
Ancho Piso Posterior	497	mm
Distancia entre pared recorte Soporte C	60	mm
Tipo de Perfil	50	mm
Alto Banderola	500	mm
Ancho Banderola/ Ancho Tapa cables	460	mm
Tolerancia para Tapa Cables	1	mm
Alto Tapa Cables	465	mm
Largo Bandeja Frontal	1246	mm
Ancho Bandeja Frontal	390	mm
Tolerancia Entre Bandejas y gabinete	10	mm
	25	mm
Pestaña Bandejas	50	mm
Largo Bandeja Posterior	350	mm
Ancho Bandeja Posterior	442	mm
Ancho ángulo refuerzo superior	150	mm
Ancho ángulo Refuerzo Piso	505	mm
Largo ángulo amarre Bote	193,75	mm
Espacio Entre Soportes y Exterior Carrocería	40	mm
Tolerancia de Anchos soportes con respecto a Ga	110	mm
Tolerancia soporte a Carrocería	5	mm
Ancho Soporte	310	mm
Ancho Soporte Total	785	mm
Alto Soporte	405,8	mm
Largo Soporte Frontal	1057	mm
Largo Soporte Posterior	304	mm
Recorte Llanta repuesto Soporte Posterior	100	mm
Espesor Bisagra	11	mm
Pestaña para Bisagra	40	mm
Sobredimensionamiento Puertas	25	mm
Largo Pestaña	15	mm
Inclinación Pestaña	10	°
Componente en X Pestaña	14,77212	mm
Espacio Tambor y Gatos Hidraulicos	45	mm
Espacio Tambor y piso/techo	18	mm
Pestaña Tambor	50	mm
Pestaña Tambor 2	22	mm
Pestaña Trasera Tambor	45	mm
Pestaña Puerta Entrada Complemento	23	mm
Inclinación Pestaña Complemento	40	°
Pestaña Puerta Entrada Cantonera Complemento	25	mm
Componente en X Pestaña Complemento	52,85707	mm
Largo Puerta Frontal	647,2279	mm
Alto Puerta Frontal	887,4558	mm
Largo Puerta Complemento	584,1429	mm
Alto Puerta Posterior	887,4558	mm
Largo Puerta Posterior	398,2279	mm
Largo Puerta Aplique Frontal	841,4558	mm
Alto Puerta Aplique Frontal	400	mm
Largo Piso Aplique Frontal	1015	mm
Pestaña piso Aplique Frontal	130	mm
Alto Gabinetes interior	867	mm
Alto Soporte Gabinete Frontal	276	mm
Ancho Soporte 1	385,8	mm
Ancho Soporte 2	419,2	mm
Alto Soporte Gabinete Frontal 2	162,8	mm
Ancho Soporte Frontal Aplique	588	mm

Parte Trasera		
Descripción	Valor	Unidad
Ancho Estribo Trasero	300	mm
Largo Estribo Trasero	2500	mm
Pestaña 1 Estribo	100	mm
Pestaña 2 Estribo	30	mm
Carrocería Estribo	20	mm
Alto Triangulo	300	mm
Largo Triangulo	320	mm
Ancho Triangulo	56	mm
Largo Soporte Trasero	2413,65	mm
Espacio Entre Estribo y soporte	40	mm
Ancho Soporte Trasero	233,65	mm
Ancho a Soporte Posterior	156,175	mm
Alto Soporte Trasero	433,975	mm
Ancho Inferior Tapa trasera	1470	mm
Ancho Superior Tapa Trasera	1790	mm
Pestaña Techo Alfajor	30	mm
Pestaña 2 Techo Alfajor	60	mm
Pie de Amigos Marco Trasero	150	mm
Lleva estribo trasero?	0	mm

Nota: Centro de cálculo de la matriz*, Fuente: Propia, 2024*

Una vez creada la matriz de parametrización, se inicia con el enlace de cada celda, con los parámetros correspondientes en el software SolidEdge, practicamente se vinculan con las dimensiones generales de cada pieza. Luego de enlazar la matriz, se realizan varias pruebas, modificando ciertas medidas para visualizar la efectividad de la matriz.

Debido a que estos documentos son almacenados en un servidor, su tiempo de respuesta demora el proceso en la modificación de medidas, tomando hasta 5 minutos para la modificación completa de la carrocería. Esto produce que piezas que están enlazadas a otras piezas pierdan esa conexión y no respondiendo a los parámetros digitalizados por el diseñador. También en conjunto se solicita ayuda técnica al servicio de soporte técnico de SolidEdge el cual la casa matriz es Siemens, donde confirman que al ser el modelo ST10 2017, versión adquirida por la empresa Alpecorp Colombia S.A.S, no tiene las suficientes herramientas para poder enlazarse con una matriz de Excel lo suficiente robusta para este tipo de aplicaciones, sin embargo, se toma la decisión de corregir los errores, retomando los enlaces de conexiones con la matriz perdidas para empezar el proceso de fabricación.

El proceso de corte y doblez se lleva a cabo mediante un proveedor externo, al cual se le suministra el material y los planos de diseño. Debido a que esta matriz por más que se simplifique siempre fallará por temas de versión del software, no se decide realizar el sistema de cálculo integrado a esta misma y se buscan otras alternativas para dar cumplimiento a uno de los objetivos de este proyecto.

Esta carrocería llegó el 28 de mayo del 2024 a las instalaciones de la empresa, en conjunto a esto, se realiza la verificación de medidas de cada una de las piezas para asegurarse que se encuentra en las tolerancias de aceptación del producto y una vez realizada esta tarea se procede a entregar los planos de detalle mostrados en el punto 5.1 al soldador carrocero para su ensamblaje.

Imagen 23. *Piezas de la 1 carrocería.*



Nota: Piezas de la 1 carrocería*, Fuente: Propia, 2024*

La construcción de esta carrocería tiene un lapso de 2 semanas, iniciando por los laterales y por último la parte trasera, para así ensamblar estos subensambles mediante un perfil de amarre, que dará la suficiente estructura al conjunto.

Imagen 24. *Proceso de fabricación de la primera carrocería.*



Nota: Proceso de fabricación de la primera carrocería*, Fuente: Propia, 2024*

Una vez el chasis ha llegado a las instalaciones, se inicia con la fabricación de la soportería de esta carrocería, debido a que este vehículo tiene como destino una zona portuaria; estos son fabricados en Acero inoxidable 304 para evitar la corrosión.

Imagen 25. *Soportería de la carrocería.*



Nota: Soportería de la carrocería*, Fuente: Propia, 2024*

Conjunto a esto, la carrocería entra en proceso de pintura para posteriormente ser acoplada al chasis, todo este proceso es llevado a cabo en un tiempo de 2 meses dependiendo de la cadena de producción actual de la empresa. El área de diseño tardaba 2 meses en elaborar todo un vehículo, pero con la nueva matriz de parametrización, esto se redujo a 1 mes considerando las fallas presentadas por el software. En la actualidad este vehículo se encuentra en preparación para pruebas de desempeño para luego entregar al cliente.

Imagen 26. *Proceso de Pintura y ensamblaje de la carrocería.*

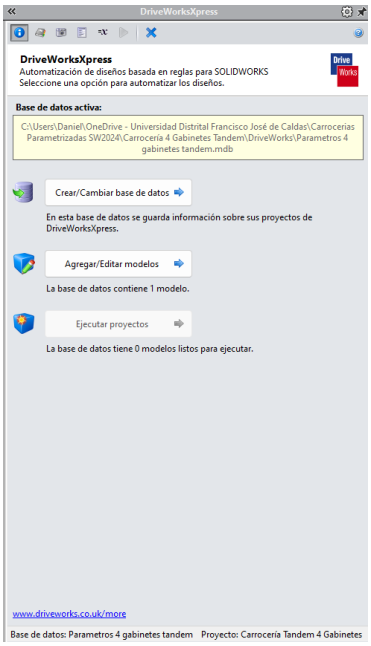


Nota: Proceso de Pintura y ensamblaje de la carrocería*, Fuente: Propia, 2024*

En el avance del proyecto, se evidenciaba que este sistema de parametrización siempre iba a presentar fallos, la empresa Alpecorp Colombia S.A.S ha comenzado analizar los diferentes softwares de modelamiento CAD para poder solucionar esta problemática, donde la mejor opción se la lleva el software SolidWorks, ya que cuenta con una herramienta especial llamada DriveWorksXpress, este se especializa en procesos de automatización de diseño ya que se basa en proyectos que trabaja con las mismas piezas teniendo diferencias mínimas y con las diferentes carrocerías clasificadas y dibujadas, se adapta de una manera positiva al objetivo de este proyecto.

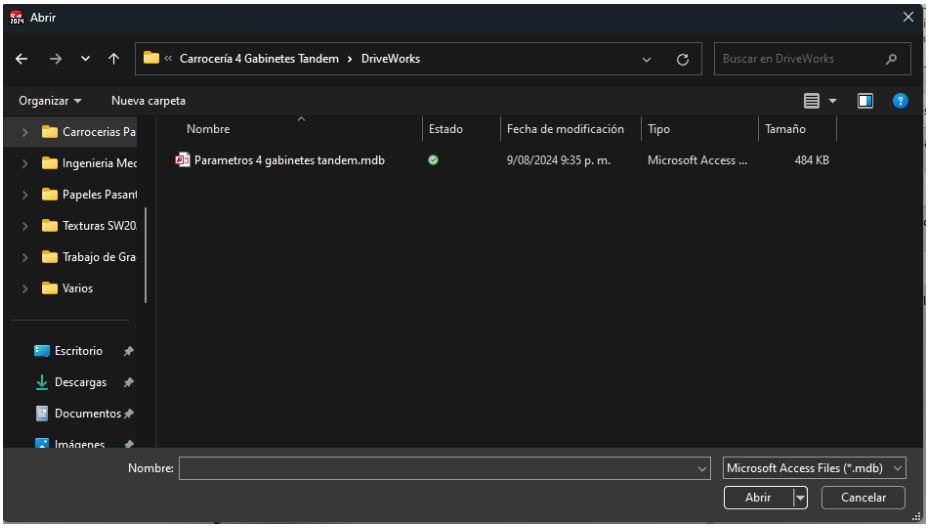
Para la segunda carrocería se opta por este sistema, teniendo en cuenta la gran cantidad de datos que se requieren para automatizar el sistema se trata de simplificar la mayor cantidad de operaciones y medidas que se repiten, para esto se usa solo una pieza en el software que contendrá las dimensiones generales y específicas de la carrocería, todos los ensambles y subensambles responderán a esta pieza. Así mismo esta pieza es la que responde a los parámetros del DriveWorksXpress.

Imagen 27. *Interfaz DriveWorksXpress.*



Nota: Interfaz DriveWorksXpress, *Fuente: Propia, 2024.*

Imagen 28. *Base de datos DriveWorksXpress.*



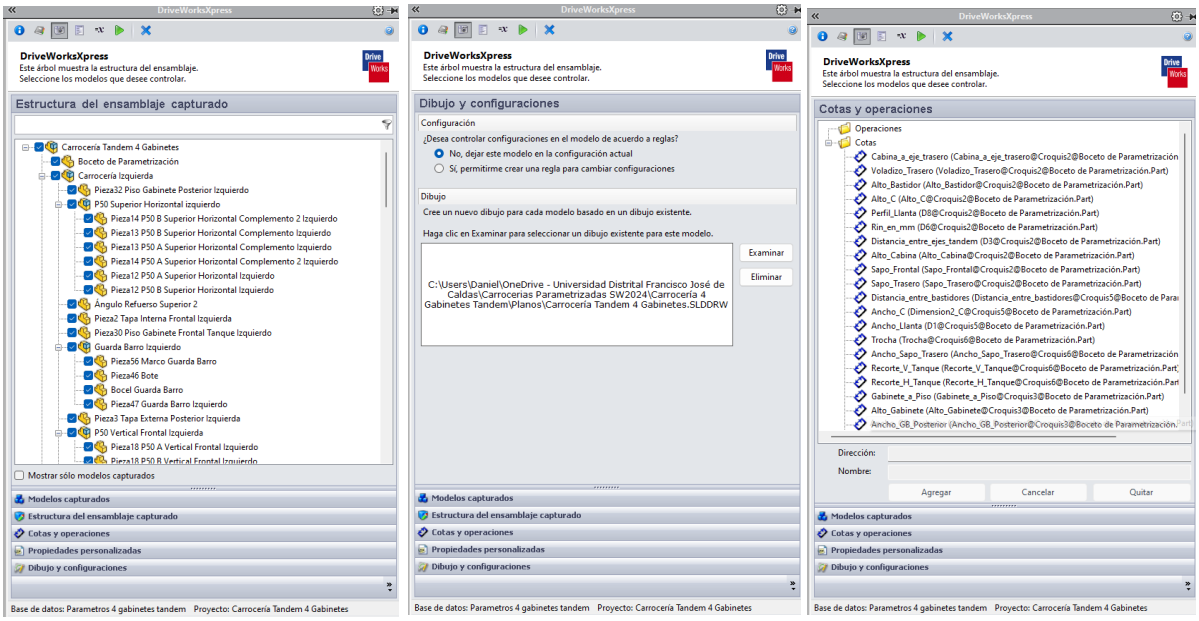
Nota: Base de datos DriveWorksXpress, *Fuente: Propia, 2024.*

Iniciando en la interfaz de DriveWorksXpress, se pide cargar o crear una base de datos donde estarán almacenados los parámetros de configuración, como se muestra en la

Imagen 27. Para esto se selecciona la primera opción, abriendo una ventana de explorador de archivos y que ingresando el nombre crea un documento Microsoft Access Files como se muestra en la *Imagen 28*. Así mismo, la interfaz pide que se cargue el ensamble de mayor jerarquía, donde se encuentran todas las piezas de la carrocería para posterior comenzar con la captura de todos los modelos existentes, en donde se centra en las medidas dispuestas en la pieza dedicada exclusivamente para esto como se habló anteriormente.

De ese modo, se cargan los planos fabricados anteriormente para que se encuentren enlazados y se modifiquen en conjunto con toda la carrocería, como se muestran en la *Imagen 29.*

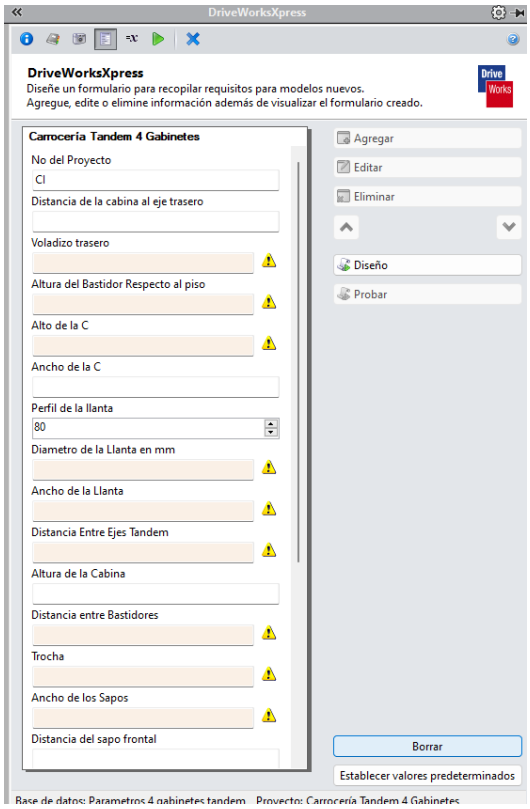
Imagen 29. *Captura, configuración de planos y medidas.*



Nota: Captura, configuración de planos y medidas*, Fuente: Propia, 2024.*

Por otro lado, se diseña la página principal que tendrá el sistema cada vez que se desee ejecutar un nuevo diseño, en este se capturan los elementos más importantes que influyen en las dimensiones de las carrocerías, como lo son las características del chasis, medidas generales del modelo deseado y el número del proyecto para su fácil identificación.

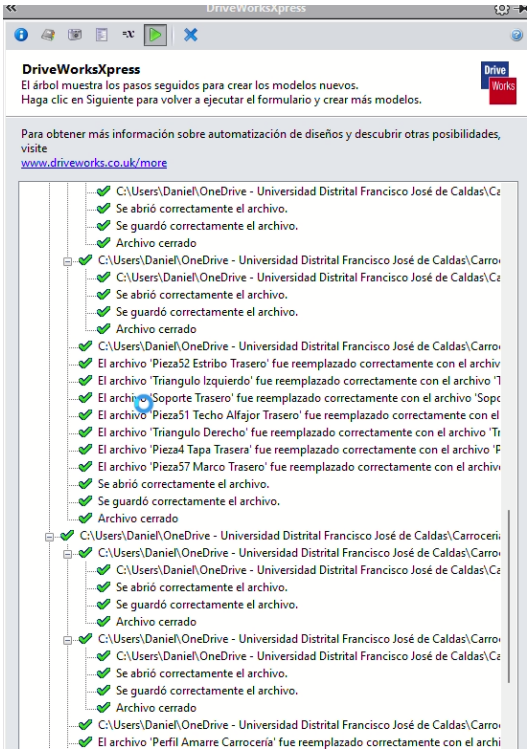
Imagen 30. *Formulario de diseño para nueva carrocería.*



Nota: Formulario de diseño para nueva carrocería*, Fuente: Propia, 2024.*

Por último, se definen las reglas para cada componente, la cual modificara el nombre de cada una de las piezas, sujeta a los elementos capturados en la *Imagen 30* y modificara las medidas en conjunto a unas ecuaciones dadas en la carrocería al momento de diseñarla. En lo que sigue, solo es digitar los datos requeridos y crear el nuevo modelo, este tarda aproximadamente 8 minutos, y este tiempo depende de la cantidad de piezas insertas en el ensamble. El Software genera un informe con una chek list informando de todos los procesos realizados y completados para así acabar con la automatización del modelado.

Imagen 31. *Finalización de la automatización de la carrocería.*

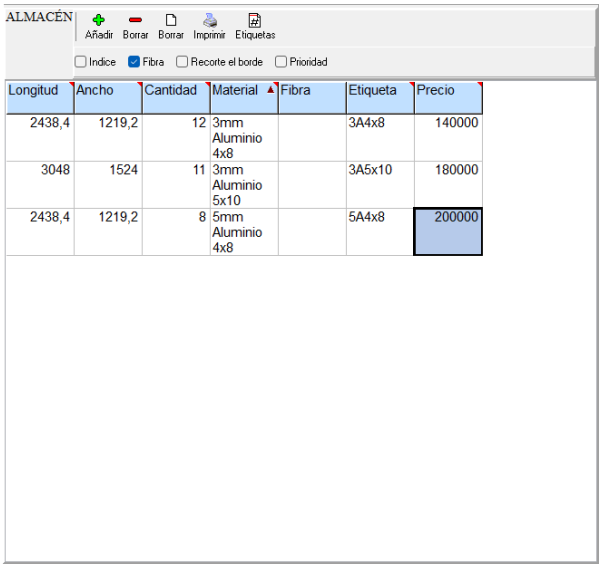


Nota: Finalización de la automatización de la carrocería*, Fuente: Propia, 2024.*

5.3. Sistema de cálculo para la cantidad de lámina a usar.

Para comenzar con la distribución de lámina de las carrocerías, se configura en el programa Cutting Optimization Pro, agregando las láminas en stock que se encuentran en el almacén de la empresa Alpecorp Colombia S.A.S. Las carrocerías se fabrican en 2 tipos de láminas, aluminio de 3 mm y aluminio de 5 mm, estas vienen en un formato de 4x8 o 5x10 ft, con base a esto, ese valor se agrega al programa en el apartado de almacén.

Imagen 32. *Stock de lámina de aluminio de la empresa Alpecorp Colombia S.A.S*



Longitud	Ancho	Cantidad	Material	Fibra	Etiqueta	Precio
2438,4	1219,2	12	3mm Aluminio 4x8		3A4x8	140000
3048	1524	11	3mm Aluminio 5x10		3A5x10	180000
2438,4	1219,2	8	5mm Aluminio 4x8		5A4x8	200000

Nota: Stock de lámina de aluminio de la empresa Alpecorp Colombia S.A.S*, Fuente: Propia, 2024.*

En las columnas de longitud y ancho se agrega las dimensiones de la lámina, no importa el orden en el que sean agregadas ya que el software es capaz de calcular la mejor manera de acomodar la pieza. Continuando así, con la columna de cantidad, la cual indicara cuantas láminas hay en stock, la columna de etiqueta es la referencia es para tener en cuenta el tipo de lámina y por último la columna de precio la cual se agrega el valor unitario de cada lámina.

Una vez completado estos datos como se muestra en la *Imagen 32*, se procede agregar las dimensiones de cada pieza teniendo en cuenta el material como se muestra en la siguiente imagen.

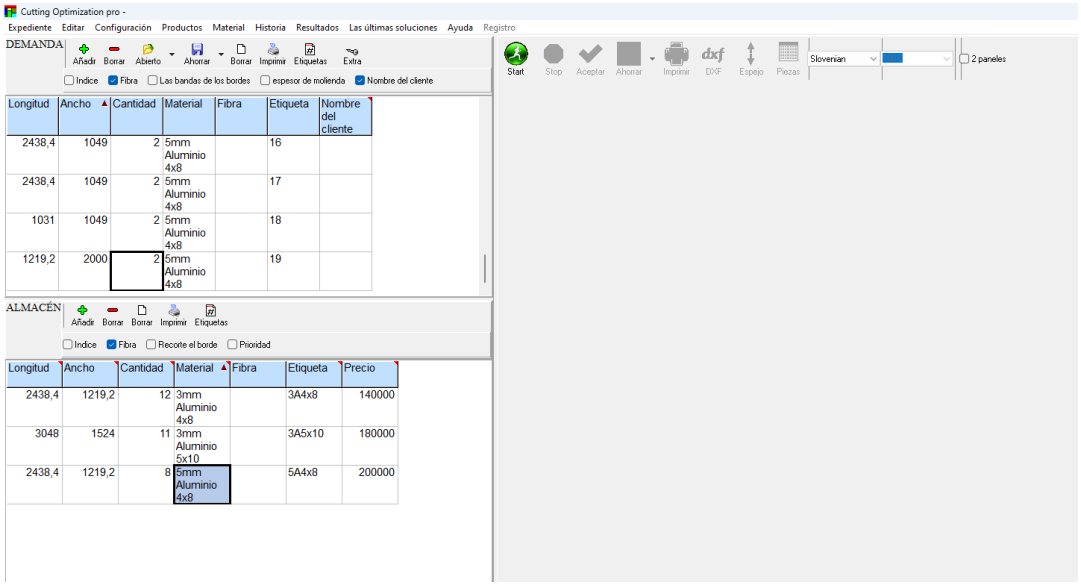
Imagen 33. *Piezas agregadas para la distribución de lámina.*

Longitud	Ancho	Cantidad	Material	Fibra	Etiqueta	Nombre del cliente
1219,2	801	1	3mm Aluminio 4x8		1	
992	893	1	3mm Aluminio 4x8		2	
992	893	1	3mm Aluminio 4x8		3	
1149	992	1	3mm Aluminio 4x8		4	

Nota: Piezas agregadas para la distribución de lámina.*, Fuente: Propia, 2024.*

Al agregar todas las piezas que tenemos en los planos, se procede a ejecutar el programa en el botón “Start”, el cual arroja todas las láminas que se requieren para esta carrocería

Imagen 34. *Ejecución del programa cutting optimization pro.*

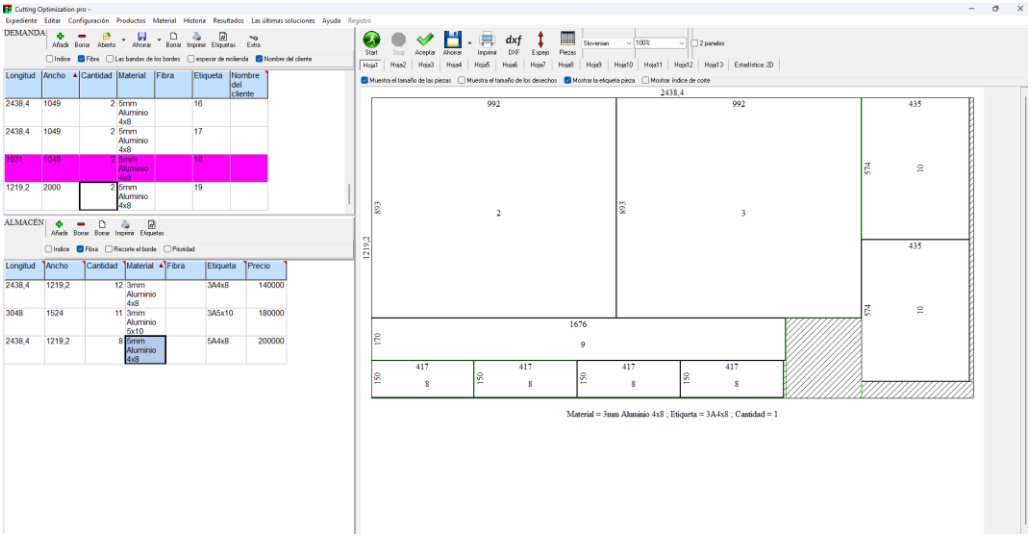


Nota: Ejecución del programa cutting optimization pro.*, Fuente: Propia, 2024.*

Para esta carrocería genera que se necesita 5 láminas de aluminio 3 mm en formato 4x8 ft y 8 láminas de aluminio 5 mm en formato 5x10 ft, si por alguna razón no hay láminas en stock el programa lanza un aviso y subraya en color morado las piezas que hicieron falta por agregar en la distribución.

Estas hojas arrojadas por el software son exportadas en formato PDF y son adjuntadas en los planos de construcción y fabricación.

Imagen 35. *Distribución de lámina para carrocerías.*



Nota: Distribución de lámina para carrocerías.*, Fuente: Propia, 2024.*

5.4. Creación del manual de usuario.

El manual de usuario detalla paso a paso para crear y automatizar una carrocería tipo cisterna, desde la introducción a DriveWorksXpress, el modelado de la carrocería, los primeros pasos en DriveWorksXpress, la captura de los datos de la carrocería, la captura de planos de fabricación, la captura de configuraciones y la ejecución final del proyecto.

Cabe resaltar, que este manual también sirve de guía para otro tipo de carrocerías ya que se basa en la misma estructura, solo que cambia algunas configuraciones y cantidad de piezas. Así mismo, a medida que se presenten nuevos proyectos, estos manuales se crearan para las diferentes categorías ofrecidas por Alpecorp Colombia S.A.S.

Por temas de confidencialidad este manual no será publicado en conjunto al informe final, solo será presentado al docente director y al director externo para su aprobación.

5.5. Gestionar cambios en el Sistema de Gestión de Calidad (SGC).

Para desarrollar la implementación de cambios en el sistema de gestión de calidad de Alpecorp Colombia S.A.S., se revisan y se validan los documentos finales acatando los criterios y necesidades planteados en los objetivos. Este nuevo sistema se incorpora en el SGC ya que se crea nuevas plantillas y formularios para el área de diseño, siendo así de gran importancia llevar el control de calidad debido a que involucra el proceso de fabricación el cual esta enlazado con otros procesos de gestión de calidad.

Una vez creado el formato, este es presentado al director externo para su revisión, teniendo en cuenta las modificaciones y observaciones propuestas por este. Acorde con esto, es presentado al gerente para su posterior aprobación y que este sea incluido en los sistemas de gestión de calidad.

Luego de la aprobación se ponen en marcha las nuevas directrices de calidad realizando en primer lugar capacitaciones al personal relevante para que este familiarizado con los nuevos estándares y sean aplicados en el trabajo diario, para esto es importante el manual de usurario el cual sirve de guía paso a paso para la elaboración de nuevas carrocerías. Y así mismo, a medida que sea implementado en nuevos proyectos realizar un monitoreo para garantizar la mejora continua y finalizar los debidos cambios en errores que surjan a lo largo del tiempo.

Mantener la comunicación asertiva y fluida entre los equipos de diseño, fabricación e ingeniería es fundamental para llevar a cabo el éxito de los proyectos para tener así un monitoreo en tiempo real y registrar a tiempo los parámetros críticos que se presenten con la implementación de este nuevo sistema.

6. CONCLUSIONES.

- En las dos carrocerías presentadas en este informe se implementó la mejor opción que consistía en optimizar la matriz de parametrización, se generaron resultados positivos dado el uso de la herramienta de automatización puesto que el uso de hojas de cálculo ocasionaba fallos. En conclusión, esto demuestra la efectividad y preeminencia de un software con la herramienta de DriveWorks.
- El sistema de cálculo tipo “Nesting” implementado en una de las carrocerías permitió calcular las cantidades de láminas generadas por cada pieza, necesarias a utilizar en el presente proyecto, esta es una herramienta útil para el proceso de corte y doblez; agilizando tiempos en cotizaciones con proveedores externos y suministrando el material correspondiente antes de tiempo.
- La creación de un manual de usuario no solo permitió manipular una herramienta, sino que también creo los lineamientos para que posteriormente se puedan elaborar nuevos instructivos de carrocerías, tanques, módulos y tubería. Adicionalmente el correcto desarrollo de un nuevo modelo CAD disminuyo errores y automatizo procesos que antes tardaban bastante tiempo.
- Uno de los cambios del sistema de gestión de calidad fue la implementación del manual de usuario el cual permitió no solo gestionar cambios en el mismo, sino que también genero impacto directamente en la eficiencia, competitividad y sostenibilidad de la empresa. El manual le permite al usuario una manipulación más intuitiva y una apropiación de nuevas tecnologías con la herramienta de DriveWorks en el software SolidWorks, esto orienta a una continua productividad al optimizar procesos, reduciendo costos y acortando tiempos para dar cavidad a más proyectos en el futuro.

7. BIBLIOGRAFÍA.

1. Wieder, M A. Roche, K M (2008). Issues Involving the Safe Operation of Fire Department Tankers*. International Fire Service Journal of Leadership and Management, Volume 2**(Number 1), 1 page.
2. Alfarao Bermúdez, M L. Muñoz Jélvez, F. Romo Silva, R. Farías Salazar, D. Chavarriga Guerrero, M. Fregonara Bermúdez, P (2020). Control de Incendios Forestales para Bomberos (Primera edición). Academia Nacional de Bomberos de Chile
3. UL Solutions. Fire and Emergency Apparatus Testing and Certification. (2024, 31 de julio): Vehicle inspection program (VIP). https://www.ul.com/services/fire-and-emergency-apparatus-testing-and-certification
4. Hansen International. (2024, 31 de julio): Products: Roll up Doors. https://www.hansenint.com/our-products
5. Ferrara. (2024, 23 de agosto) Custom chassis: Safest CAB. https://ferrarafire.com/custom/chassis/
6. 1200 Degrés. (2024, 23 de agosto). E-one. CYCLONE CHASSIS. MORE INTERIOR SPACE THAN EVER BEFORE. https://1200-degres.com/app/uploads/2023/11/cyclone-1.pdf
7. Meneses Alonso, J. Álvarez Caldas, C. Rodríguez Fernández, S (2006). Introducción al Solid Edge. International Thomson Paraninfo, S.A. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=sUFwDpdEMxoC&oi=fnd&pg=PR3&dq=SolidEdge&ots=ROsJz9mhHq&sig=oNmzo5I_fx522M3fndOLyF-vf-0#v=onepage&q=SolidEdge&f=false
8. Rodríguez Vidal, C. López Maroño, J. (2015). Diseño mecánico con SolidWorks 2015: Introducción al SolidWorks. RA-MA. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=c6e6EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=SolidWorks&ots=oCRG5rdhhW&sig=bJecmjegHQgyEYE3lNbh6ei6fMo#v=onepage&q=SolidWorks&f=false
9. Forgacs, K, B. Rao, X. (2022). DESIGN AUTOMATION OF PRE-SEPARATOR WEDGES FOR FRIB ADVANCED RARE ISOTOPE SEPARATOR. 15th International Particle Accelerator Conference, Nashville, TN. JACoW Publishing. https://inspirehep.net/files/067bbf5397ddb2d64491bd4302657948
10. ISO. (2024,23 de agosto) ISO 9001:2015(es). Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos: Introducción. https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es