

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Aeroespacial

Modelado y recreación virtual de la máquina de
vapor Ruston-Hornsby para uso agrícola

Autor: José Manuel Medina Linares
Tutor: Francisco Andrés Valderrama Gual

Dpto. Ingeniería gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Aeroespacial

Modelado y recreación virtual de la máquina de vapor Ruston-Hornsby para uso agrícola

Autor:
José Manuel Medina Linares

Tutor:
Francisco Andrés Valderrama Gual
Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2018

Trabajo Fin de Grado: Modelado y recreación virtual de la máquina de vapor
Ruston-Hornsby para uso agrícola

Autor: José Manuel Medina Linares

Tutor: Francisco Andrés Valderrama Gual

Sevilla, 2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN..... 7

DEFINICIÓN E HISTORIA, MÁQUINA DE VAPOR.... 8

Definición

Evolución histórica, primeros modelos

Tipos de máquinas de vapor

COMPAÑÍA RUSTON HORNSBY..... 16

Historia y orígenes

Mercado y ocupación

UBICACIÓN DE LA MÁQUINA..... 21

ESQUEMAS Y BOCETOS PREVIOS..... 22

MÓDULOS Y HERRAMIENTA DE CATIA..... 23

MODELADO Y MONTAJE..... 26

CONJUNTO A

CUERPO

CONJUNTO B

PARTE INTERNA

CONJUNTO C

TREN DELANTERO

CONJUNTO D

ARRASTRADOR

CONJUNTO E

EJE RUEDA TRASERA

CONJUNTO F

ENLACE DELANTERO-TRASERO

CONJUNTO G

RUEDA DELANTERA

CONJUNTO H

TAPA TRASERA

CONJUNTO I

TAPA CENTRAL

CONJUNTO J

PUERTA DELANTERA

CONJUNTO K

PUERTA TRASERA

CONJUNTO L

GRIFO DESAGÜE

CONJUNTO M

CHIMENEA

CONJUNTO N

FRENO TRASERO

CONJUNTO O

CIGÜEÑAL Y VOLANTE DE INERCIA

CONJUNTO P

BIELA

CONJUNTO Q

PISTÓN

CONJUNTO R

CARCASA TRASERA SUPERIOR

CONJUNTO T

ACTIVADOR VÁLVULA DE DISTRIBUCIÓN

CONJUNTO U

REGULADOR DE WATT

CONJUNTO V

INDICADOR NIVEL DE AGUA

CONCLUSIÓN..... 180

BIBLIOGRAFÍA..... 181

INTRODUCCIÓN

[\(ÍNDICE DE CONTENIDOS\)](#)

El presente documento se corresponde con el estudio y modelado de la máquina de vapor Ruston Proctor Portable Engine, haciendo un estudio pormenorizado de su historia, funcionamiento y detalles de construcción y ensamblado. A lo largo del documento se han añadido referencias o vínculos para que resulte más cómoda su visualización.

En primer lugar, se realizará un estudio de la máquina de vapor en términos generales, detallando su evolución histórica, así como los diferentes tipos de modelos que se pueden encontrar en lo referente a sus características funcionales. Se intentará en este apartado que el lector comprenda en términos generales el funcionamiento de estos singulares dispositivos, así como sus elementos principales, especificando también los principales artífices y responsables, de la evolución de esta tecnología.

A continuación, se hará una introducción de carácter histórico de la compañía responsable de la máquina de vapor que se aborda en este documento, nombrando algunos de los modelos más representativos que a lo largo de su historia desarrolló dicha compañía.

Se intentará ilustrar en la medida de lo posible los usos principales de la máquina que abordamos, así como las condiciones de funcionamiento y los principales lugares donde estos singulares artefactos se han desarrollado y puesto en funcionamiento.

Particularizando el trabajo a la máquina concreta sobre la que se ha realizado el estudio, se indicará a grosso modo la ubicación donde se puede encontrar ésta Proctor Portable conservada en muy buenas condiciones y que a título personal merece la pena observar y estudiar.

A continuación, se indicará el punto de partida del modelado, es decir, el proceso de recogida de datos ilustrando algunos de los esquemas o bocetos previos, de las diferentes piezas y conjuntos que componen la máquina que se aborda.

Entrando en el módulo principal que abarca este Trabajo, se detallarán las principales características del programa CATIA, así como algunas de las herramientas principales que se harán uso para el modelado de la máquina.

Finalmente se procederá al modelado, haciendo uso de la herramienta de diseño asistido por ordenador (CATIA), realizando un análisis exhaustivo de todas las piezas y componentes que forman la máquina, así como una amplia explicación del funcionamiento de cada elemento justificando su diseño y en la medida de lo posible el proceso de fabricación y ensamblaje de cada componente. Durante este proceso se ilustrarán todas las piezas realizadas, así como una comparativa con el diseño real de la máquina.

DEFINICIÓN E HISTORIA, MÁQUINA DE VAPOR

[\(ÍNDICE DE CONTENIDOS\)](#)

Definición

Una máquina de vapor es un motor de combustión externa que transforma la energía de una cierta cantidad de vapor de agua en trabajo mecánico. En esencia el ciclo de trabajo se realiza en dos etapas: habiéndose generado previamente el vapor en la caldera por calentamiento directo mediante la quema de algún combustible (carbón o madera en sus inicios, derivados del petróleo y gas natural con posterioridad) el vapor es introducido en el cilindro arrastrando el émbolo o pistón en su expansión; empleando un mecanismo de biela-manivela éste se puede transformar en movimiento de rotación de, por ejemplo, el rotor de un generador eléctrico. Una vez alcanzado el final de carrera el émbolo retorna a su posición inicial expulsando el vapor de agua. El ciclo se controla mediante una serie de válvulas de entrada y salida que regulan la renovación de la carga, es decir, los flujos del vapor hacia y desde el cilindro.

En la Figura 1 se puede observar un esquema convencional de una máquina de vapor de émbolo.

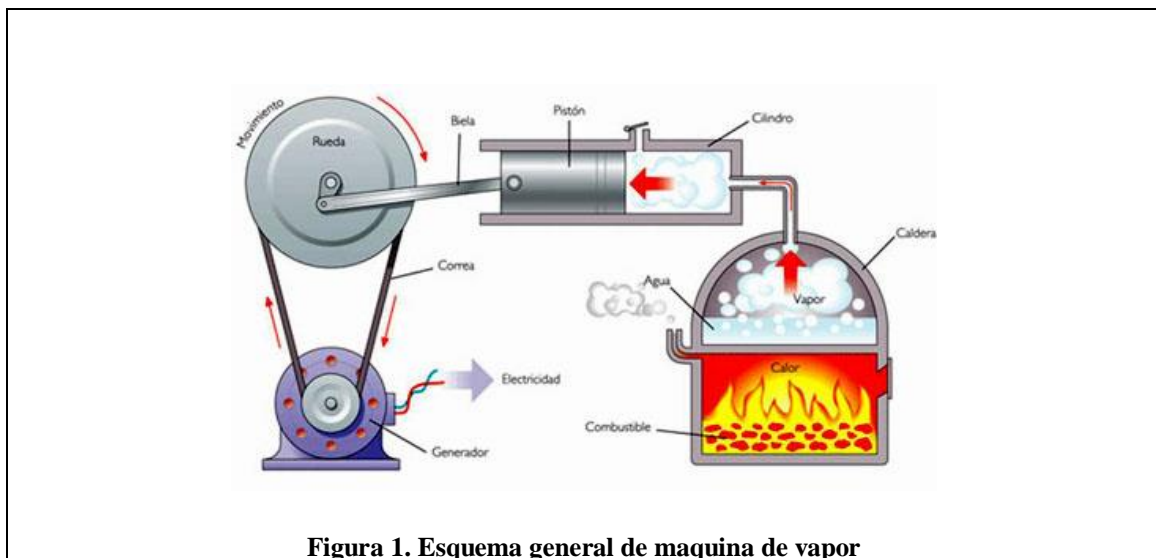


Figura 1. Esquema general de maquina de vapor

Los motores de vapor fueron extensamente utilizados en máquinas y aparatos tan diversos como bombas, máquinas locomotoras, motores marinos, etc. durante la Revolución Industrial en cuyo desarrollo tuvo un papel relevante. Las modernas máquinas de vapor utilizadas en la generación de energía eléctrica no son ya de émbolo (o desplazamiento positivo) como las descritas si no que son turbomáquinas, es decir, atravesadas por un flujo continuo de vapor y reciben la denominación genérica de turbinas de vapor. En la actualidad la máquina de vapor alternativa es un motor muy poco usado salvo para servicios auxiliares ya que se ha visto desplazado especialmente por el motor eléctrico en la maquinaria industrial y por el de combustión interna en el transporte.

Evolución histórica, primeros modelos

Muchos han sido los autores que han intentado determinar la fecha de la invención de la máquina de vapor atribuyéndola a tal o cual inventor, intento vano ya que la historia de su desarrollo está plagada de nombres propios. Desde la recopilación de Herón hasta la sofisticada máquina de Watt son multitud las mejoras que en Inglaterra y especialmente en el contexto de una incipiente Revolución Industrial en los siglos XVII y XVIII condujeron sin solución de continuidad desde los rudimentarios primeros aparatos sin aplicación práctica a la invención del motor universal que llegó a implantarse en todas las industrias y utilizarse en el transporte desplazando los tradicionales *motores* como el animal de tiro, el molino o la propia fuerza del hombre.

Entre las reliquias de la civilización egipcia encontramos el primer registro conocido de una máquina de vapor en el manuscrito de Herón de Alejandría titulado *Spiritualia seu Pneumatica*. Los aparatos allí descritos, no se sabe con certeza si fueron obra del ingenio de Herón porque él mismo dice en su obra que su intención no es otra que recopilar las máquinas que ya eran conocidas y añadir las inventadas por él.

Esta máquina atribuida a Herón se denomina *Eolípila*. Era un curioso mecanismo que consistía en una esfera hueca que rotaba sobre su eje a la que se adaptaban dos tubos curvos. Se llenaba de agua y se ponía al fuego consiguiendo así expulsar vapor por los dos tubos laterales lo que hacía girar de forma rápida el mecanismo. Está considerada como la primera máquina térmica de la historia creada en el siglo I. Durante mucho tiempo no fue científicamente estudiada, sirviendo sólo de juguete o entretenimiento.



Figura 2. Eolípila de Herón de Alejandría

Son muchos los que desarrollan a lo largo de la historia diferentes modelos teóricos cuyo común denominador de todos estos intentos es un tubo sumergido hasta prácticamente el fondo del recipiente de agua por donde ésta asciende al incrementarse la presión en la superficie libre del líquido, trabajos directamente relacionados con los estudios teóricos de Galileo, Torricelli, Pascal y Von Guericke sobre la presión atmosférica.

La primera máquina que se construyó fue inventada por Eduard Somerset, segundo marqués de Worcester, en 1663 y por su descripción es muy similar, conceptualmente, a la fuente de Caus, si bien de la máquina de Somerset se construyó un modelo en Vauxhall (cerca de Londres) en el castillo Rawlan en torno a 1665 con el propósito de elevar el agua a los pisos superiores de la construcción. Con las especificaciones técnicas escritas y las huellas dejadas en los muros del castillo Dircks pudo reconstruir la máquina construida en Vauxhall. Años después Savery fue capaz de recrear esta máquina la cuál patentó introduciendo algunas modificaciones.

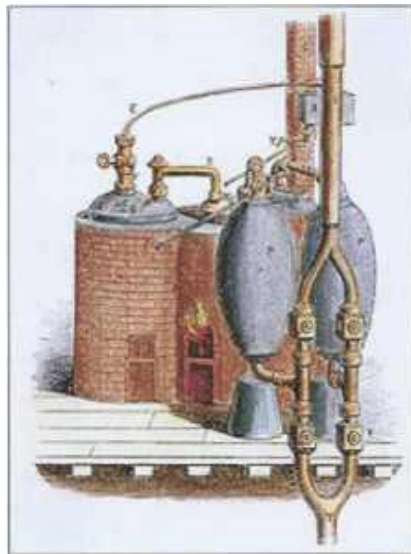


Figura 3. Máquina de vapor de Eduard Somerset

A diferencia de los dispositivos anteriores en los que el vapor actúa sobre la propia superficie libre del agua para impulsarla Huygens diseña en 1680 un aparato de pistón en el que el fluido es el aire caliente producido en una explosión que al enfriarse y contraerse arrastra el émbolo elevando un peso. Años más tarde Papin (1690) sustituye el aire por vapor de agua e incluso en una modificación posterior (1695) diseña un horno y generador de vapor de gran eficiencia con el que logra importantes ahorros de combustible y hasta cuatro golpes del pistón por minuto. Sin saberlo Papin se encontraba muy cerca de desarrollar la máquina de vapor, sin embargo, Leibniz en 1705 le hace llegar un dibujo de la máquina de Savery y dos años más tarde diseña un nuevo tipo de máquina para elevar el agua, modificación de la de Savery, en la que abandona el modelo de Huygens lo que supuso un evidente retroceso.

Tipos de máquinas de vapor

1-Máquinas de émbolo

Máquina de émbolo simple

Las máquinas de émbolo utilizan vapor presurizado. A través de pistones de doble efecto, el vapor presurizado entra alternativamente a cada lado mientras que por el otro se libera o se envía a un condensador. La energía es absorbida por una barra de deslizamiento sellada contra el escape del vapor. Esta varilla, a su vez, acciona una biela conectada a una manivela para convertir el movimiento alternativo en movimiento rotatorio.

Además, se utiliza otra manivela para accionar el engranaje de la válvula, usualmente a través de un mecanismo que permite la inversión del movimiento rotatorio. Cuando se usa un par de pistones de doble efecto, el avance de la manivela está desplazado en un ángulo de 90 grados. Esto asegura que el motor siempre funcionará, sin importar en qué posición esté la manivela.

Este tipo de motores se desarrollaron fundamentalmente durante el siglo XVIII. Haciendo una recopilación en cuanto a las diferentes configuraciones que se pueden hallar de las diferentes máquinas de vapor desarrolladas en esta época encontramos algunos de los modelos ilustrados en la *Figura 4* cuyas características son:

- **A:** Balancines laterales.
- **B:** Balancín. Configuración adoptada por Newcomen y Watt.
- **C:** Balancín libre. Utilizado por Murdoch, asistente de Watt, en su modelo de locomotora de 1784
- **D:** Oscilante. Inventada por Murdoch en 1785.
- **E:** De campanario.
- **F:** Diagonal o inclinada.
- **G:** Embolo anular. Patentado el de un cilindro por Watt en 1784, y en 1845 por John Penn el de dos cilindros.
- **H:** Vertical invertida.

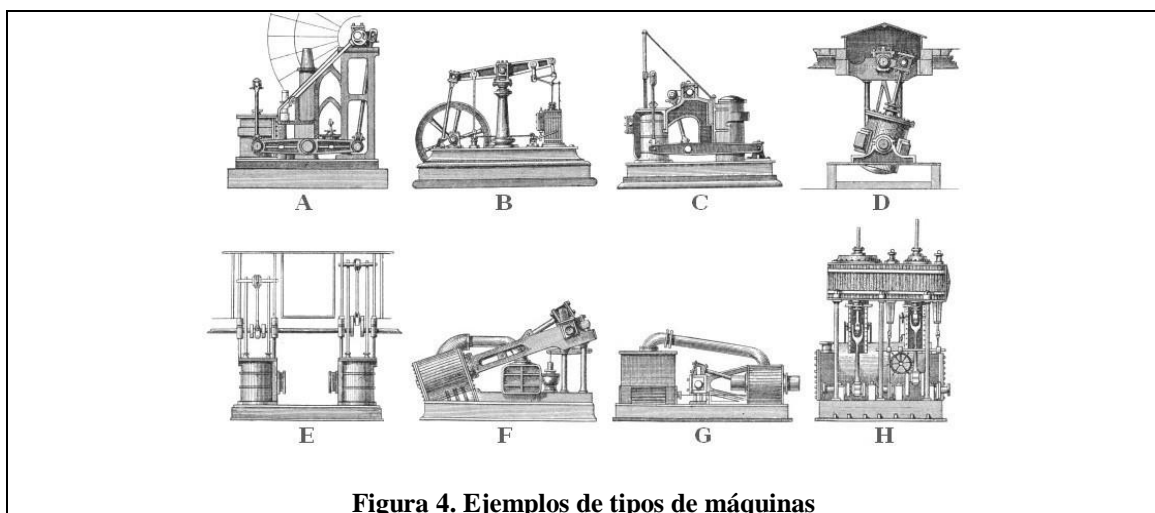


Figura 4. Ejemplos de tipos de máquinas

Máquina de émbolo múltiple, motores de expansión múltiple

Otro tipo de máquina de vapor utiliza varios cilindros de acción simple que incrementan su diámetro y movimiento progresivamente.

El vapor de alta presión de la caldera se utiliza para impulsar el primer pistón de menor diámetro hacia abajo. En el movimiento ascendente, el vapor parcialmente expandido es accionado dentro de un segundo cilindro que está comenzando su movimiento descendente.

Esto genera una expansión adicional de la presión relativamente alta liberada en la primera cámara. Así mismo, la cámara intermedia descarga hasta la cámara final, que a su vez se libera a un condensador. Una modificación de este tipo de motor, incorpora dos pistones más pequeños en la última cámara.

El desarrollo de este tipo de motor era importante para su uso en buques de vapor, ya que el condensador, al recuperar un poco de la potencia, convertía nuevamente el vapor en agua para su reutilización en la caldera.

Las máquinas de vapor terrestres podrían agotar gran parte de su vapor y ser rellenadas de una torre de agua dulce, pero en el mar esto no era posible.

Antes y durante la Segunda Guerra Mundial, el motor de expansión se utilizaba en vehículos marinos que no necesitaban ir a gran velocidad. Sin embargo, cuando fue requerida más velocidad, fue reemplazado por la turbina de vapor.

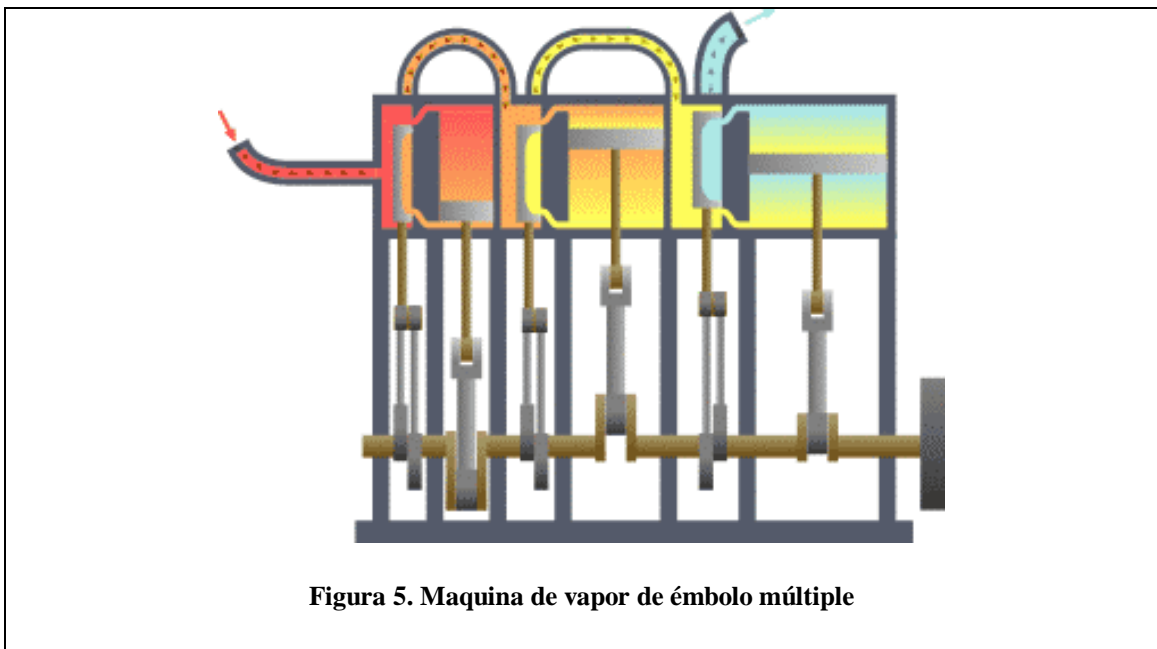


Figura 5. Máquina de vapor de émbolo múltiple

Motor uniflow o de flujo uniforme

Otro tipo de máquina de émbolo es el motor uniflow o de flujo uniforme. Este tipo de motor utiliza vapor que sólo fluye en una dirección en cada mitad del cilindro.

La eficiencia térmica se logra teniendo un gradiente de temperatura a lo largo del cilindro. El vapor siempre entra por los extremos calientes del cilindro y sale por unas aberturas en el centro del enfriador.

Esto se traduce en una reducción del calentamiento y enfriamiento relativos de las paredes del cilindro.

En los motores uniflow, la entrada de vapor suele ser controlada por válvulas de vástago (que funcionan de forma similar a las usadas en motores de combustión interna) que son accionadas por un árbol de levas.

Las válvulas de entrada se abren para admitir el vapor cuando se alcanza el volumen de expansión mínimo al comienzo del movimiento.

En un momento específico de la vuelta de la manivela, entra el vapor y se cierra la entrada del casquillo, permitiendo la expansión continua del vapor, accionando el pistón.

Al final del movimiento, el pistón descubrirá un anillo de orificios de escape alrededor del centro del cilindro.

Estos orificios están conectados al condensador, bajando la presión en la cámara causando una liberación rápida. La rotación continua de la manivela es lo que mueve al pistón.

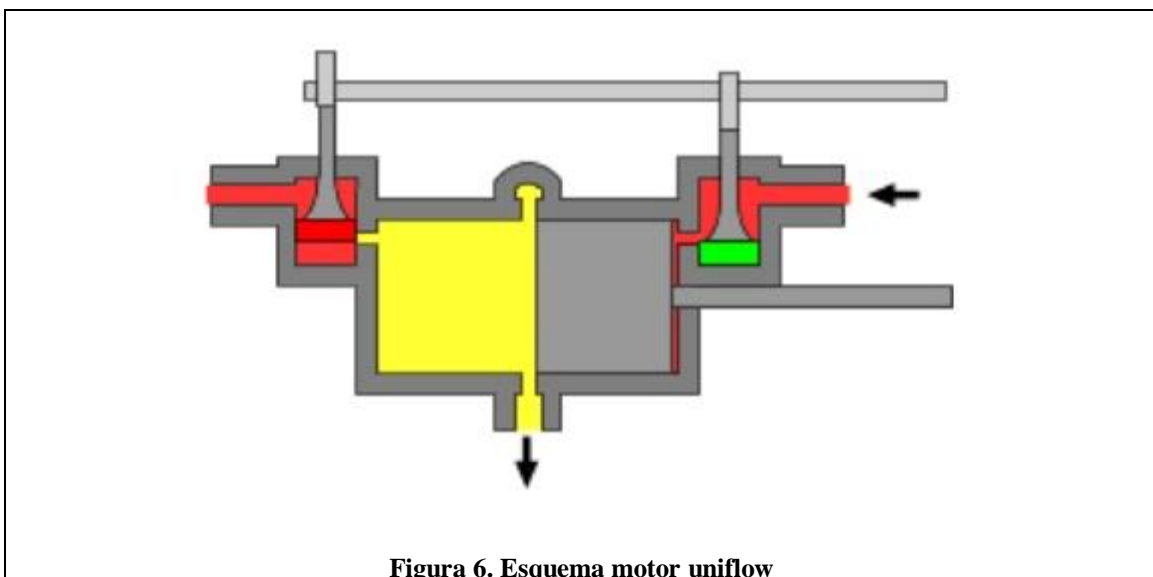


Figura 6. Esquema motor uniflow

2-Turbinas de vapor

Las turbinas de vapor de alta potencia utilizan una serie de discos giratorios que contienen una especie de palas tipo hélice en su borde exterior.

Estos discos móviles o rotores se alternan con anillos estacionarios o estatores, fijados a la estructura de la turbina para redirigir el flujo del vapor. Debido a la alta velocidad de operación, tales turbinas están normalmente conectadas a un engranaje de reducción para accionar otro mecanismo tal como una hélice de un buque.

Las turbinas de vapor son más duraderas y requieren menos mantenimiento que las máquinas de émbolo. También producen fuerzas de rotación más suaves en su eje de salida, lo que contribuye a menores requerimientos de mantenimiento y menor desgaste.

El principal uso de las turbinas de vapor es en las estaciones de generación de electricidad donde su alta velocidad de operación es una ventaja y su volumen relativo no es una desventaja. También se utilizan en aplicaciones marinas, impulsando buques grandes y submarinos.

Prácticamente todas las centrales nucleares generan electricidad mediante el calentamiento del agua y la alimentación de turbinas de vapor.

En la Figura 7 se observa un ejemplo esquemático de una turbina de vapor.

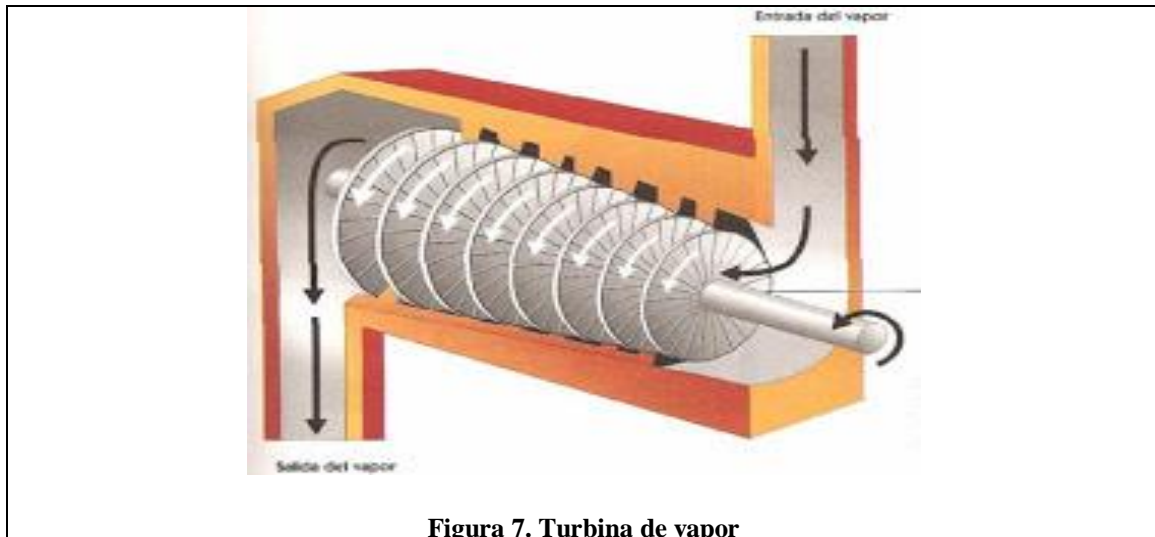


Figura 7. Turbina de vapor

3- Motores de propulsión

Existe un motor de propulsión submarino que utiliza vapor de alta presión para atraer agua a través de una toma en la parte delantera y expulsarlo a alta velocidad por la parte trasera.

Cuando el vapor se condensa en el agua, se crea una onda de choque que expulsa el agua por detrás.

Para mejorar la eficiencia del motor, el motor atrae aire a través de un respiradero delante del chorro de vapor, lo que crea burbujas de aire y cambia la forma en que el vapor se mezcla con el agua.

COMPAÑÍA RUSTON HORNSBY

[\(ÍNDICE DE CONTENIDOS\)](#)

Historia y orígenes

Ruston & Hornsby, más tarde conocido como Ruston, era un fabricante de equipos industriales en Lincoln, Inglaterra, la historia de la compañía se remonta a 1840 donde surge a partir de una compañía previa llamada Ruston Proctor and Company. Ruston, Proctor and Company se fundó en Lincoln, Inglaterra a principios del siglo XIX, y eran fabricantes de tractores de vapor y motores. Más tarde se convirtieron en Rustons y luego en Ruston & Hornsby.

La empresa se inició como constructores de molinos e implementó los fabricantes 'Burton & Proctor' de James Toyne Proctor y Theophilus Burton en Lincoln en 1840. Joseph Ruston se convirtió en socio de la compañía en 1857 comprando la parte de Burton y la compañía cambió su nombre a Ruston, Proctor & Co. y creció hasta convertirse en una importante empresa de ingeniería agrícola.

En 1865 Ruston se convirtió en el único propietario y en 1899 la firma se convirtió en una sociedad anónima con una mano de obra superior a los 1000 trabajadores. En 1918 se fusionó con la establecida compañía Richard Hornsby & Sons de Grantham, Lincolnshire para convertirse en Ruston y Hornsby. Esa compañía más tarde se fusionó con Bucyrus-Erie y Ruston-Bucyrus se estableció en 1930. Actualmente la compañía es parte del grupo Siemens de Alemania.



Figura 8. Logotipo Ruston Hornsby



Figura 9. Logotipo Ruston

Mercado y ocupación

Los Ruston eran principalmente ingenieros de vapor, fabricantes de motores portátiles, estacionarios y de tracción, calderas y productos de ingeniería asociados, como engranajes de bobinado, pozos y poleas. También fabricaron trilladoras, trituradoras de trébol, molinos de maíz, desgranadoras de maíz y bombas para producir vapor. Además de motores para máquinas agrícolas, Rustons fabricó locomotoras ferroviarias, equipos industriales y maquinaria para la minería. La compañía también se expandió a la ingeniería eléctrica y diésel.



Figura 10. Motor Ruston de 3hp tipo PB de 1935

La firma fue constructora de máquinas de vapor y de vapor portátiles durante muchos años, principalmente para el mercado agrícola, sin embargo, también crearon rodillos de vapor que se usaban para hacer carreteras y eran propiedad de contratistas y consejos.



Figura 11. Motor de tracción Ruston & Hornsby de 1922



Figura 12 Ruston & Hornsby motor portátil de 2 hp



Figura 13. Un motor portátil de Ruston, Proctor & Co.

Este tipo de máquinas se usaban especialmente en la agricultura como máquina de accionamiento para pasar por correas de trilla y prensas de residuos. Además, se utilizaban haciendo uso de un sistema de cuerdas para el arado del campo, así como de mecanismo propulsor en la extracción de agua de pozos.

Otras de las funciones comunes de este tipo de máquinas era el serrado de madera, empleándose en multitud de funciones dentro del aserradero.

Desde 1866 construyeron varias locomotoras de tanque con cuatro y seis acoplamientos, una de las cuales se envió a la Exposición de París en 1867. 1868 construyeron cinco motores de tanques 0-6-0 para Great Eastern Railway para el diseño de Samuel W. Johnson. Tres de estos fueron convertidos en tanques de grúa, dos de los cuales duraron hasta 1952. Entre los productos de la compañía había dieciséis para Argentina y algunos para TA Walker, el contratista que construyó el Canal Ship de Manchester.



Figura 14. Ferrocarril Talylyn n.º 5, construido por Ruston & Hornsby en 1940

La empresa fue una de las primeras en fabricar maquinaria de excavación impulsada por vapor, en la década de 1880, produciendo el buque de vapor "excavadora" de Dunbar & Ruston, Estas 2 máquinas cúbicas se usaron en la construcción del canal de buques de Manchester . En 1906 construyeron el "Ruston Light Steam Shovel", y lo exhibieron en el Royal Agricultural Show de 1907 celebrado en Lincoln, con una capacidad de 3/4 m³



Figura 15. Ruston y Hornsby máquina trilladora, segunda mitad del siglo 19

Ruston construyó motores de petróleo y diésel de variedad de tamaños, desde algunos HP hasta grandes motores industriales. Varios motores R & H están en exhibición en el Anson Engine Museum en Poynton nr Manchester . También en Internal Fire - Museum of Power , Tanygroes cerca de Cardigan. La compañía también se diversificó en la fabricación de motores de gasolina , desde 1,5 CV, algunos de estos diseños fueron fabricados posteriormente bajo licencia por The Wolseley Sheep Shearing Machine Company .



Figura 16. Coche Ruston y Hornsby 1920

Durante la Primera Guerra Mundial , Ruston ayudó en el esfuerzo de guerra , produciendo algunos de los primeros tanques y una serie de aviones, especialmente el Sopwith Camel .

Fue un desarrollador pionero y principal en la aplicación industrial de gas pequeñas (hasta 10.000 kW) desde la década de 1950 en adelante. En la década de 1960 fue el principal proveedor europeo de turbinas de gas terrestres. Introdujo la tecnología de combustión de baja emisión seca (DLE) a mediados de la década de 1990 convirtiéndose en líderes del mercado.

En la década de 1950, producía una turbina cada 15 días. La compañía vendió su turbina de gas número 1000 en julio de 1977. Ganó el Premio MacRobert en diciembre de 1983 por la turbina de gas Tornado.

UBICACIÓN DE LA MÁQUINA

(ÍNDICE DE CONTENIDOS)

Particularizando el trabajo a la máquina concreta sobre la que se ha realizado el estudio, antes de nada, debo comentar que, dada la falta de planos e información acerca de este tipo de máquinas, el proceso de diseño y modelado ha resultado muy tedioso y a veces excesivamente complicado.

Dicho esto, se procederá a recrear la cronología seguida en la ejecución del modelado.

En primer lugar, me tuve que desplazar a la ubicación donde se encontraba la máquina y una vez allí, tomar directamente las medidas realizando croquis improvisados en el acto.

Es por ello que a continuación se introducen las coordenadas con la ubicación de la máquina de vapor con objeto de dar la posibilidad a futuros lectores de este trabajo de comprobar de manera práctica la viabilidad del modelado, así como proporcionar una posible fuente de futuros trabajos complementarios al presente documento.

En la *Figura 17* se muestra una captura de Google maps con el lugar exacto donde se puede encontrar para el que lo desee la máquina objeto de estudio.

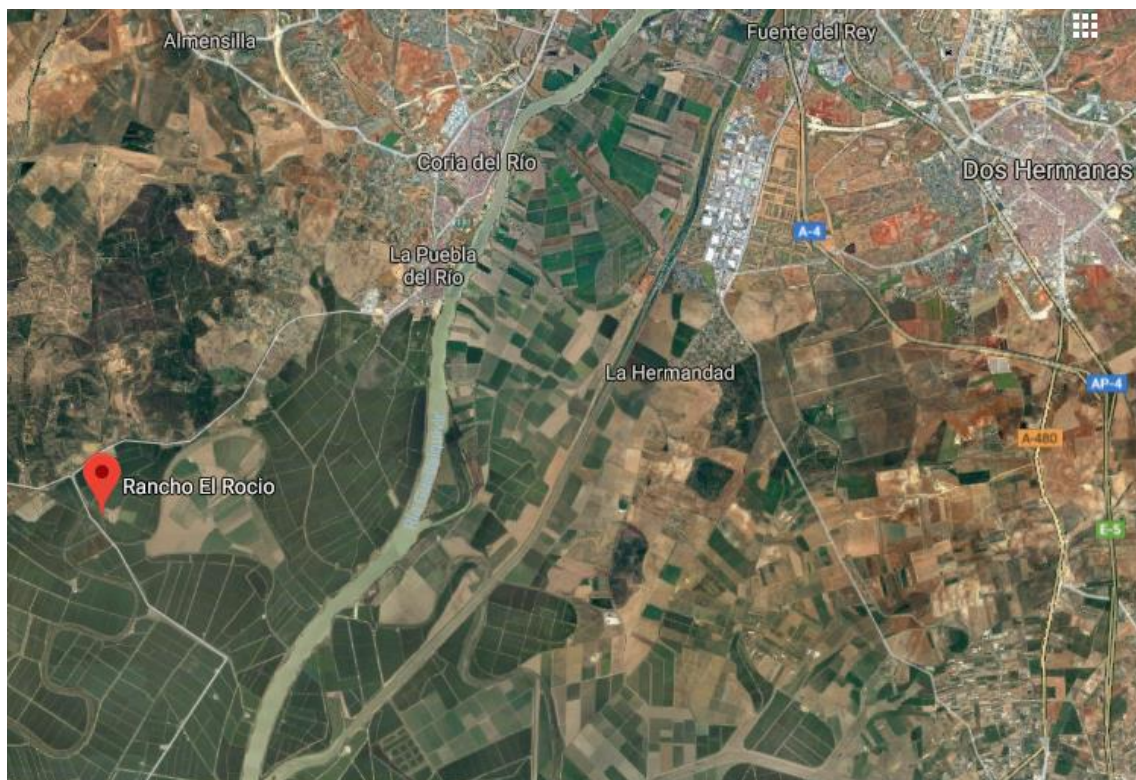


Figura 17. Carretera Puebla del Río a Isla Mayor, Km 9, 8, 41130 La Puebla del Río, Sevilla

ESQUEMAS Y BOCETOS PREVIOS

(ÍNDICE DE CONTENIDOS)

Tal y como se ha comentado previamente la falta de planos e información acerca de este tipo de máquinas ha resultado un verdadero hándicap en la elaboración de este proyecto.

Es por esa falta de planos por lo que ha sido necesario ir al lugar donde se encontraba el objeto de estudio indicado con anterioridad, y una vez allí realizar bocetos y toma de medidas in situ.

Se presentaron numerosas dificultades tales como el tamaño de la máquina y la falta de recursos básicos como un soporte sobre el que dibujar o una escalera para tomar las medidas de la parte superior.

A pesar de ello, y tras muchas horas tomando medidas y dibujando, se obtuvo un punto de partida en el que empezar el modelado de la multitud de piezas que compone la máquina.

Algunos de esos bocetos realizados a mano y que se toman como punto de partida en la elaboración de la maquina se representan en las *Figuras 18,19,20 y 21*

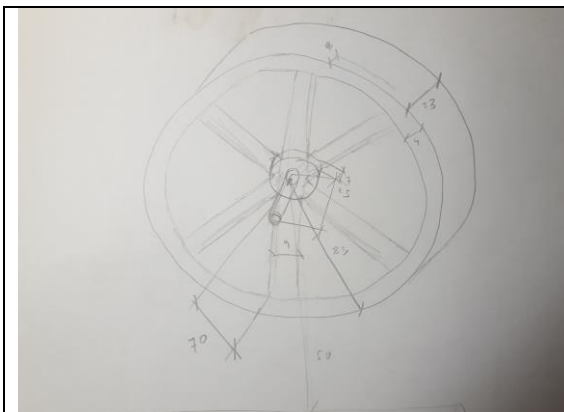


Figura 18. Boceto 1

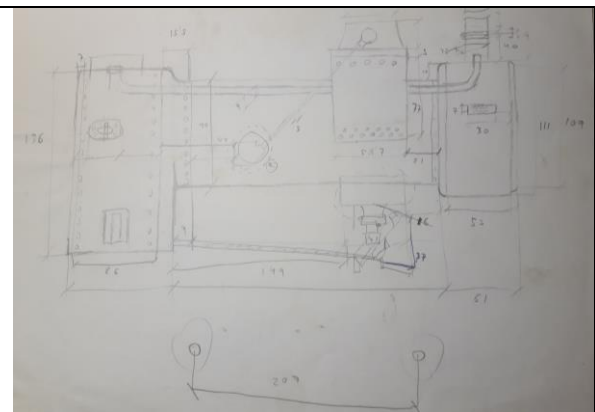


Figura 19. Boceto 2

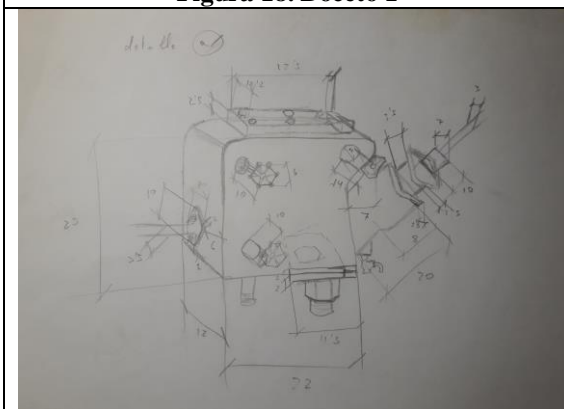
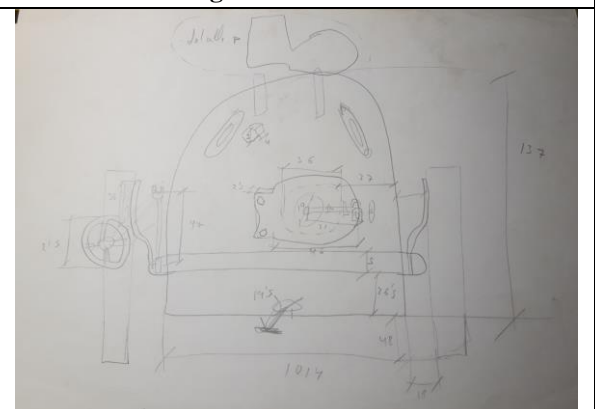


Figura 20. Boceto 3



MÓDULOS Y HERRAMIENTA DE CATIA

(ÍNDICE DE CONTENIDOS)

CATIA (computer-aided three dimensional interactive application) es un programa informático de diseño, fabricación e ingeniería asistida por computadora comercial realizado por Dassault Systèmes. El programa está desarrollado para proporcionar apoyo desde la concepción del diseño hasta la producción y el análisis de productos.



Figura 22. Logotipo CATIA

A lo largo de los siguientes apartados se hará uso de esta herramienta para el modelado de la máquina a vapor Ruston Hornsby y es por ello que se dará una pequeña guía de los módulos que se utilizarán, así como las principales herramientas empleadas durante el modelado.

A grandes rasgos en CATIA podemos trabajar bien con piezas individuales bajo la extensión .CATPart o bien con conjuntos de piezas bajo la extensión .CATProduct

Los módulos principales que usaremos serán por tanto “*Part Design*” “*Assembly Design*” y para piezas con geometrías más complejas se hará uso del módulo “*Wireframe and Surface Design*” a los cuales se puede acceder tal y como se muestra en la Figura 23

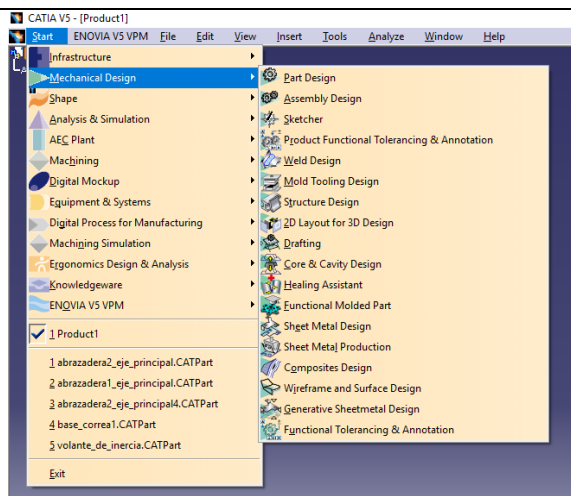


Figura 23. Principales módulos de CATIA

Las Herramientas que más se usarán del módulo “*Part Design*” se recopilan en la *Tabla 1* junto con una breve descripción de su utilidad. En este módulo se recogen las herramientas para el desarrollo de piezas individuales.


















Icono	Nombre	Utilidad
	<i>Point</i>	<i>Introducir puntos generalmente como guía o referencia</i>
	<i>Line</i>	<i>Introducir Líneas generalmente como elemento guía o de referencia</i>
	<i>Plane</i>	<i>Introducir planos como elemento de referencia donde aplicar un Sketch.</i>
	<i>Sketch</i>	<i>Genera sobre un plano un esquema en 2D para después convertirlo en tres dimensiones</i>
	<i>Pad</i>	<i>Convierte un Sketch 2D en un elemento en 3D a partir de una extensión longitudinal.</i>
	<i>Shaft</i>	<i>Convierte un Sketch 2D en una pieza 3D revolucionándolo sobre un eje</i>
	<i>Pocket</i>	<i>Realiza agujeros sobre las piezas</i>
	<i>Hole</i>	<i>Realiza agujeros con posibilidades de generar roscas.</i>
	<i>Rib</i>	<i>Genera una pieza 3D a partir de un Sketch base, prolongándolo a través de una generatriz</i>
	<i>Slot</i>	<i>Genera agujeros a partir a partir de un Sketch base, prolongándolo a través de una generatriz</i>
	<i>Solid Combine</i>	<i>Combina dos Sketch, generando un elemento 3D</i>
	<i>Mirror</i>	<i>Duplica un elemento simétricamente a partir de un plano</i>
	<i>Rectangular Pattern</i>	<i>Genera un número determinado de elementos iguales separados longitudinalmente en un eje</i>
	<i>Circular Pattern</i>	<i>Genera un número determinado de elementos iguales separados radialmente en un eje</i>
	<i>Edge Fillet</i>	<i>Convierte una esquina, en un elemento de unión curvo.</i>
	<i>Chamfer</i>	<i>Somete un plano de una pieza 3D a una pendiente indicada.</i>
	<i>Split</i>	<i>Corta una pieza en torno a un plano suprimiendo alguna de las mitades.</i>

Tabla 1. Herramientas del Part Design

Cabe mencionar que a pesar de que durante el modelado se ha hecho uso de un mayor número de herramientas, las anteriormente mencionadas son las usadas con mayor frecuencia.

Además, no se ha creído conveniente añadir a este documento las herramientas desplegadas en el dominio 2D tras realizar un Sketch de un plano, ya que además de ser intuitivas no se consideran relevantes de cara al modelado de la pieza 3D.

Las Herramientas que más se usarán del módulo “*Wireframe and Surface Design*” se recopilan en la *Tabla 2* junto con una breve descripción de su utilidad. En este módulo se recogen las herramientas para el desarrollo de piezas individuales de características geométricas complejas.




Icono	Nombre	Utilidad
	<i>Fill</i>	<i>Crea superficies a partir de varias curvas</i>
	<i>Join</i>	<i>Une diferentes partes</i>
	<i>Close Surface</i>	<i>Cierra las superficies creadas.</i>

Tabla 2. Herramientas del Wireframe and Surface Design

Las Herramientas que más se usarán del módulo “*Assembly Design*” se recopilan en la *Tabla 3* junto con una breve descripción de su utilidad. En este módulo se recogen las herramientas para la unión y ensamblaje de diferentes piezas.








Icono	Nombre	Utilidad
	<i>Existing Component</i>	<i>Introduce nuevas piezas en un PRODUCT</i>
	<i>Manipulation</i>	<i>Herramienta para mover elementos</i>
	<i>Coincidence Constraint</i>	<i>Restricción de coincidencia de eje</i>
	<i>Contact Constraint</i>	<i>Restricción de contacto entre superficies</i>
	<i>Offset Constraint</i>	<i>Restricción de separación entre superficies o líneas</i>
	<i>Angle Constraint</i>	<i>Restricción de ángulo entre línea o superficies.</i>
	<i>Fix Component</i>	<i>Fija la ubicación de un componente en el espacio de trabajo</i>

Tabla 3. Herramientas del Assembly Design

MODELADO Y MONTAJE

(ÍNDICE DE CONTENIDOS)

Una vez resumidas brevemente las principales herramientas que se usarán del programa CATIA, se procederá a continuación a elaborar el modelado 3D de la máquina de vapor objeto de estudio.

A continuación, se describirá detalladamente el proceso de creación y montaje que se ha seguido de la máquina de vapor anteriormente expuesta haciendo uso de la herramienta CATIA.

Dado que los elementos de estudio se datan a principios del siglo XIX, los mecanismos y procedimientos de creación de piezas se ajustarán en la medida de lo posible a los utilizados esta etapa temporal.

En las figuras siguientes se muestra una comparativa entre la máquina real a modelar y el resultado obtenido, desde diferentes perspectivas. A continuación, se irán explicando los diferentes subconjuntos que han compuesto el resultado final con explicaciones ampliamente detalladas de todas las características geométricas, de montaje y funcionales.



Figura 24. Máquina de vapor en la realidad

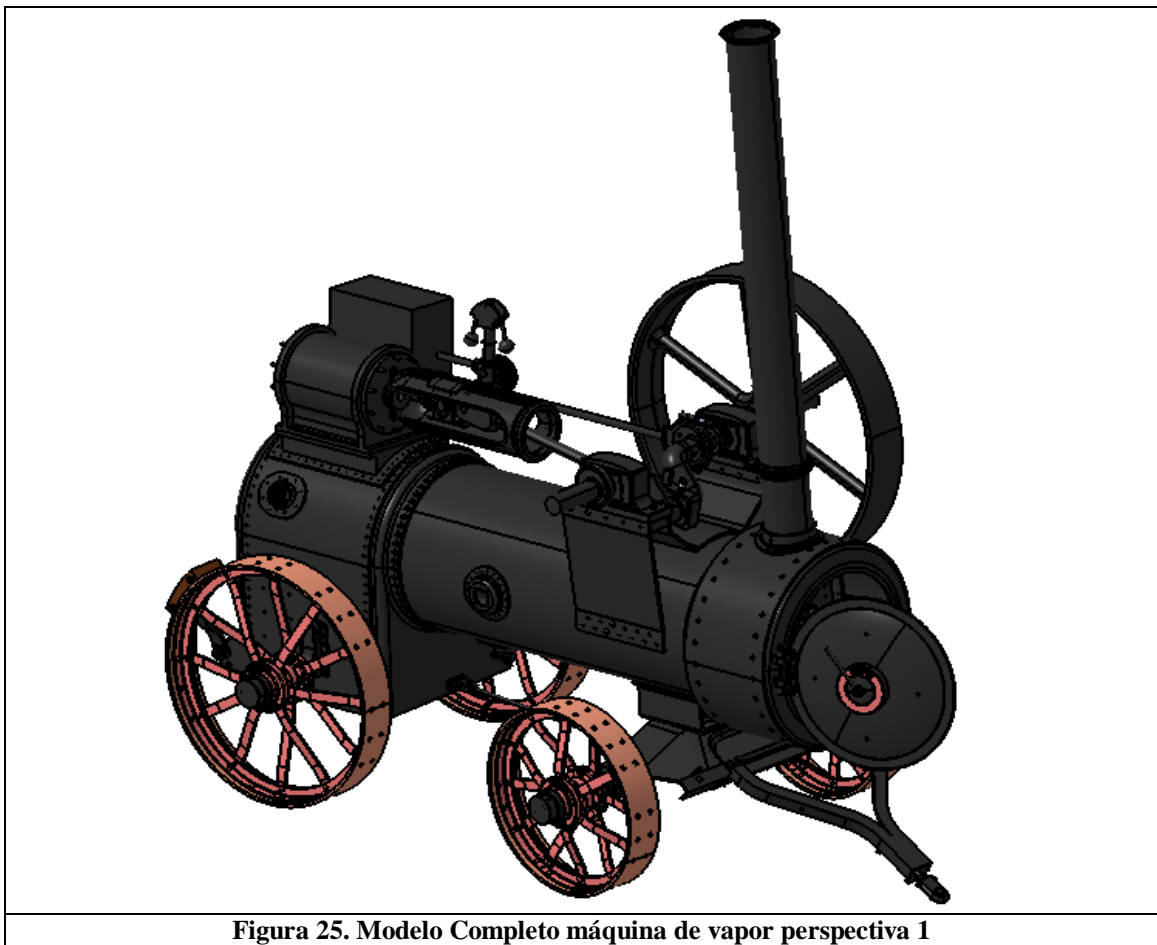


Figura 25. Modelo Completo máquina de vapor perspectiva 1

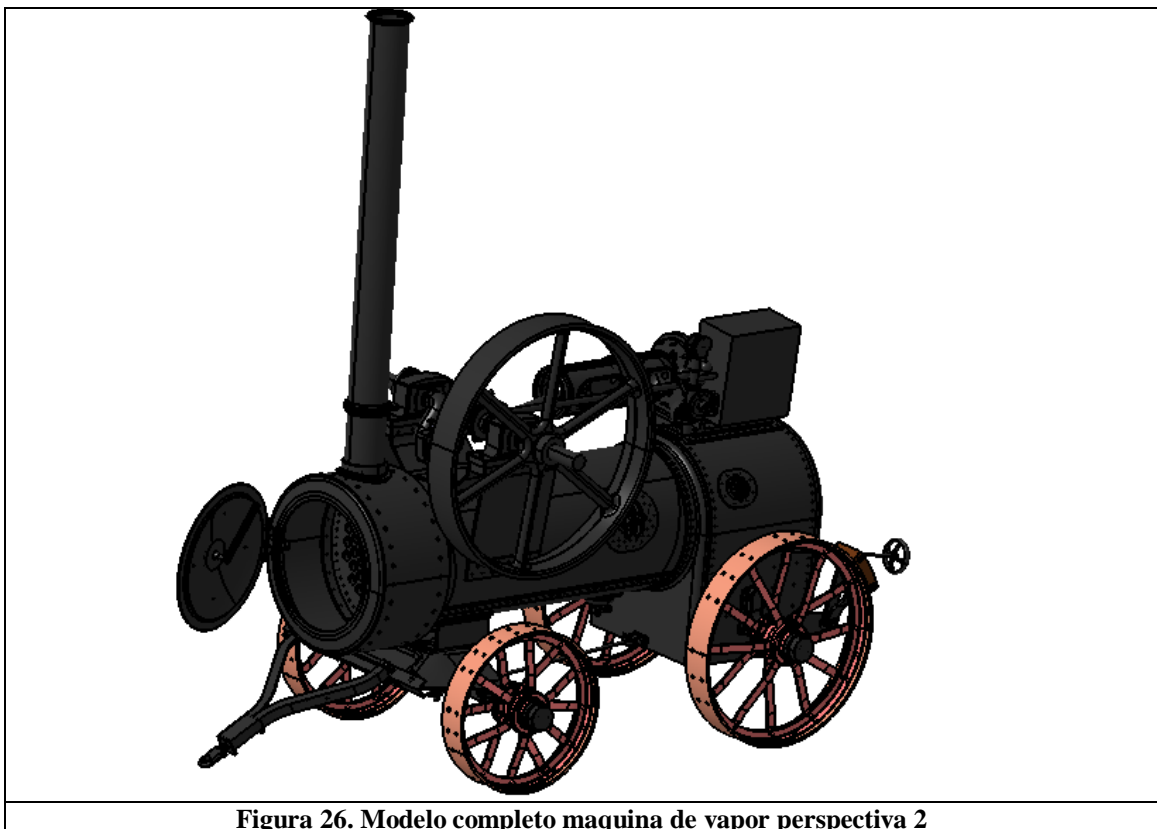


Figura 26. Modelo completo maquina de vapor perspectiva 2

ÍNDICE DE CONJUNTOS

Se ha introducido un índice de conjuntos con referencias o vínculos para que resulte más fácil la navegación por los diferentes conjuntos. Únicamente presionando control + click al título del conjunto de redirige al apartado.

CONJUNTO A	CUERPO
CONJUNTO B	PARTE INTERNA
CONJUNTO C	TREN DELANTERO
CONJUNTO D	ARRASTRADOR
CONJUNTO E	EJE RUEDA TRASERA
CONJUNTO F	ENLACE DELANTERO-TRASERO
CONJUNTO G	RUEDA DELANTERA
CONJUNTO H	TAPA TRASERA
CONJUNTO I	TAPA CENTRAL
CONJUNTO J	PUERTA DELANTERA
CONJUNTO K	PUERTA TRASERA
CONJUNTO L	GRIFO DESAGÜE
CONJUNTO M	CHIMENEA
CONJUNTO N	FRENO TRASERO
CONJUNTO O	CIGÜEÑAL Y VOLANTE DE INERCIA
CONJUNTO P	BIELA
CONJUNTO Q	PISTÓN
CONJUNTO R	CARCASA TRASERA SUPERIOR
CONJUNTO T	ACTIVADOR VÁLVULA DE DISTRIBUCIÓN
CONJUNTO U	REGULADOR DE WATT
CONJUNTO V	INDICADOR NIVEL DE AGUA

CONJUNTO A CUERPO

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

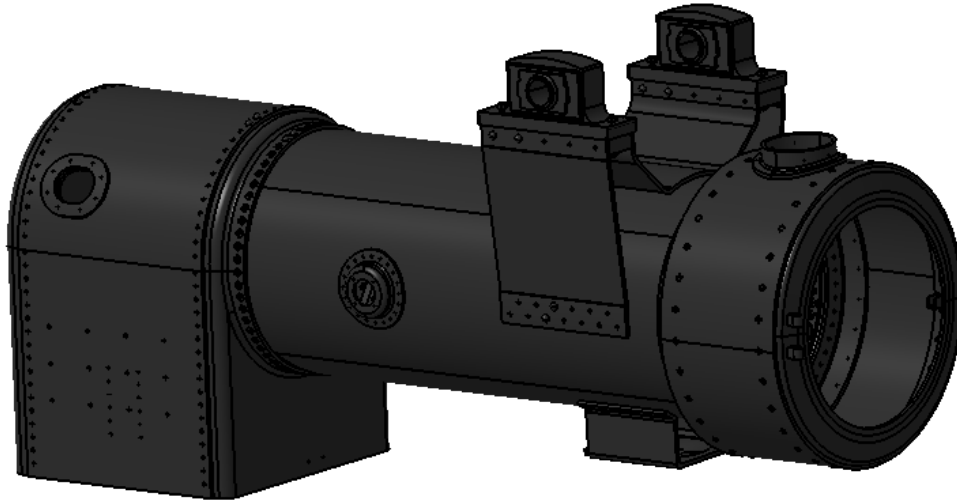


Figura 27. Conjunto Cuerpo

En primer lugar, partiremos del cuerpo central de la máquina, que servirá de sustentación para el resto de piezas. Esta pieza consta de una chapa rectangular de acero plegada formando un cilindro a partir de remaches *Figura 28*. Consta de diferentes entradas y agujeros donde se irán anexionando las diferentes piezas a medida que avancemos en nuestro diseño.

Como característica de funcionamiento principal, en el interior de esta parte se almacenará el agua a que será calentada para obtener vapor a alta presión y temperatura. En su interior recorrerán longitudinalmente unos tubos a través de los cuáles pasarán los gases procedentes de la cámara de combustión a alta temperatura.



Figura 28. Imagen real del cuerpo

Cabe mencionar que se ha intentado reproducir lo más fielmente posible a la realidad, por lo cuál no se ha hecho uso de un cilindro convencional. El perfil de la pieza cumple el proceso de creación descrito con anterioridad.

En la *Figura 29* queda de manifiesto lo explicado anteriormente en lo referente al perfil utilizado (cilindro no convencional) y que aumentará la complejidad del proceso de anexión de las restantes piezas.

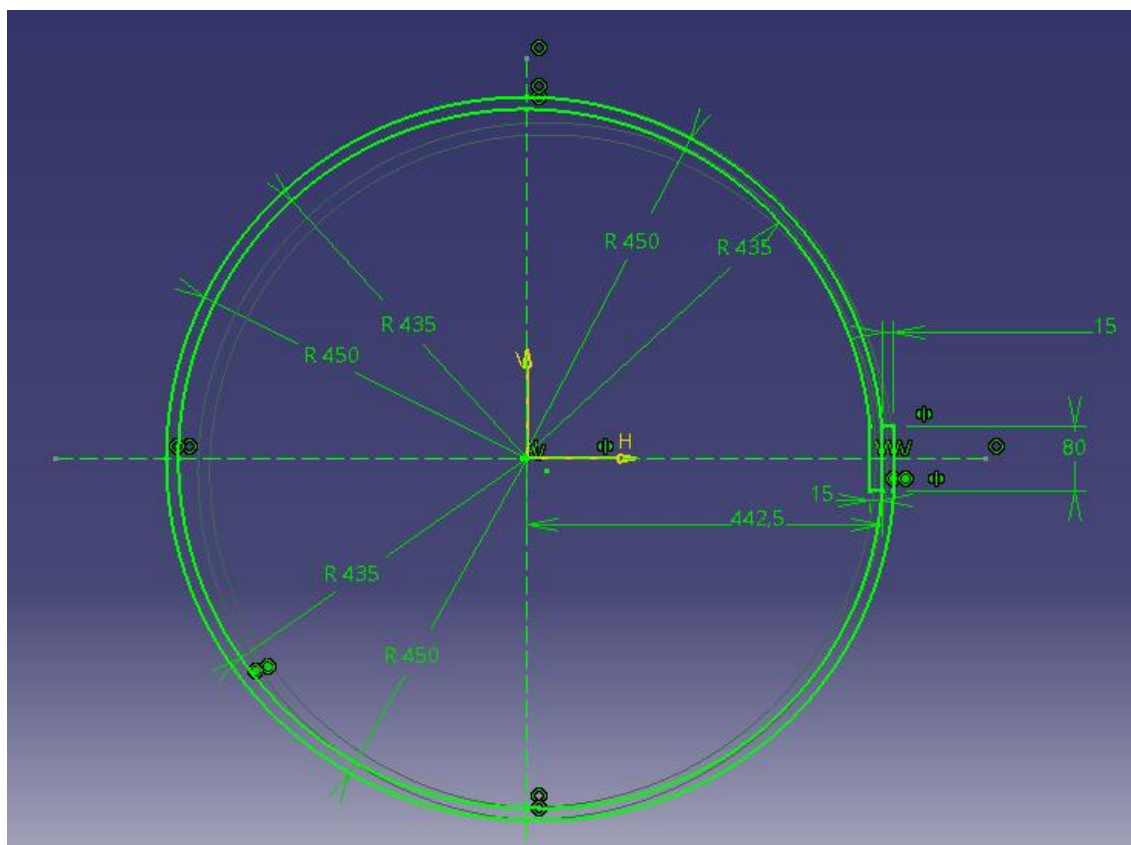


Figura 29. Sección del cuerpo central

En la *Figura 30* se muestra la pieza *cuerpo_central.cat* descrita, donde se ha introducido el árbol de la pieza en dos columnas para una mejor visualización. Como se puede comprobar se ha hecho uso de multitud de herramientas y operaciones para configurar la pieza.

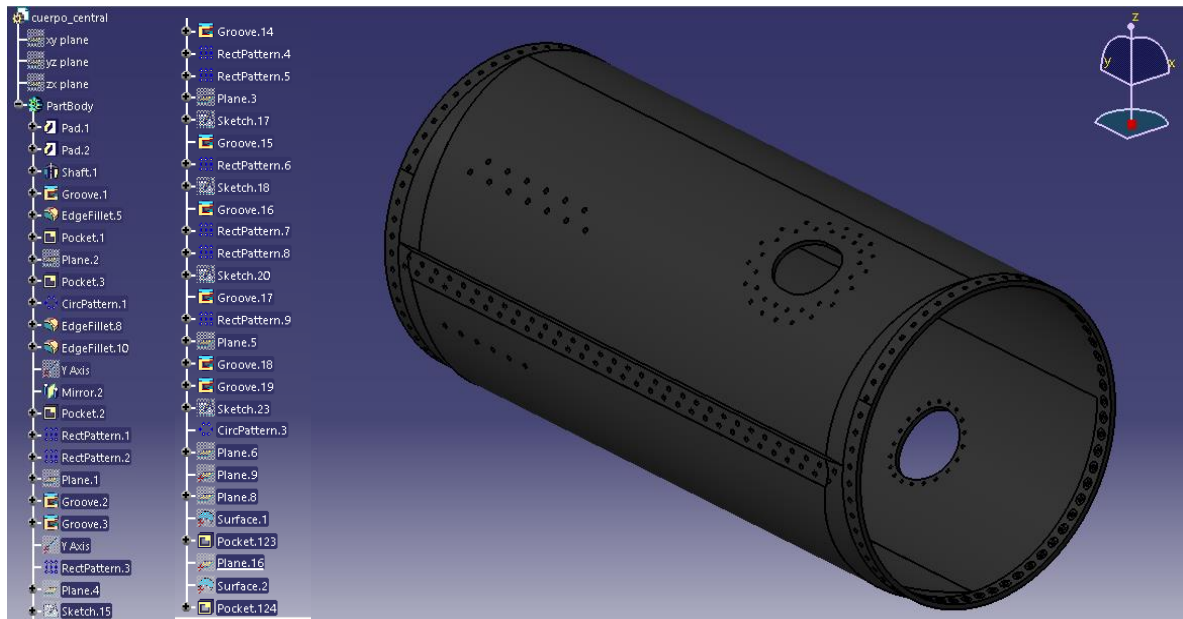


Figura 30. Cuerpo central

Cabe mencionar a su vez que se han añadido en las uniones con remaches en superficies curvas un pequeño rebaje para el ajuste perfecto en el posterior product, [Figura 31](#) que, aunque en la realidad no figure, dado que el ajuste se hace por presión amoldándose el remache a las superficies de unión, a efectos prácticos en CATIA nos permitimos la licencia de añadir estos pequeños ajustes para obtener un mayor grado de exactitud en el posterior product.

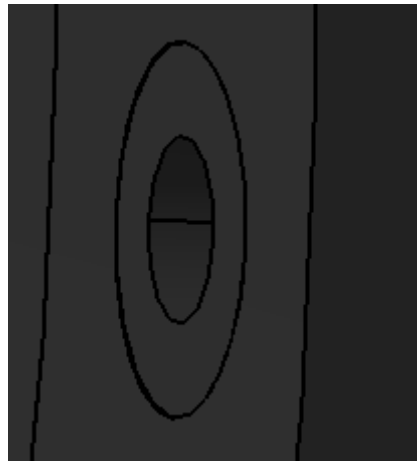


Figura 31. Detalle del agujero del remache

La siguiente pieza realizada *enlace_delantera-central.cat* se corresponde también con una parte constituyente de la estructura principal de la máquina. En concreto esta pieza [Figura 32](#) sirve como unión entre el *cuerpo_centra.cat* anteriormente representado y la parte delantera de la estructura de la máquina. Esta unión se efectuará exclusivamente con el uso de remaches, cuya representación se efectuará al final de cada conjunto para facilitar la visualización general del conjunto.



Figura 32. Enlace Delantero-central

A continuación, y también como parte constituyente de la estructura se realiza el bloque delantero de la estructura principal, constituida a su vez por 3 piezas diferentes enlazadas entre sí a través de uniones remachadas. Cabe mencionar que todas estas uniones se realizan de forma hermética y con una gran resistencia debido a las altas presiones y temperaturas, a las que se van a ver sometidas durante el funcionamiento de la máquina.

En la [Figura 33](#) se representa una de las partes del cuerpo delantero de la estructura *cuerpo_delantero3.CATPart* y que a través del *enlace_delantero-central.CATPart* explicado con anterioridad se ensambla con el cuerpo central de la estructura. Esta unión se efectuará exclusivamente con el uso de remaches.



Figura 33. Cuerpo delantero 3

En la [Figura 34](#) se representa otra de las partes del cuerpo delantero de la estructura *cuerpo_delantero2.cat*. Cabe destacar que además de formar el bloque delantero, en esta pieza se ensamblará la chimenea por donde los gases de desperdicio se evacuarán. Esta unión al igual que las anteriores se efectuará exclusivamente con el uso de remaches.

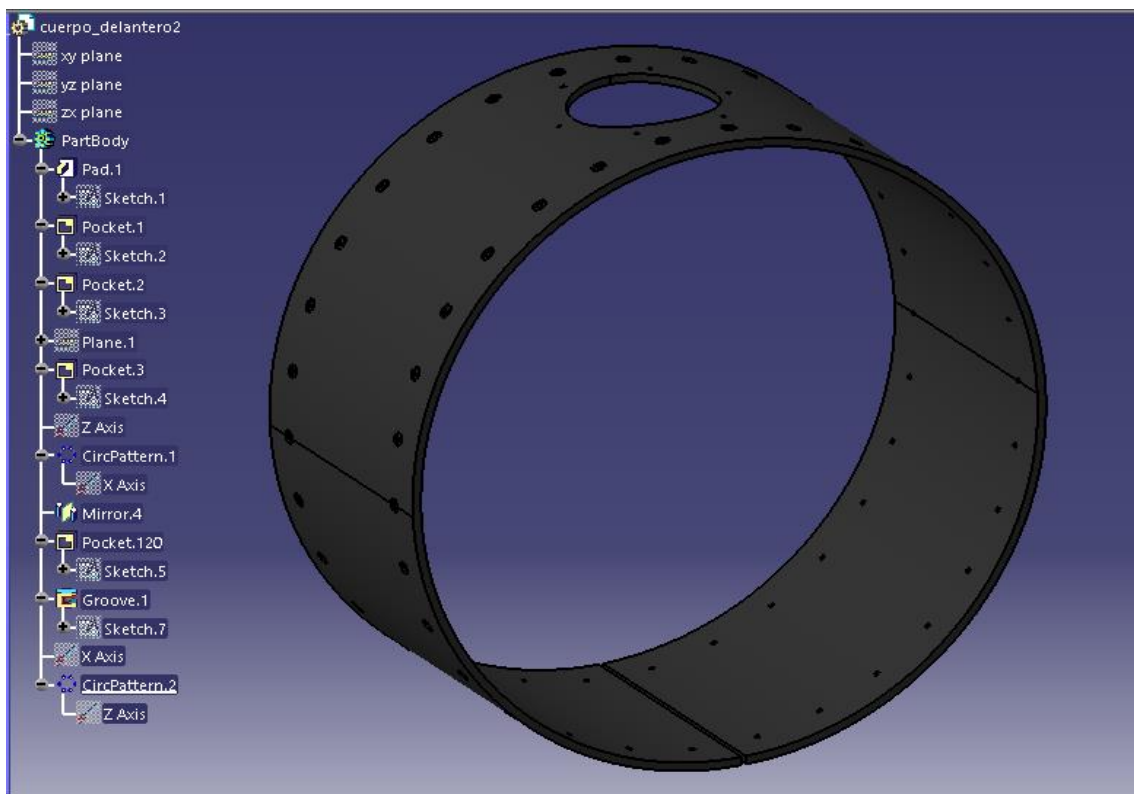


Figura 34. Cuerpo delantero 2

Esta parte no necesita soportar las presiones que las anteriores soportan, por lo que con la intención de ser lo más preciso posible, ajustándonos al modelo real, la estructura no es hermética teniendo una pequeña grieta en la parte inferior del cilindro al igual que en la realidad. Ésta grieta se puede suponer que se introduce con el objetivo de desalojar el agua de condensación que pudiera aparecer durante el funcionamiento de la máquina. *Figuras 35 y 36*



Figura 35. Detalle real cuerpo delantero

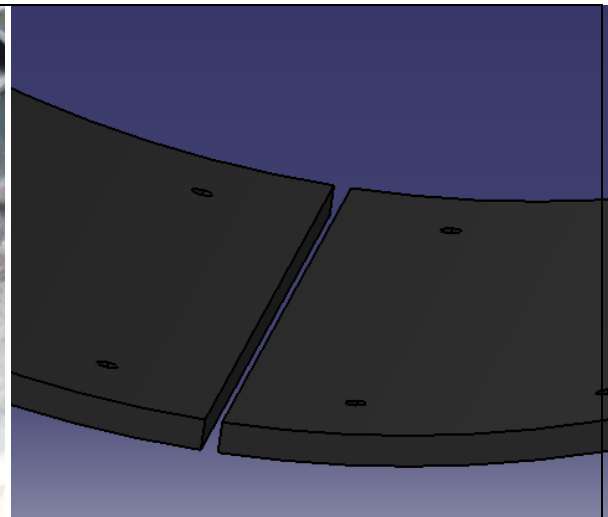


Figura 36. Detalle modelado cuerpo delantero

En la *Figura 37 se* representa otra de las partes del cuerpo delantero de la estructura *cuerpo_delantero1.cat*. Esta parte es una de las longitudinalmente más externas de la estructura, y donde se anexiona la puerta delantera. Aquí por tanto se colocarán las bisagras de la puerta, así como parte del mecanismo de la cerradura.

Hay que prestar especial atención en la colocación de los agujeros dado que, en el montaje posterior de la puerta en el product, deberá coincidir perfectamente para que no se produzcan incompatibilidades ni superposición de partes. Es por ello que se ha hecho uso d un gran número de funciones y herramientas como se puede observar en el árbol de la pieza.



Figura 37. Cuerpo delantero 1

A continuación, se realiza el montaje de la parte posterior o trasera de la estructura de la máquina. Al igual que en la parte delantera ésta estructura la formarán tres piezas diferentes las cuales se anexionarán al resto de la estructura.

La primera de estas piezas *cuerpo_trasero1.cat* sirve como enlace, que se realizará de forma remachada, para la parte posterior de la estructura y el cuerpo central [Figura 38](#). Además, podemos ver un agujero de acceso que se estudiará con posterioridad y que sirve para el montaje y mantenimiento de la parte interna de la estructura. Debemos mencionar que hemos reducido el número de agujeros de remaches en esta parte de la estructura con respecto al modelo real, dado que por motivos visuales y sobre todo computacionales se hace demasiado tedioso y lento maniobrar con piezas con un excesivo número de agujeros.

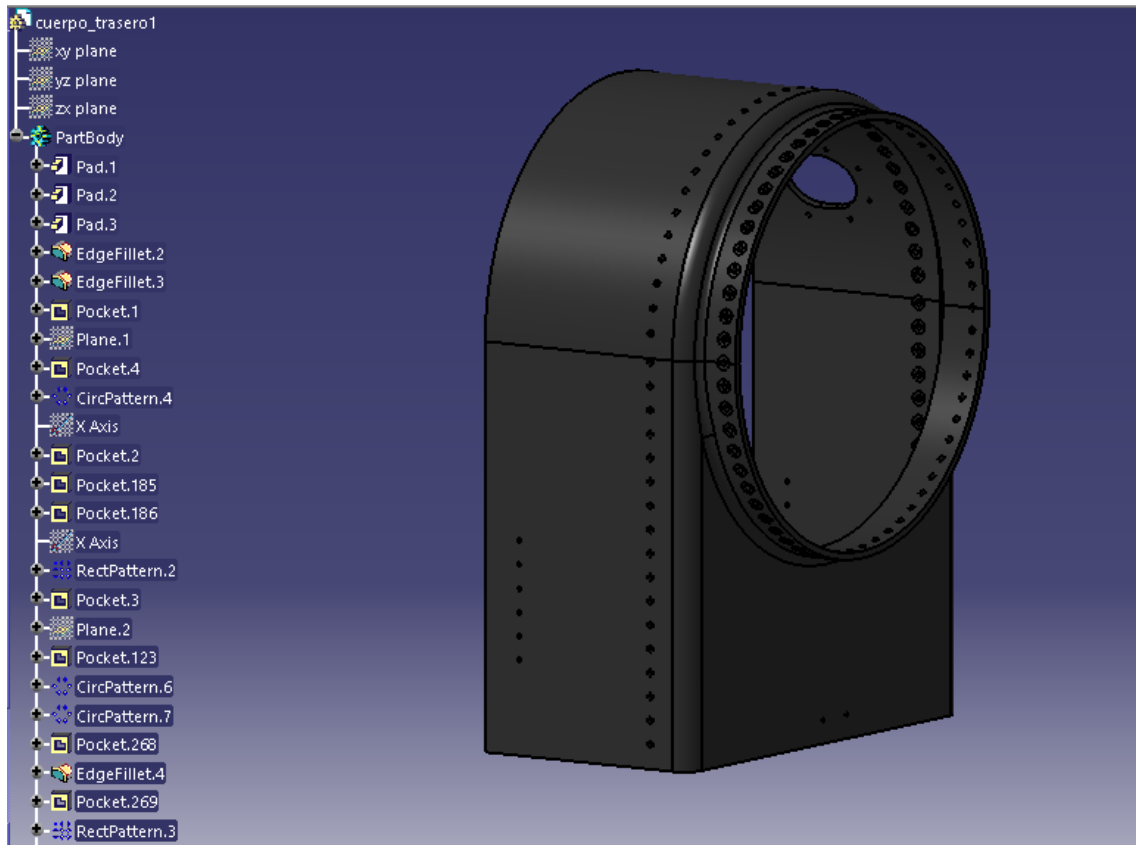


Figura 38. Cuerpo trasero 1

En segundo lugar, tenemos *cuerpo_trasero3.cat*. Esta pieza constituye el bloque principal de la parte posterior de la estructura y en la cuál se ubicarán tanto las ruedas traseras como el pistón de la parte superior. [Figura 39](#)

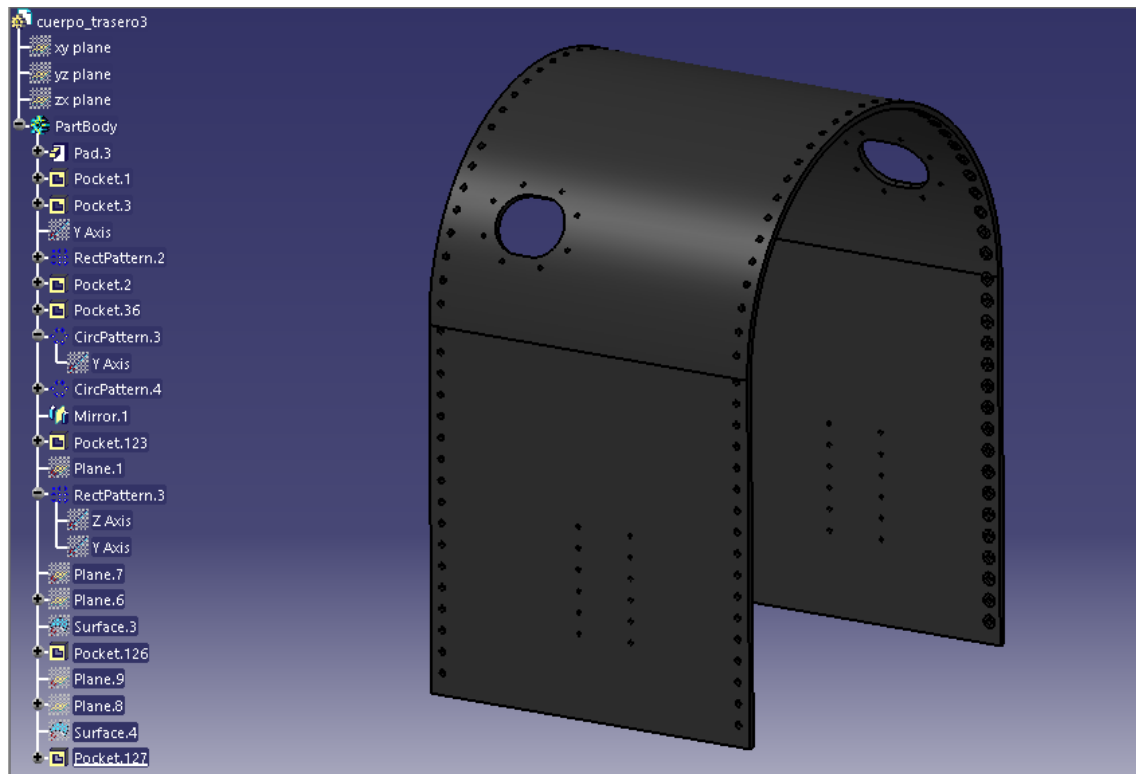


Figura 39. Cuerpo trasero 3

Finalmente, y dando por acabada la estructura principal que constituye esta máquina se representa la última de las piezas de la parte posterior *cuerpo_trasero2.CATPart*.

Esta pieza se encuentra en el extremo longitudinal de la máquina, y es donde se anexionará la puerta trasera, por lo que deberán colocarse correctamente las bisagras y parte de la cerradura.

En el interior de la parte trasera de la estructura se ubicará la cámara de combustión por lo cuál como se puede observar los espesores se superponen unos encima d otros con el objetivo de aumentar el grosor final de la estructura y así soportar las altas temperaturas a las que se verá sometida durante el funcionamiento.

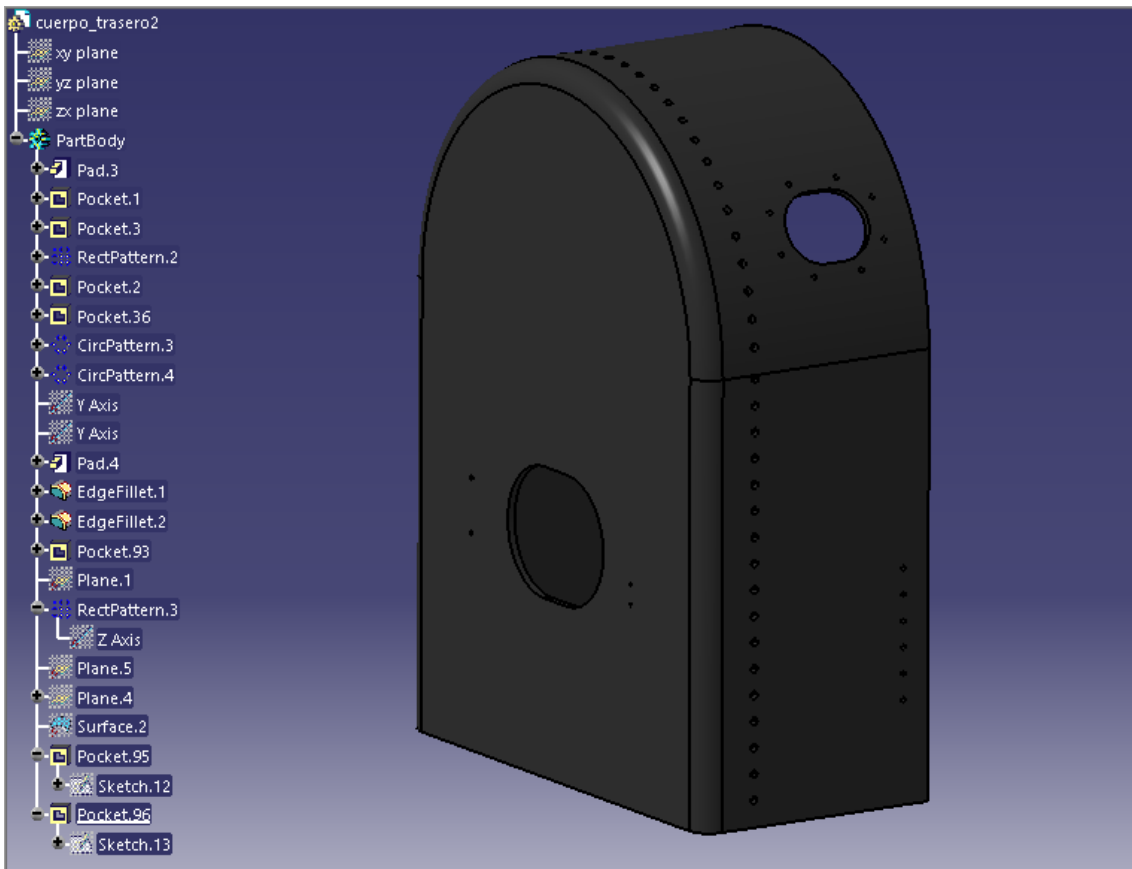


Figura 40. Cuerpo trasero 2

Una vez desarrolladas individualmente las piezas que constituyen lo que podemos denominar cuerpo principal de la estructura se pasará a la unificación de estas piezas en el product correspondiente *Figuras 41 y 42* y así clarificar la forma que va adquiriendo nuestro modelo 3D en comparación con el original. Cabe indicar que las uniones entre todas estas piezas se efectuaran exclusivamente con el uso de remaches, cuya representación se efectuará al final de cada conjunto para facilitar la visualización.

En la *Figura 41* se detalla el modelo de product con las piezas explosionadas para una mayor comprensión de la ubicación de cada una. Mientras que en la *Figura 42* se puede ver el modelo de la estructura principal con las piezas colocadas en su

ubicación y con las restricciones adecuadas. En la *Figura 43* se muestra la máquina real que pretendemos modelar.

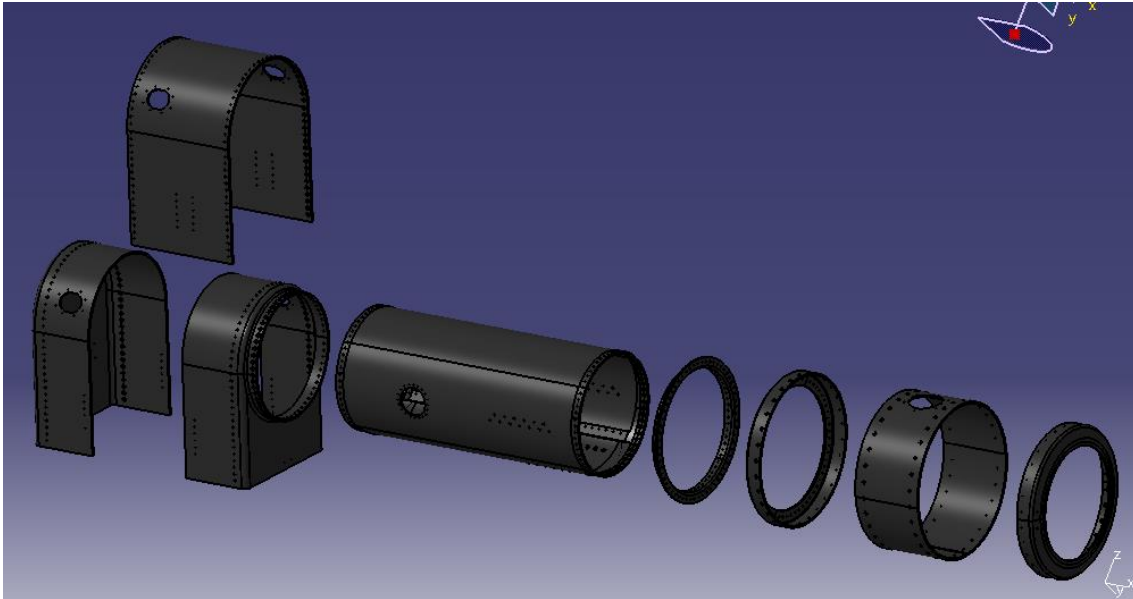


Figura 41. Cuerpo con piezas explosionadas

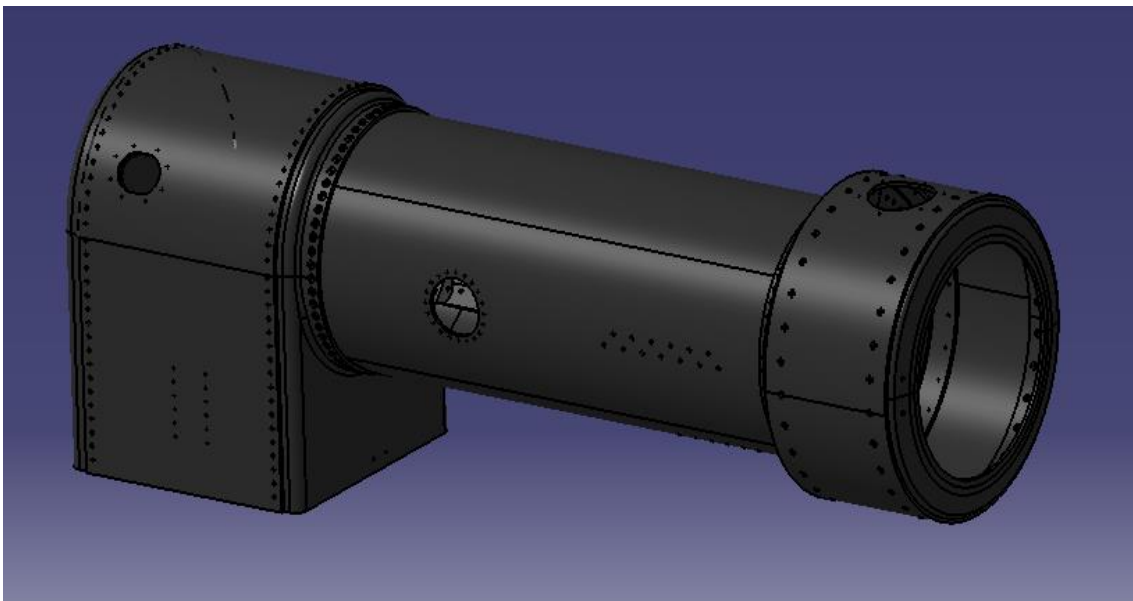


Figura 42. Cuerpo con restricciones en las piezas



Figura 43. Cuerpo real de la maquina

Una vez se ha creado la estructura principal que servirá como base para nuestra máquina, se irán poco a poco introduciendo los diferentes elementos soporte para la futura colocación de las demás piezas.

En primer lugar, se modelará la pieza *base_cuerpo.CATPart* que sirve como soporte al tren delantero. Tal y como se muestra en la [Figura 44](#) esta pieza además de adaptarse al contorno del cuerpo central sirve como soporte al eje de rotación que servirá para cambiar la dirección de las ruedas delanteras.

Se debe indicar que debido a la forma del contorno del cuerpo central (cilindro asimétrico) se añade una dificultad añadida en la adaptación de esta pieza para su posterior unión en product.

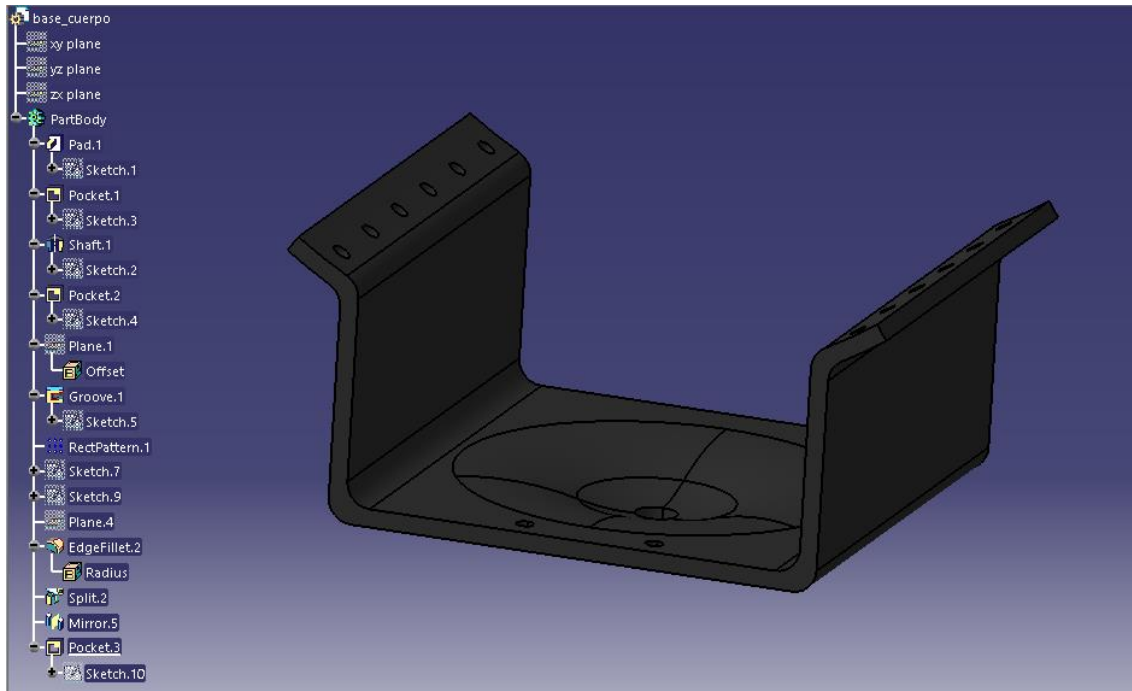


Figura 44. Base cuerpo

A continuación, modelamos la pieza *agarre_base_cuerpo.cat*. Esta pieza irá unida a la anterior a través de una unión tornillo-tuerca.

Se representa en la [Figura 45](#) y tiene como objetivo servir como punto de agarre para facilitar el movimiento de la máquina.

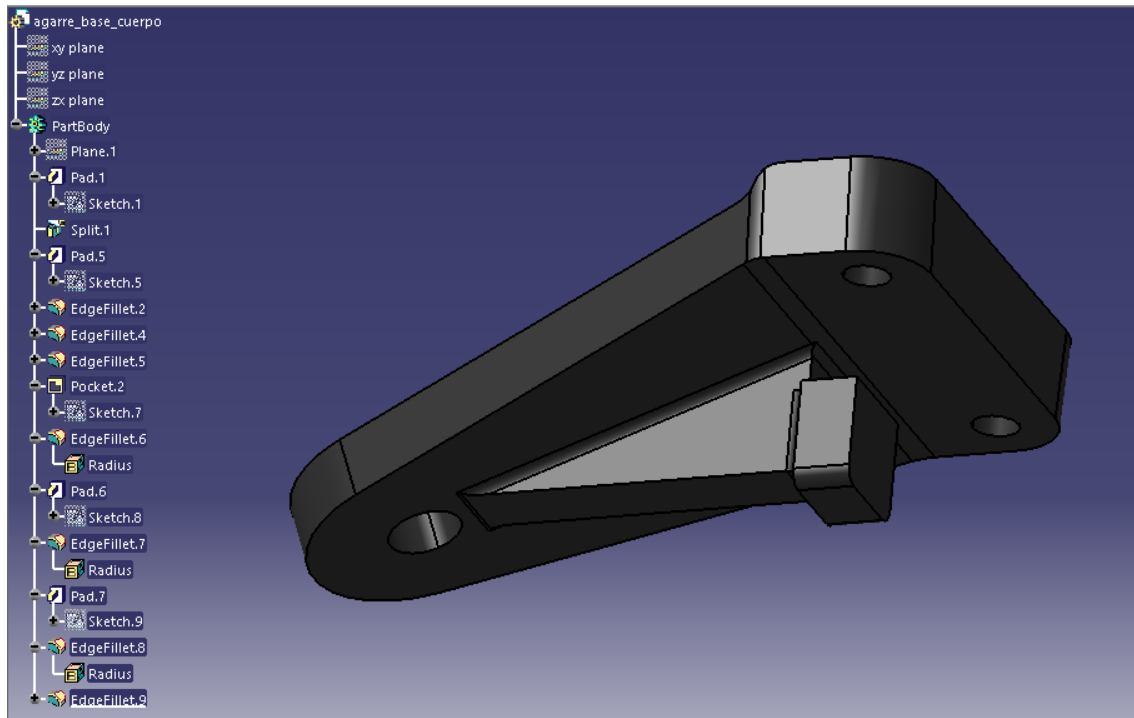


Figura 45. Agarre base cuerpo

La siguiente pieza a modelar será *base_chiminea.cat*. Esta pieza se ubica sobre el cuerpo delantero con forma cilíndrica, y sirve como punto de anclaje para la colocación de la chimenea. Se debe mencionar que a diferencia de los elementos anteriores estas uniones se realizan a través del uso de tornillos y tuercas, las cuales se representaran al final de cada product para facilitar la visualización.

En la *Figura 48* podemos observar como a priori parece una pieza sencilla, aunque se debe señalar que constituye una gran dificultad en su modelado, dado que se debe establecer un elemento de forma circular sobre una pieza con forma cilíndrica. Tras muchas pruebas erróneas se ha optado tal y como se puede observar en el árbol por la utilización de la herramienta *combine* donde a partir de diferentes curvas se genera un elemento 3D de enlace entre los diferentes Sketch creados.

En las *Figuras 46 y 47* se representan las diferentes curvas utilizadas en la herramienta *combine* que dan lugar a la base de la pieza explicada.

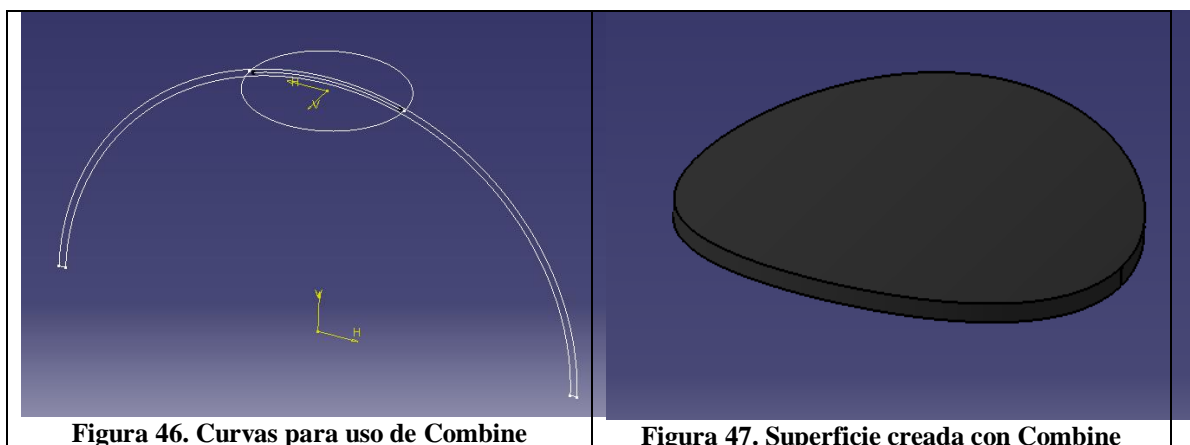


Figura 46. Curvas para uso de Combine

Figura 47. Superficie creada con Combine

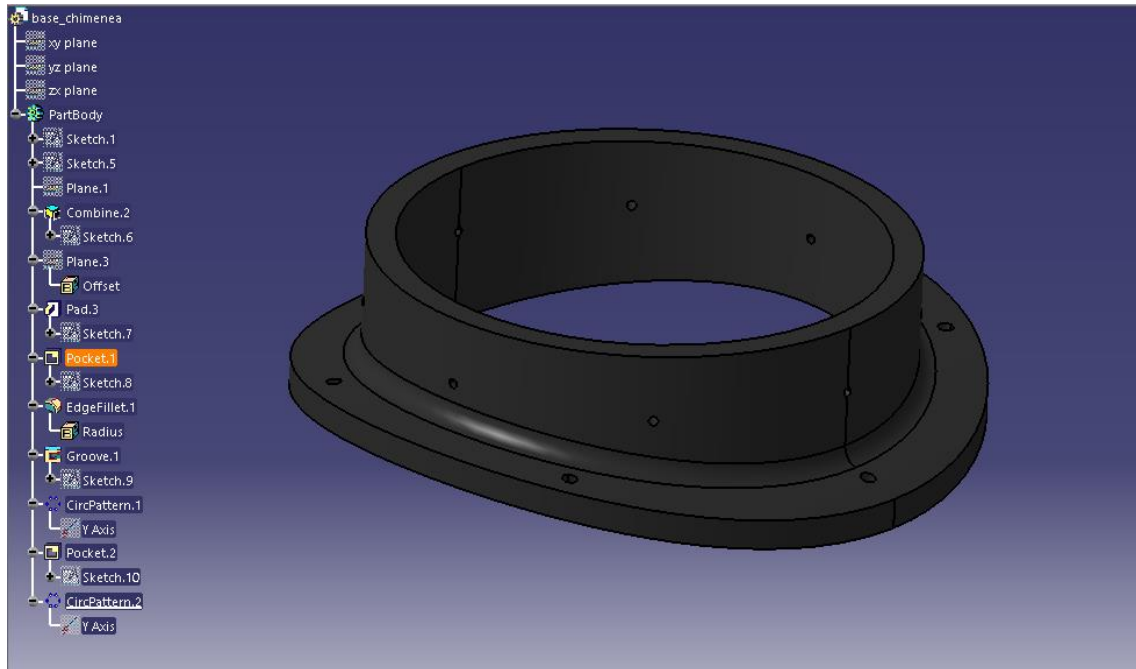


Figura 48. Base chimenea

Procederemos a continuación a realizar un conjunto de piezas que servirán como sustento al cigüeñal de la máquina (solidario al volante de inercia) colocado en la parte superior de la máquina, que se explicará con posterioridad.

Este conjunto de piezas estarán enlazadas al cuerpo central en diferentes puntos y terminarán en un cilindro hueco en el cual rotará el eje del cigüeñal.

La primera de estas piezas será la *base_central_superior.cat* representada en la [Figura 49](#), aunque parece de fácil ejecución, su dificultad radica en la adaptación sobre los diferentes elementos entre los que sirve de unión y lo que hace que la necesidad de precisión en las medidas sea algo crucial en su modelaje.

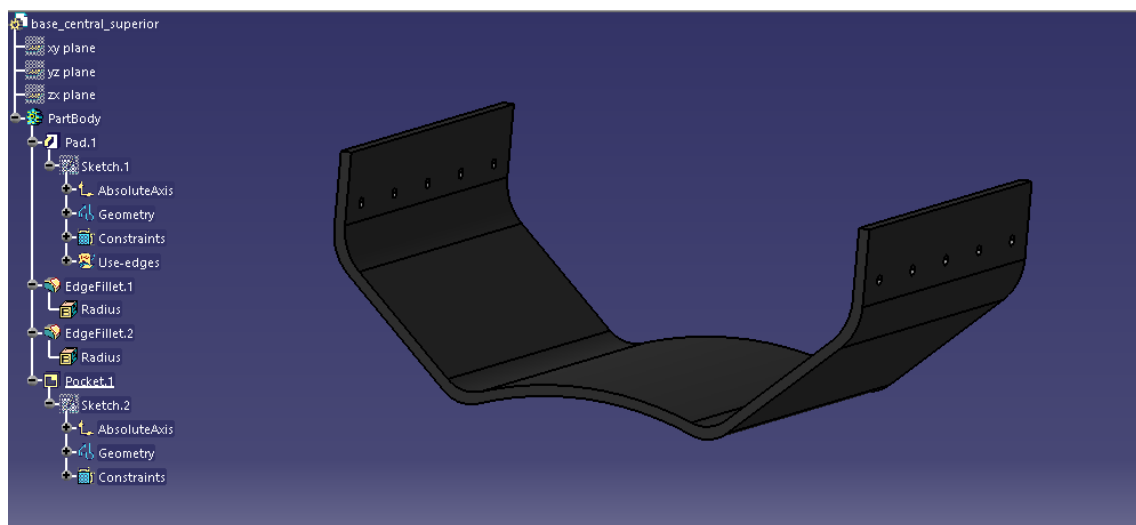


Figura 49. Base central superior

La siguiente pieza a modelar *base_parte_superior2.cat*, al igual que la anterior, su dificultad radica en la precisión en las medidas, teniendo en cuenta los elementos entre los que sirve de unión.

En este caso la pieza representada en la *Figura 50* sirve como elemento de enlace entre la *base_central_superior.cat*, representada anteriormente y el *cuerpo_central.cat*, y es por esto por lo que la parte inferior de la pieza tiene una forma curva para adaptarse al contorno del cilindro.

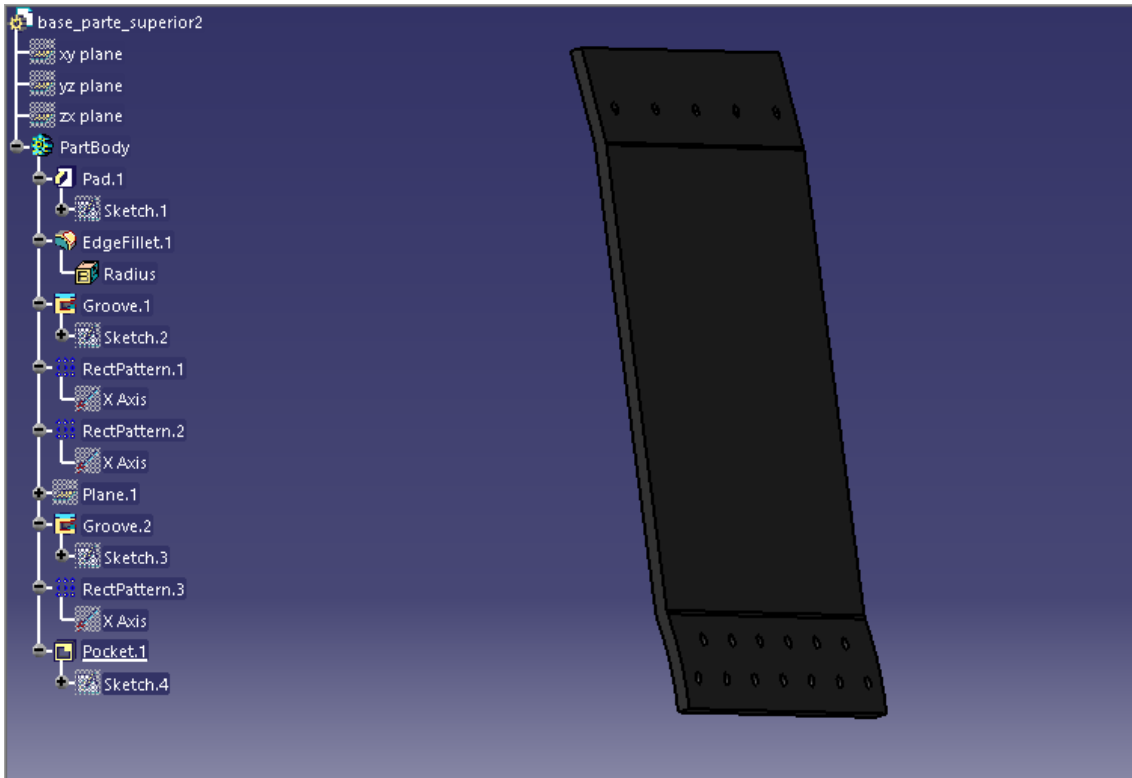


Figura 50. Base parte superior 2

La siguiente pieza a modelar *base_parte_superior3.cat*, aunque su modelaje es sencillo *Figura 51* sirve como unión de los dos elementos anteriormente explicados. Esta unión se realizará a través de tornillos y tuercas.

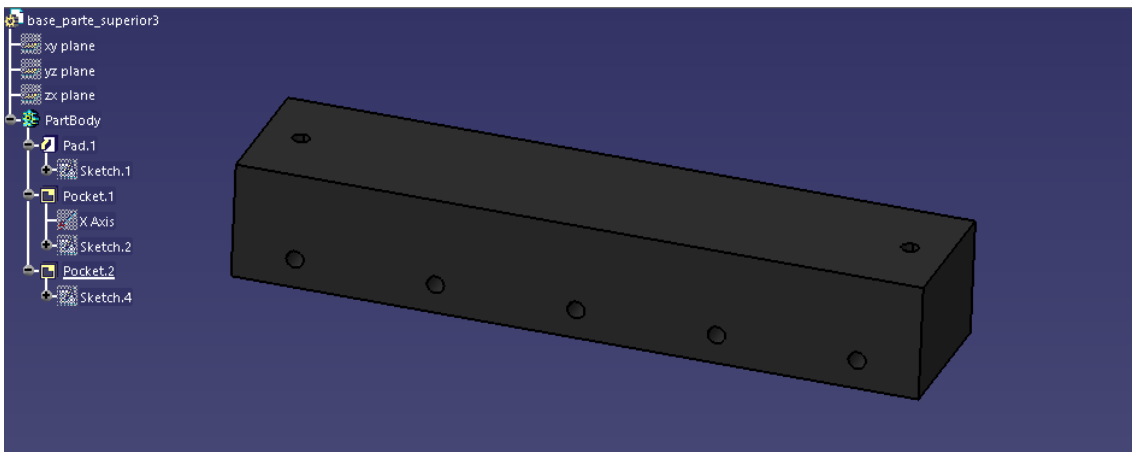


Figura 51. Base parte superior 3

Finalmente, este conjunto de piezas anteriormente especificadas sirven como sustento de la pieza *base_parte_superior4.cat* la cuál además de apoyarse en las anteriores a través de una unión tornillo-tuerca, sirve como base para el eje de rotación del cigüeñal.

En la *figura 52* se observa esta pieza, con el cilindro hueco que sirve como base para la rotación.

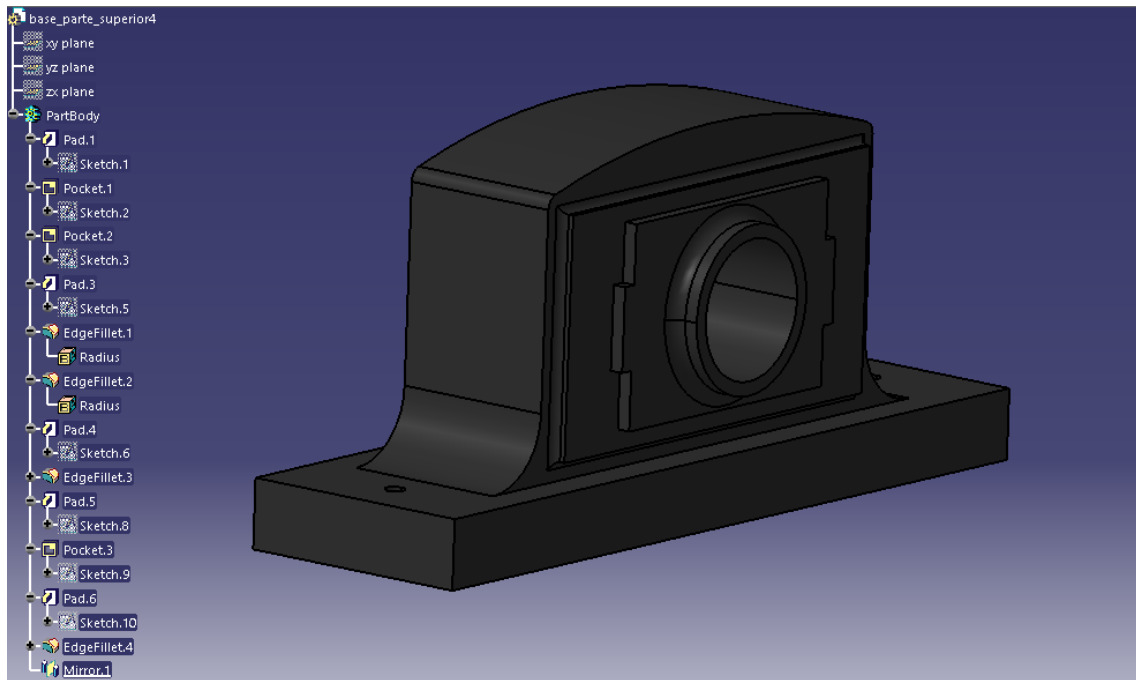


Figura 52. Base parte superior 4

Las siguientes piezas a modelar serán *refuerzo_agujero_trasero.cat* y *refuerzo_agujero_central.cat* representadas en las *Figuras 53 y 54* respectivamente.

Estas piezas servirán como refuerzo a los agujeros realizados en el cuerpo principal de la máquina. Dichos agujeros tienen como objetivo facilitar el montaje de la máquina, así como facilitar el acceso a la parte interna de la estructura con fines de mantenimiento.

Ambas piezas, aunque con geometría diferente debido a la forma de los elementos con los que se unen: *cuerpo_trasero3.cat* y *cuerpo_central.cat* se modelan haciendo uso de las mismas herramientas donde se ha empleado de nuevo la herramienta de CATIA *combine* para efectuar las superficies curvas de unión.

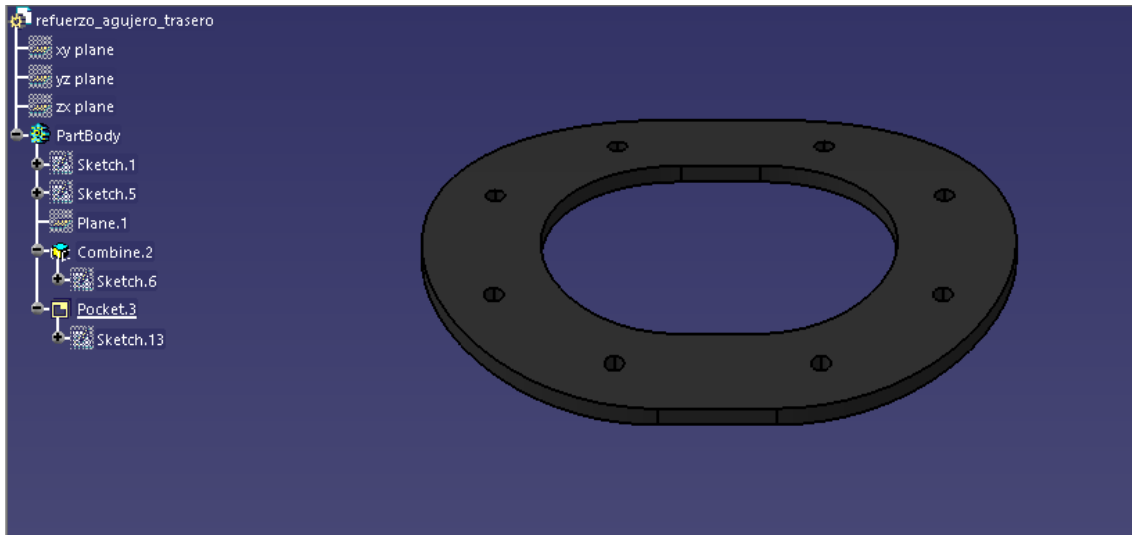


Figura 53. Refuerzo agujero trasero

Estos refuerzos se unen a través de uniones remachadas y servirán como soporte a los tapones de los correspondientes agujeros a los que refuerzan.

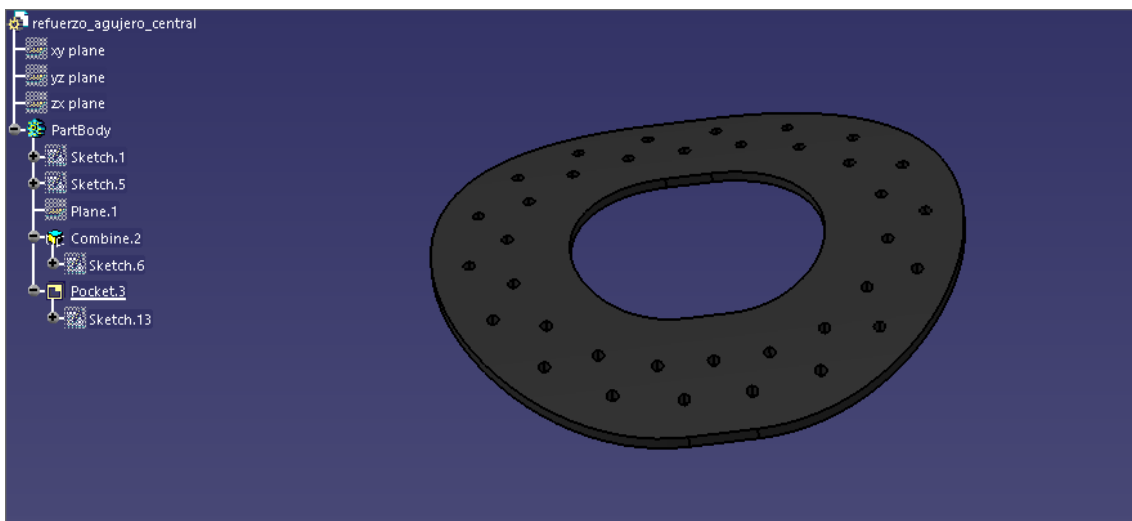


Figura 54. Refuerzo agujero central

Las siguientes piezas a ejecutar serán las correspondientes a la unión con la estructura de ambas puertas, delantera y trasera.

Los elementos necesarios que deberán estar anexionados a la estructura principal serán por tanto las bisagras y el mecanismo de cierre para ambas puertas.

Comenzando por la puerta delantera, la bisagra vendrá dada por la pieza *bisagra_delantera.cat* representada en la *Figura* y servirá como punto de anclaje para la puerta delantera. Esta unión será de tipo atornillada.

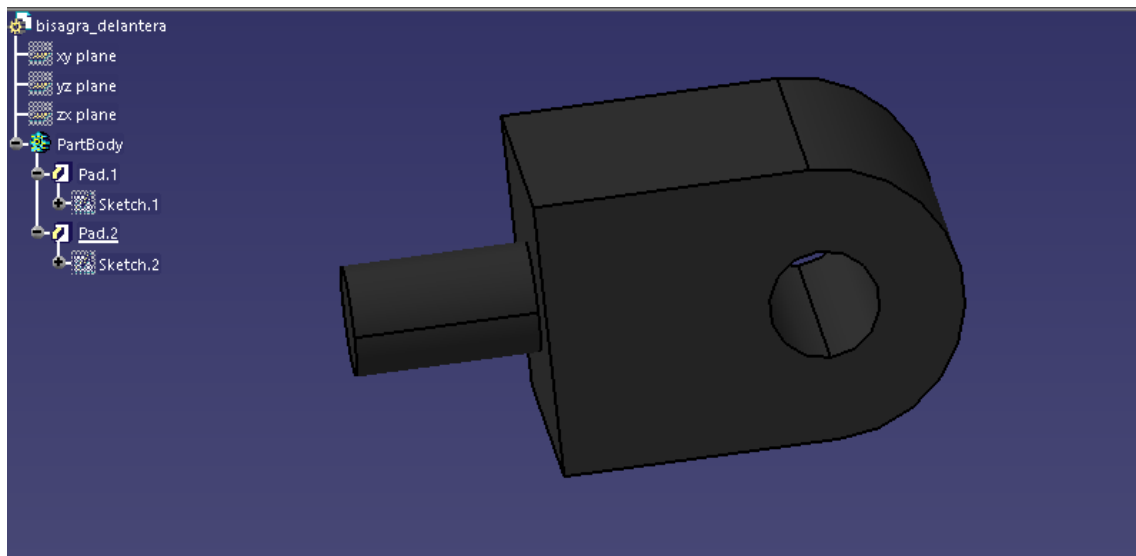


Figura 55. Bisagra delantera

La palanca de cierre de la puerta delantera encajara en la pieza *cerradura_delantera4.CATPart* representada en la *Figura 56*, la cuál estará firmemente unida al cuerpo delantero e impedirá que la puerta se abra sin accionar la cerradura. Este mecanismo de cierre se encontrará en el interior del cuerpo delantero, por lo cuál quedará oculto cuando la puerta esté cerrada.

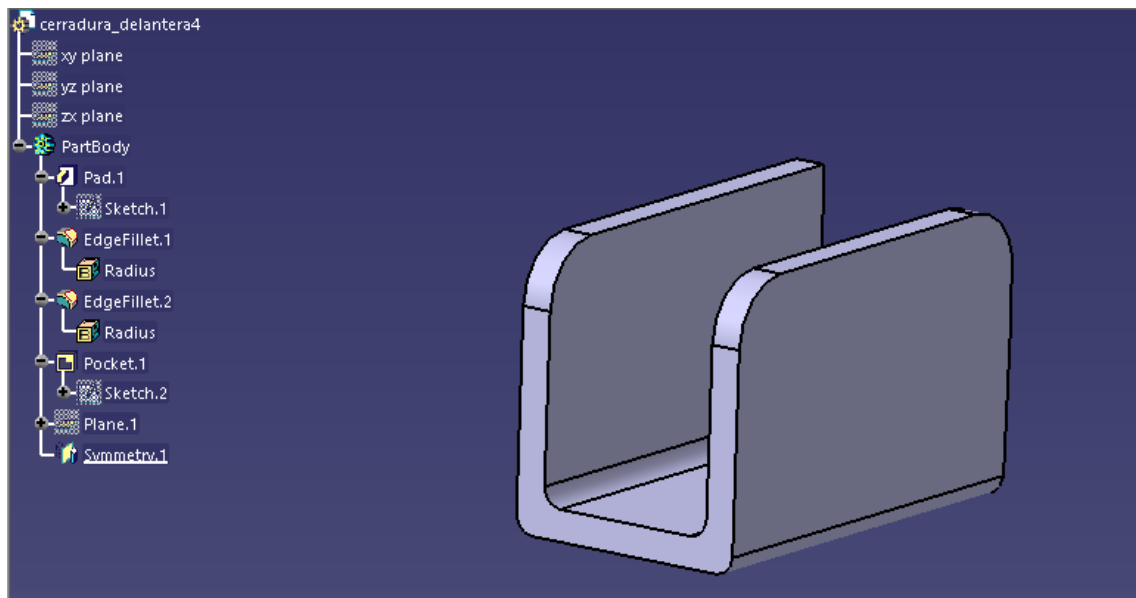


Figura 56. Cerradura delantera 4

Atendiendo en este caso a la puerta trasera tenemos a su vez la pieza *base_eje_puerta_trasera.cat* que servirá como bisagra de la puerta trasera.

Esta pieza *Figura 57* se unirá al cuerpo trasero a partir de una unión tornillo-tuerca y servirá como base para la rotación de la puerta.

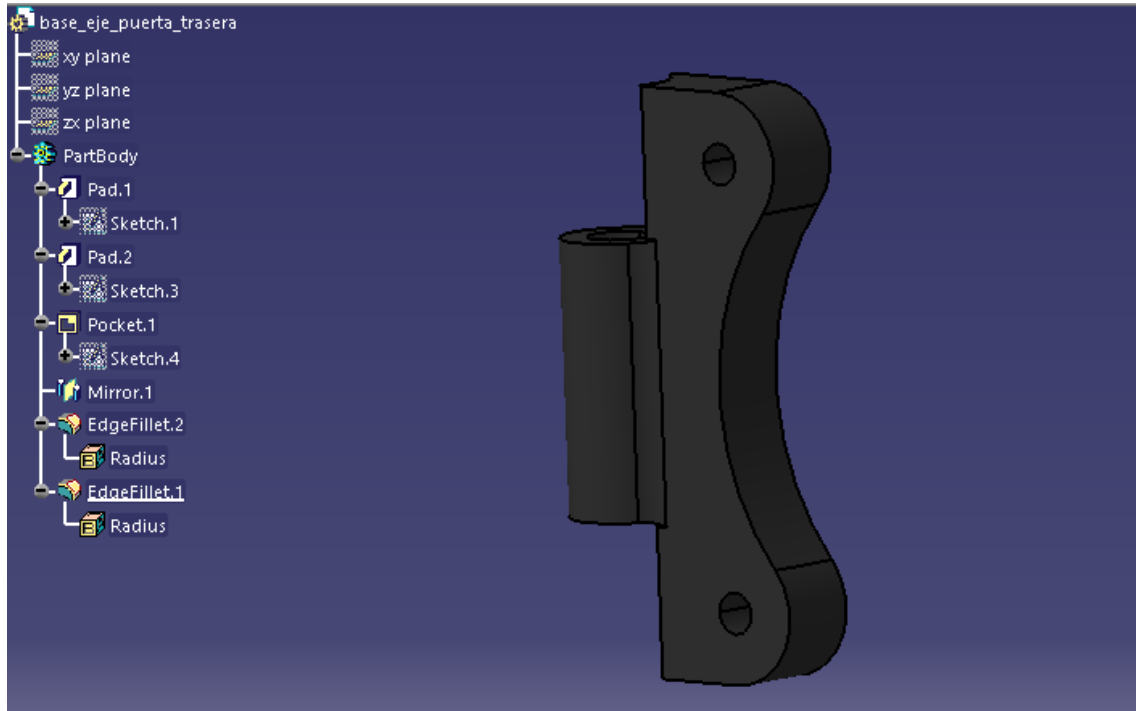


Figura 57. Base del eje de la puerta trasera

Finalmente, el cierre de la puerta trasera será un mecanismo ligeramente diferente al de la puerta delantera. En este caso el mecanismo de cierre constará también de una palanca que encaja en una pieza unida a la estructura de la máquina, aunque para la puerta trasera esta pieza: *cierre_puerta_trasera.cat* estará colocada en la parte externa del cuerpo trasero, quedando la cerradura al descubierto con la puerta cerrada.

Este tipo de cerradura que podemos considerar externa, tiene sentido en tanto en cuanto el cuerpo trasero alberga la cámara de combustión lo que dificultaría el funcionamiento de la cerradura con la posibilidad de inhabilitación como consecuencia de las altas temperaturas durante el funcionamiento de la máquina.

En la *Figura 58* se representa el modelo del cierre de la puerta trasera anteriormente explicado que irá unido al cuerpo trasero a través de una unión tornillo-tuerca.

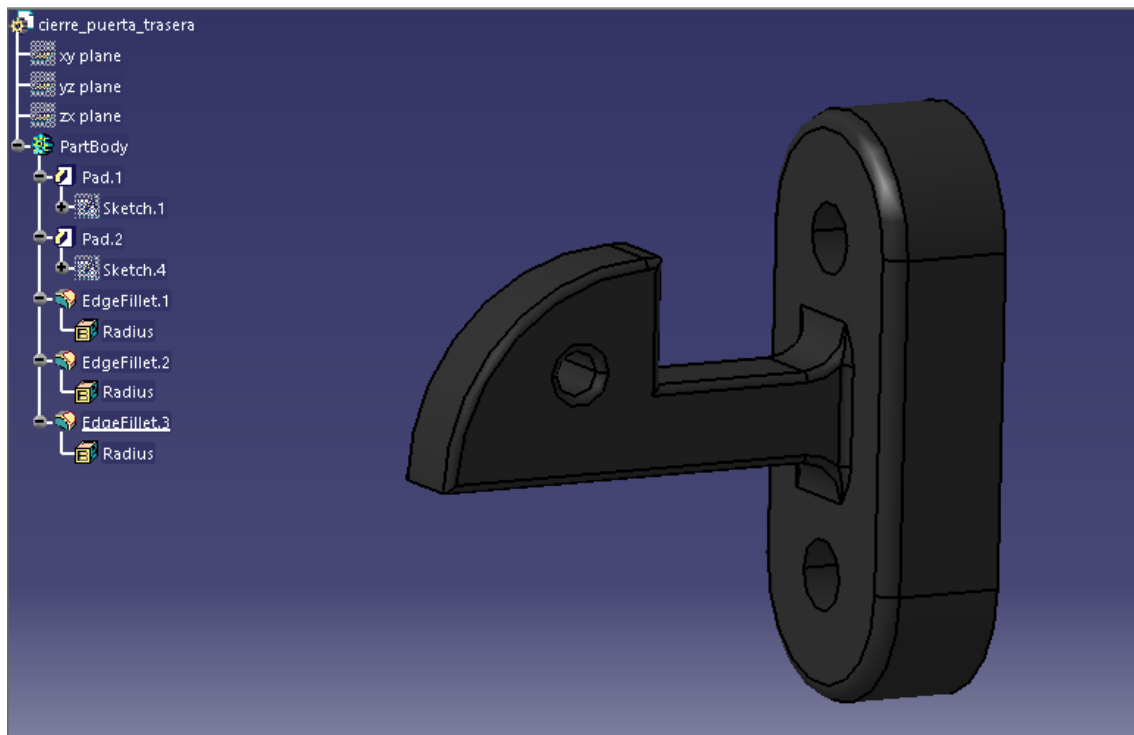


Figura 58. Cierre de la puerta trasera

Una vez efectuadas todas las piezas que van anexas a la estructura principal que forma el PRODUCT 1 se pasará a exponer los diferentes elementos de unión que se han modelado para el montaje de las piezas anteriormente expuestas.

Aunque hay una gran multitud de elementos con diferentes dimensiones, el modelado de las geometrías de muchos de ellos es similar, con la salvedad de adaptarlos a las medidas de las piezas para las que sirven de unión.

Dicho esto, encontramos como elementos de unión: Remaches, tornillos, tuercas y arandelas que se procederán a representar y explicar a continuación. Cabe mencionar que por motivos computacionales únicamente se han añadido un par de elementos de unión en cada enlace suponiendo los restantes de las mismas características.

Los remaches son unos elementos de fijación que se emplean para unir de forma permanente dos o más piezas. Consiste en un tubo cilíndrico que en su extremo dispone de una cabeza. Las cabezas tienen un diámetro mayor que el resto del remache, para que al introducir éste en un agujero pueda ser encajado.

En el conjunto de piezas descrito con anterioridad algunos de los pares de piezas unidos a partir de remaches se detallan en la [Tabla 4](#):

PIEZA 1	PIEZA 2	REMACHE DE UNIÓN
<i>cuerpo_central.cat</i>	----- ---	<i>remache_cuerpo_trasero.cat</i>
<i>cuerpo_central.cat</i>	<i>enlace_delantero_central.cat</i>	<i>remache_enlace-central.cat</i>
<i>cuerpo_delantero1.CATPart</i>	<i>cuerpo_delantero2.CATPart</i>	<i>remache_cuerpo_delantero.CATPart</i>
<i>enlace_delantero-central.CATPart</i>	<i>cuerpo_central.CATPart</i>	<i>remache_enlace-central.CATPart</i>
<i>cuerpo_trasero1.CATPart</i>	<i>cuerpo_trasero3.CATPart</i>	<i>remache_cuerpo_trasero.CATPart</i>
<i>cuerpo_trasero2.CATPart</i>	<i>cuerpo_trasero3.CATPart</i>	<i>remache_cuerpo_trasero.CATPart</i>
<i>cuerpo_trasero1.CATPart</i>	<i>cuerpo_central.CATPart</i>	<i>remache_cuerpo_trasero.CATPart</i>
<i>cerradura_delantera3.CATPart</i>	<i>cuerpo_central.CATPart</i>	<i>remache_base_parte_superior.CATPart</i>

Tabla 4. Lista de remaches en el conjunto cuerpo

Aunque encontramos más variedades de remaches dimensionalmente hablando, a continuación, se muestran algunos de los remaches empleados en el CONJUNTO 1 con características geométricas diferentes:



Figura 59. Remache enlace-central

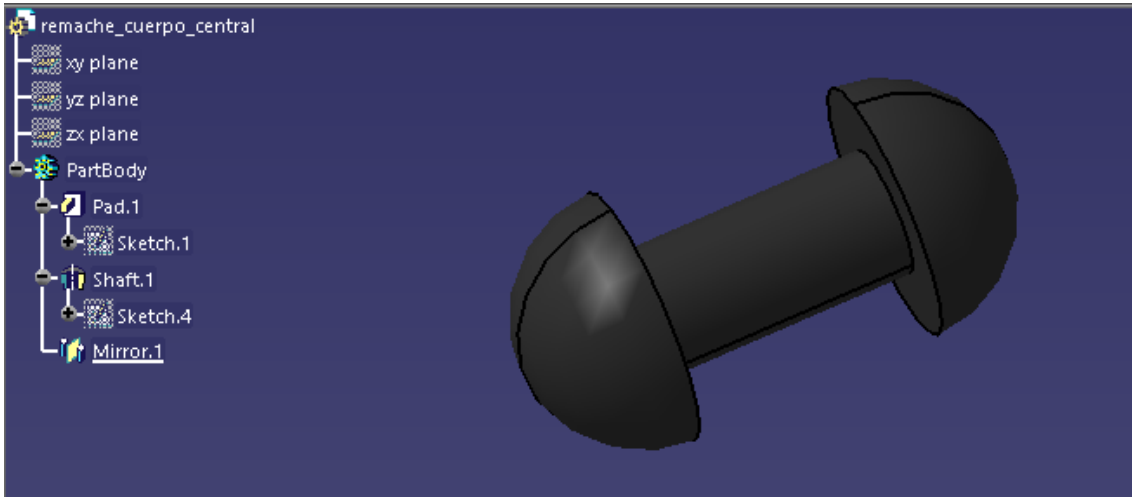


Figura 60. Remache del cuerpo central

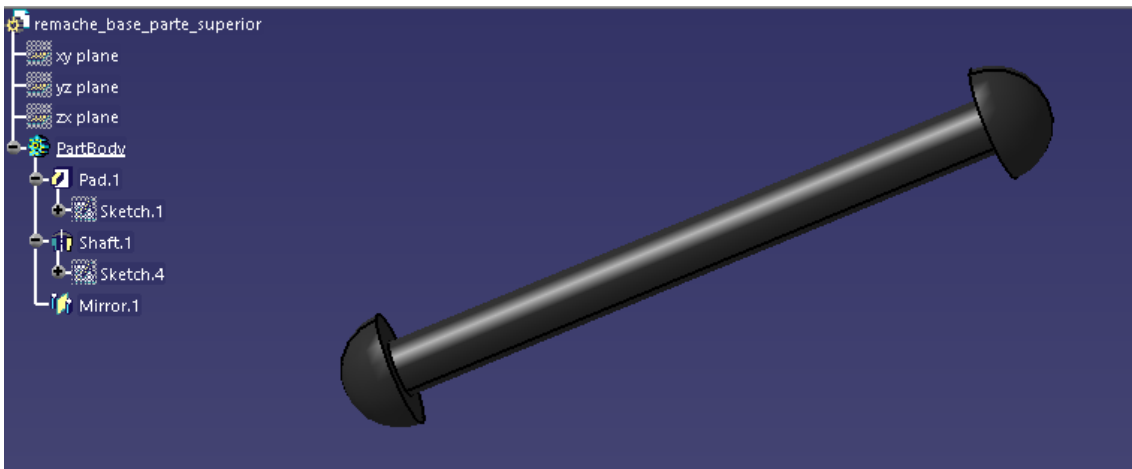


Figura 61. Remache de la base de la parte superior

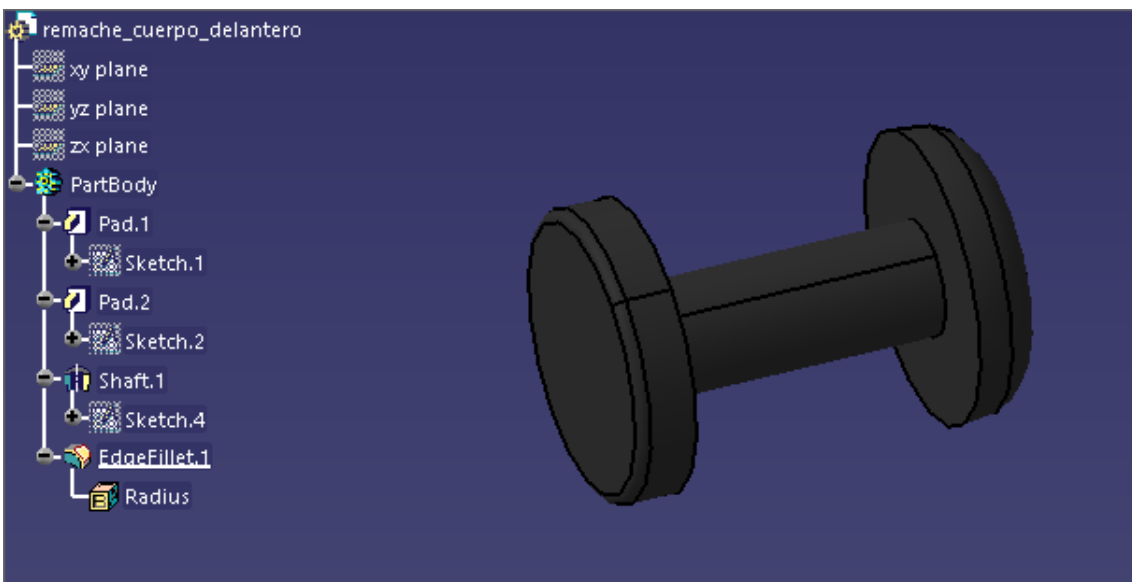


Figura 62. Remache del cuerpo delantero

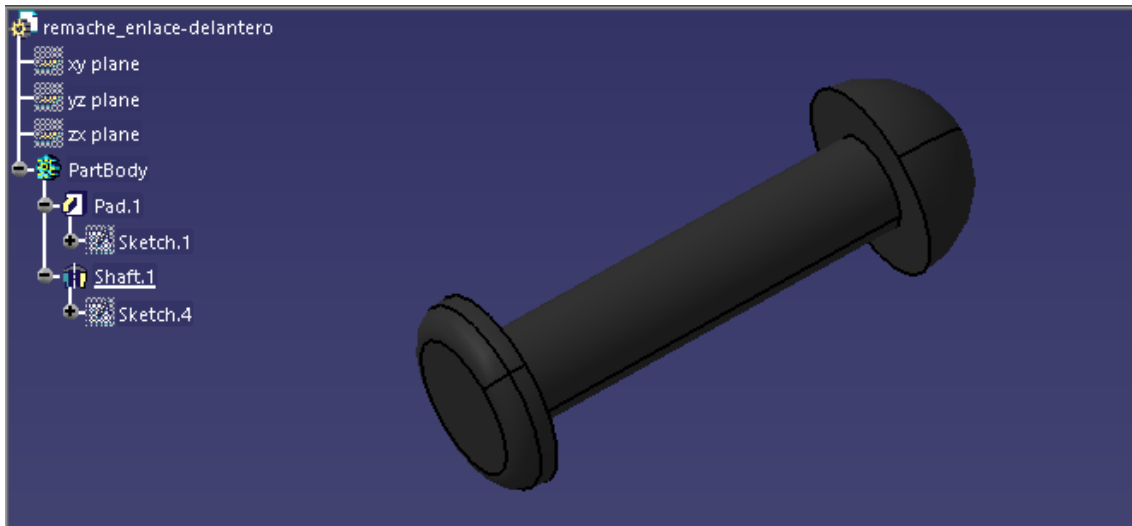


Figura 63. Remache del enlace delantero

Los tornillos son elementos mecánicos utilizados en la fijación de piezas entre sí. Están dotados de una caña con rosca triangular, que mediante una fuerza de torsión ejercida en su cabeza con una llave adecuada o con un destornillador, se puede introducir en un agujero roscado a su medida o atravesar las piezas y acoplarse a una tuerca.

Algunos de las uniones realizadas en el conjunto de piezas descrito con anterioridad, así como los pares de piezas unidos a partir de tornillos y tuercas se detallan en la [Tabla 5](#):

PIEZA 1	PIEZA 2	Tornillo-tuerca empleado
<i>base_parte_superior4.CATPart</i>	<i>base_parte_superior3.CATPart</i>	<i>tornillo_base_parte_superior.CATPart</i> <i>tuerca_M12.CATPart</i>
<i> cuerpo_delantero2.CATPart</i>	<i>base_chimenea.CATPart</i>	<i>tornillo_M10_base_chimenea.CATPart</i> <i>tuerca_M10_base_chimenea.CATPart</i>
<i>cierre_puerta_trasera.CATPart</i>	<i>cuerpo_trasero2.CATPart</i>	<i>tornillo_M10_cierre_puerta_trasera.CATPart</i> <i>tuerca_M10.CATPart</i>
<i>base_cuerpo.CATPart</i>	<i>agarre_base_cuerpo.CATPart</i>	<i>tornillo_agarre_base.CATPart</i> <i>tuerca_M12.CATPart</i>

Tabla 5. Lista de tornillos-tuercas en el conjunto cuerpo

A continuación, se muestran algunos de los tornillos, tuercas y arandelas empleados en el CONJUNTO 1 con características geométricas diferentes:

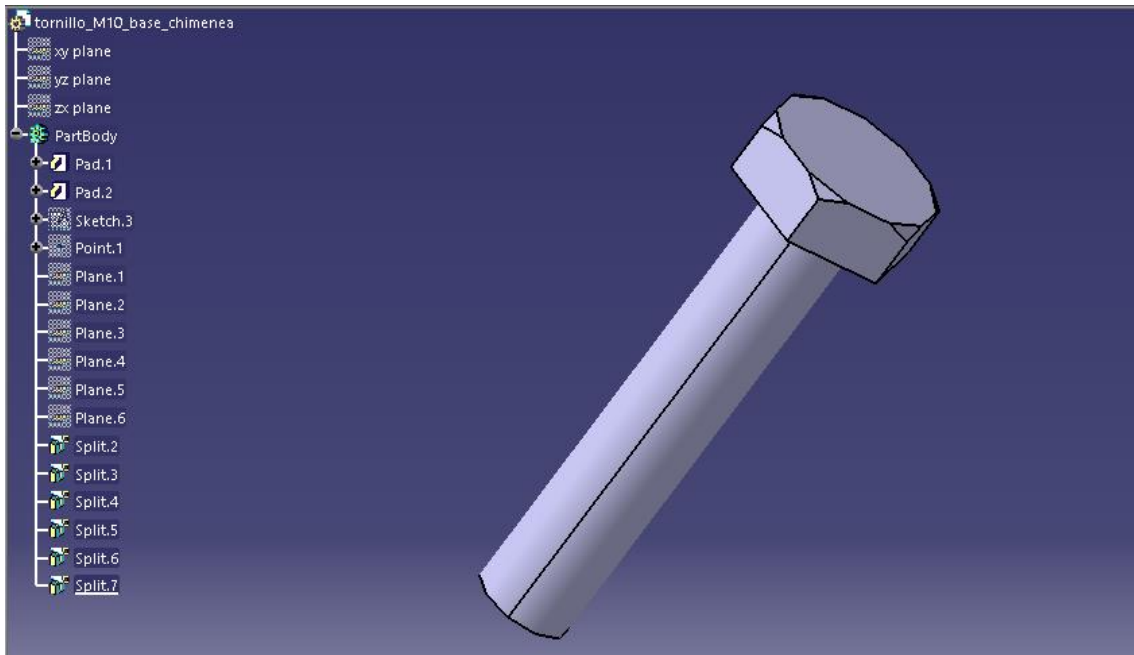


Figura 64. Tornillo M10, base de la chimenea

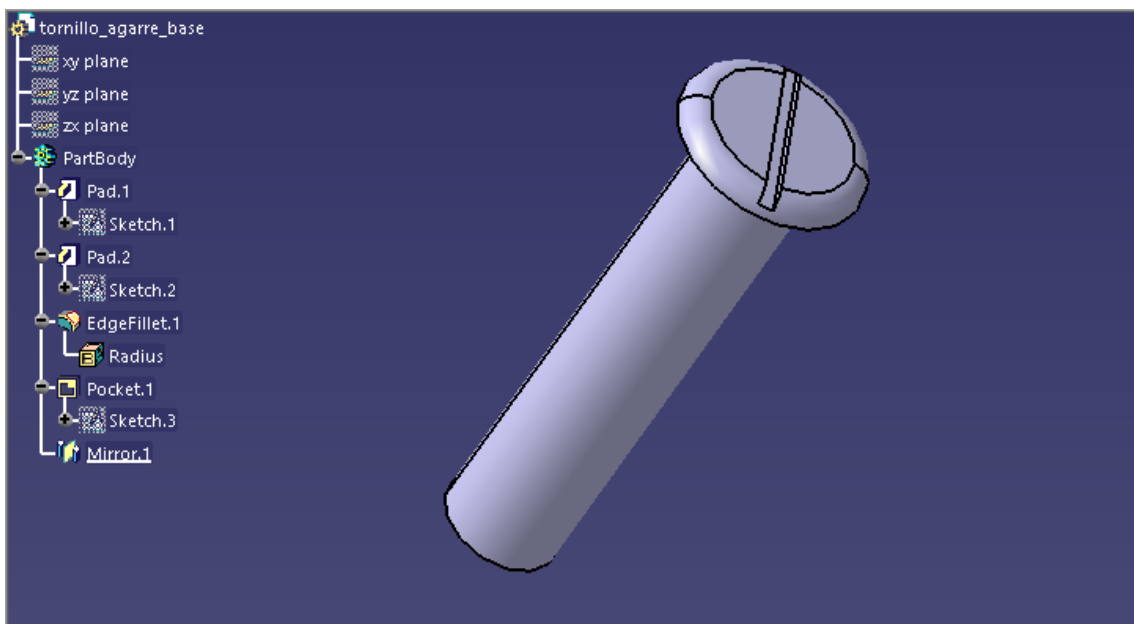


Figura 65. Tornillo agarre base

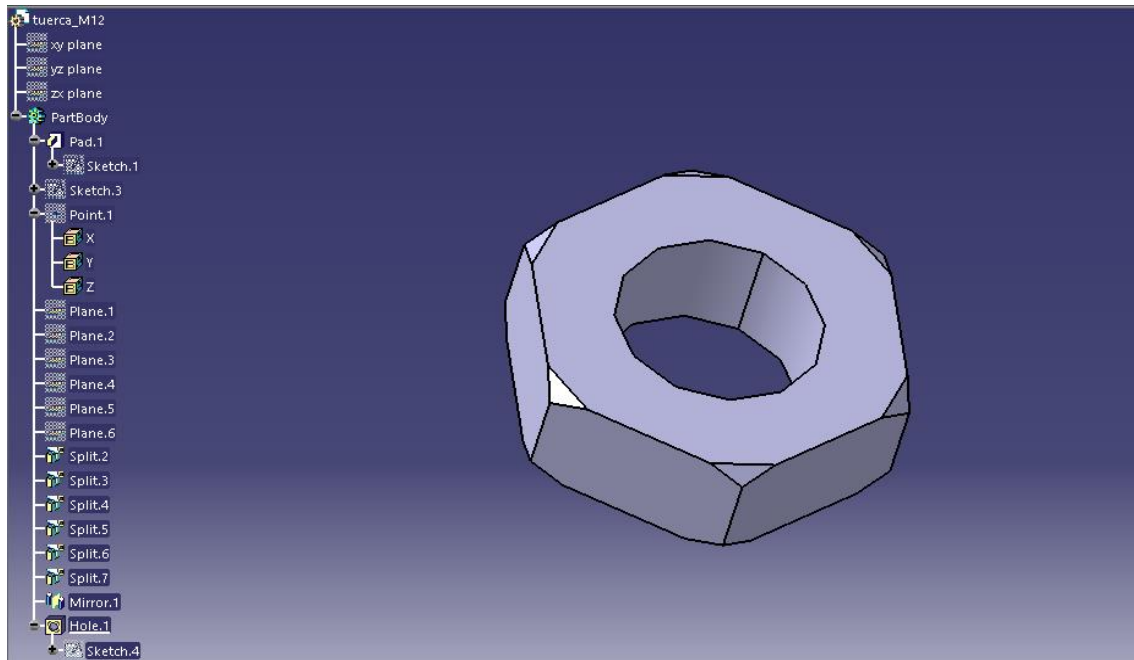


Figura 66. Tuerca M12

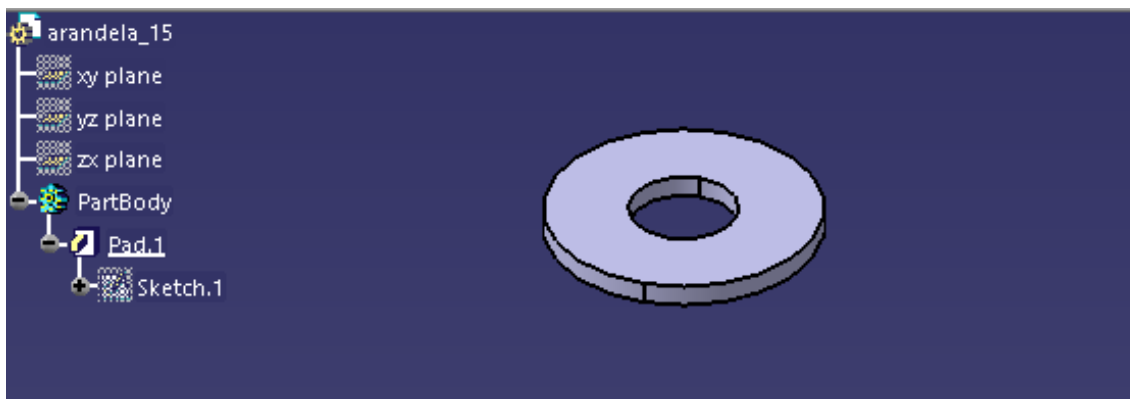


Figura 67. Arandela

Una vez desarrollados todos los elementos que constituyen el CONJUNTO 1 de la nuestra máquina procedemos a unir todas esas piezas en el correspondiente product.

En la *Figura 68* se pueden observar las diferentes piezas introducidas de forma explosionada. En la *Figura 69* se observa el conjunto actualizado con todas las piezas modeladas y explicadas con anterioridad.

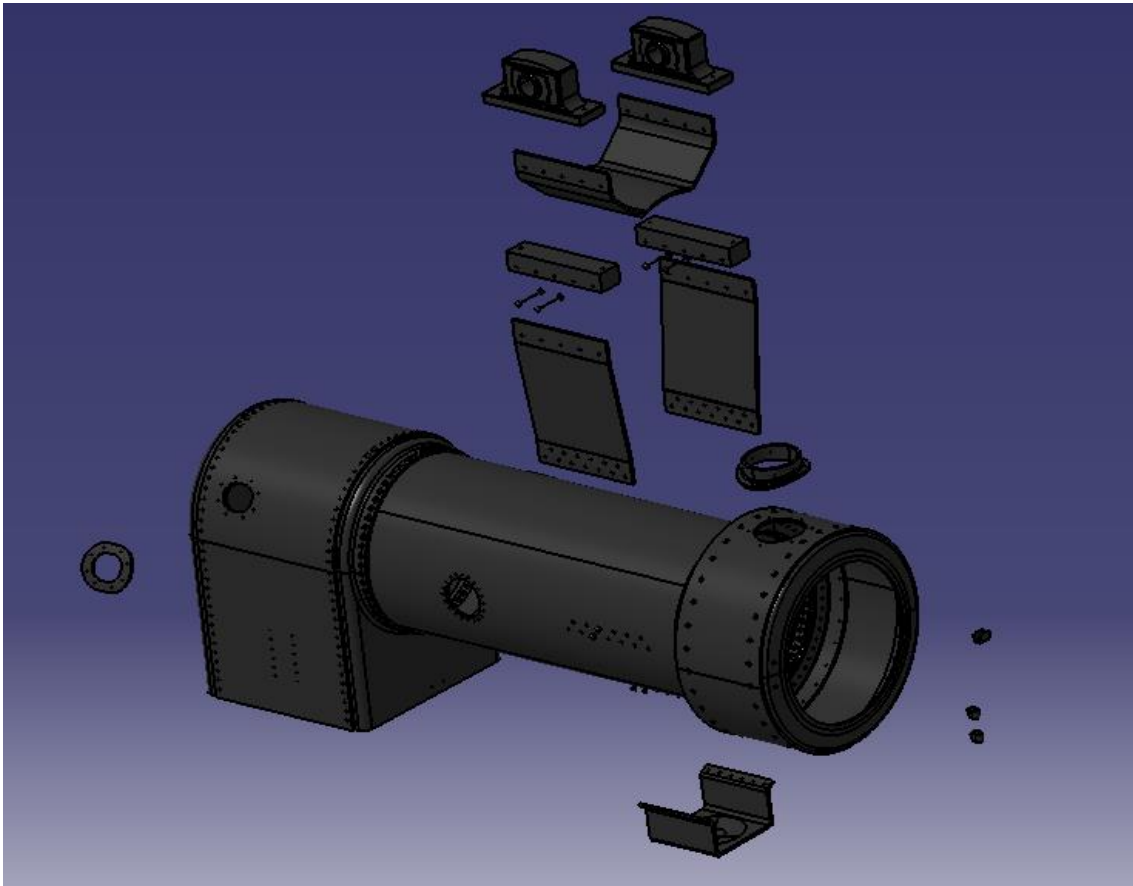


Figura 68. Conjunto cuerpo con piezas explosionadas

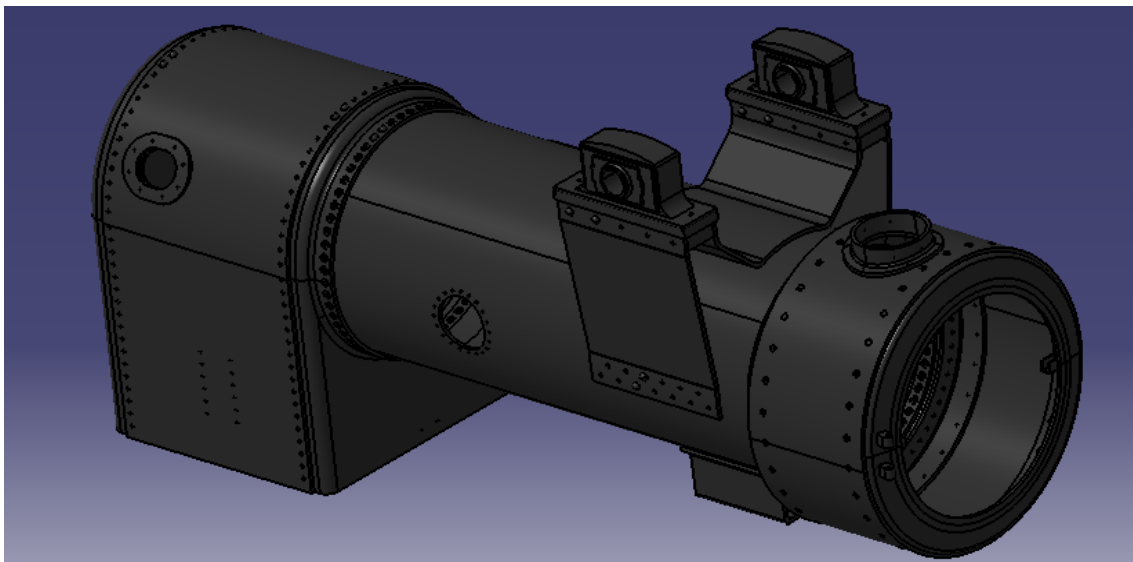


Figura 69. Conjunto cuerpo con restricciones

CONJUNTO B PARTE INTERNA

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

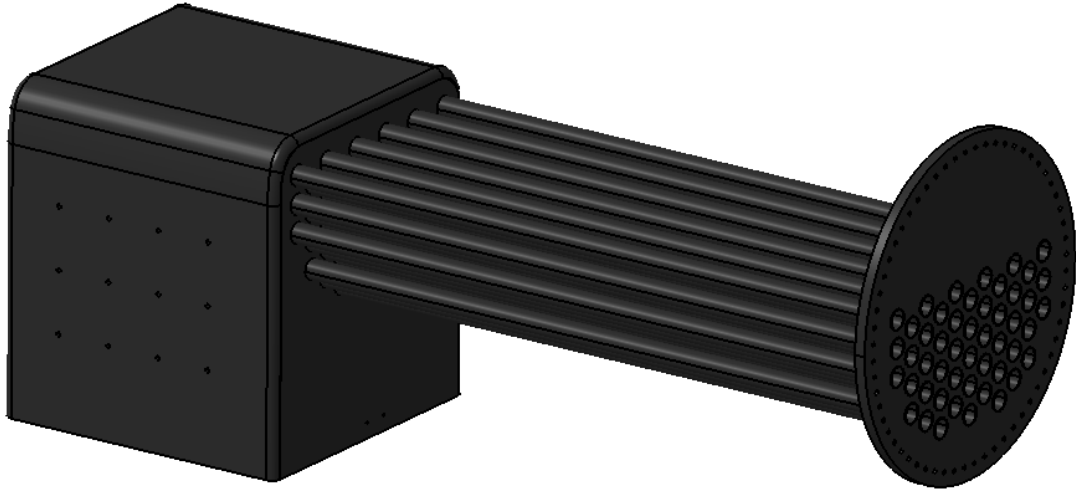


Figura 70. Conjunto parte interna

Dadas las características de funcionamiento de una máquina de vapor necesitamos como parte principal una fuente de calor y un medio a través del cuál transmitir ese calor al agua.

Tal y como indicamos con anterioridad el agua está almacenada herméticamente en el cuerpo_central.cat, por lo que necesitaremos algún mecanismo para transmitir el calor necesario para evaporar esa agua.

Es aquí donde entra en juego el CONJUNTO G denominado *Parte_interna.CATProduct*. Está formado por la caldera, o cámara de combustión, lugar donde se quema el combustible; y una serie de tubos dispuestos longitudinalmente en el interior del cuerpo_central.CATPart, a través de los cuáles circularán los gases procedentes de la cámara de combustión y que serán el medio por el que se transmitirá el calor al agua. Finalmente, esos gases procedentes de la combustión deberán ser desalojados a través de la chimenea ubicada en la parte delantera de la máquina.

En primer lugar, modelaremos el recinto donde se quemará el combustible y que estará ubicado en el interior del cuerpo trasero de la máquina, al que se unirá a través de un enlace remachado. Este recinto abierto por su parte inferior para la entrada de oxígeno consta de las paredes y la parrilla donde se depositará el combustible. En la *Figura 71* se observa la pieza *paredes_caldera.CATPart* en el cuál se observa el agujero de la puerta de entrada, así como los salientes-soporte para la colocación de la parrilla.

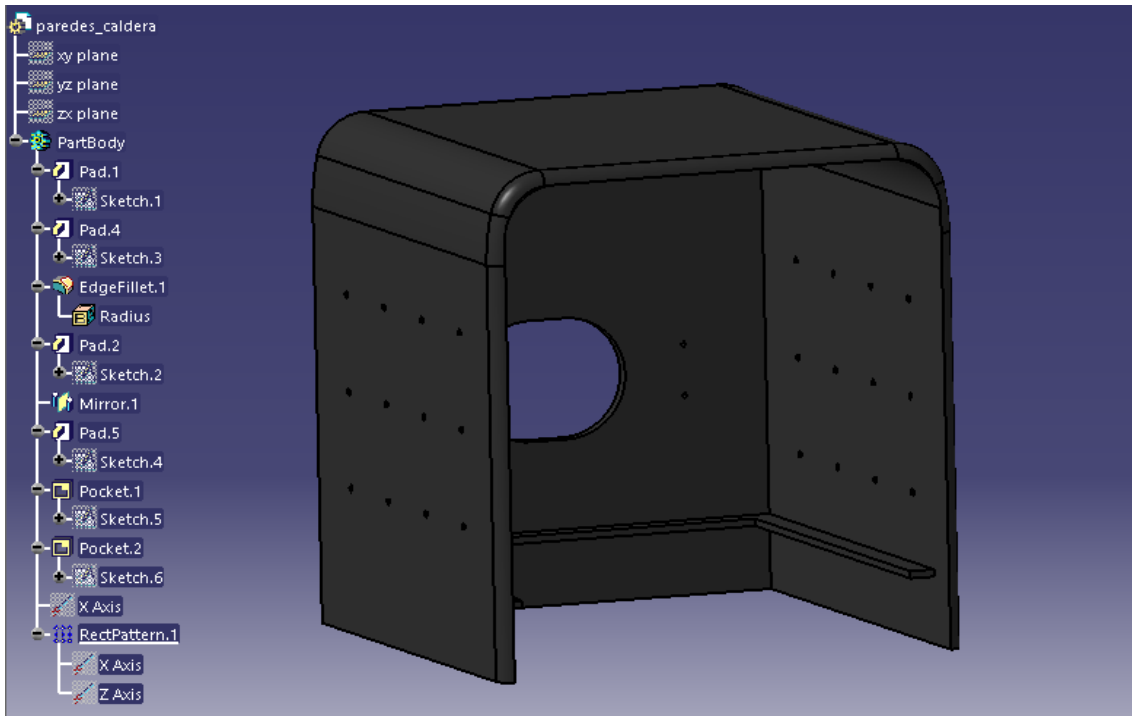


Figura 71. paredes de la caldera

A continuación, en el interior de la caldera se ubicará tal y como hemos indicado la parrilla, donde se quemará el combustible generalmente compuesto por carbón o madera. Esta pieza la denominaremos *parrilla_caldera.CATPart* que está representada en la [Figura 72](#)

Como características para el funcionamiento, debemos tener en cuenta que necesitamos que esta parte facilite la entrada de oxígeno por su parte inferior para facilitar la combustión, así como evitar que el combustible depositado caiga al suelo.

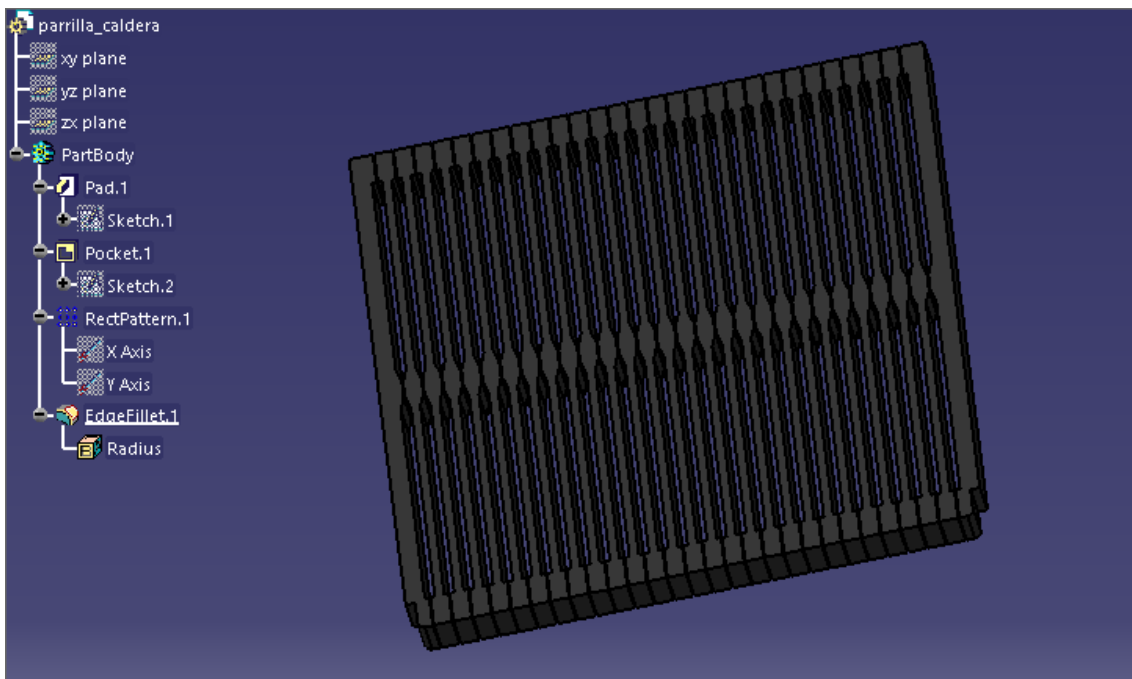


Figura 72. Parrilla de la caldera

Para comunicar la caldera con el cuerpo central y a su vez servir como soporte a la serie de tubos que recorrerán el interior del cuerpo central tenemos *sujetatubos_trasero.CATPart* representado en la [Figura 73](#)

Como características geométricas se puede observar que sirve de soporte para la rejilla y a su vez para los tubos colocados al tresbolillo que recorrerán el interior de la máquina. Con esta colocación se facilitará el intercambio de calor entre los tubos y el agua del interior del cuerpo.

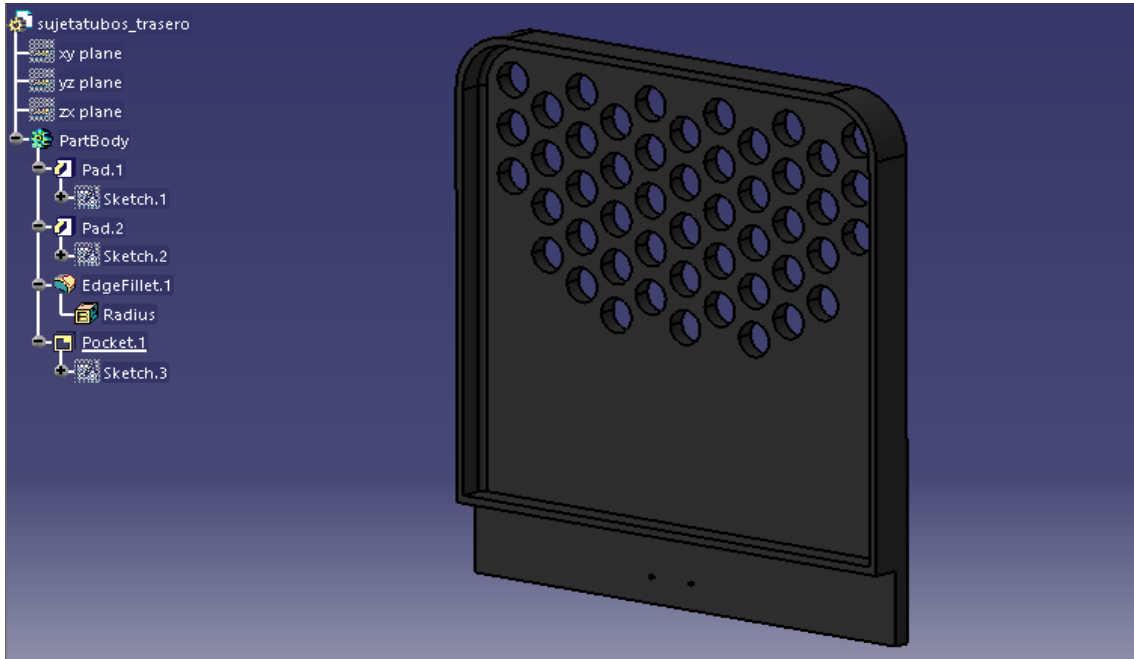


Figura 73. Sujetatubos trasero

Análogamente en la parte delantera se ubica el *sujetatubos_trasero.CATPart* representado en la [Figura 74](#). Como anteriormente esta parte sirve como mecanismo de enlace entre el cuerpo delantero y los tubos que recorrerán el interior del cuerpo central.

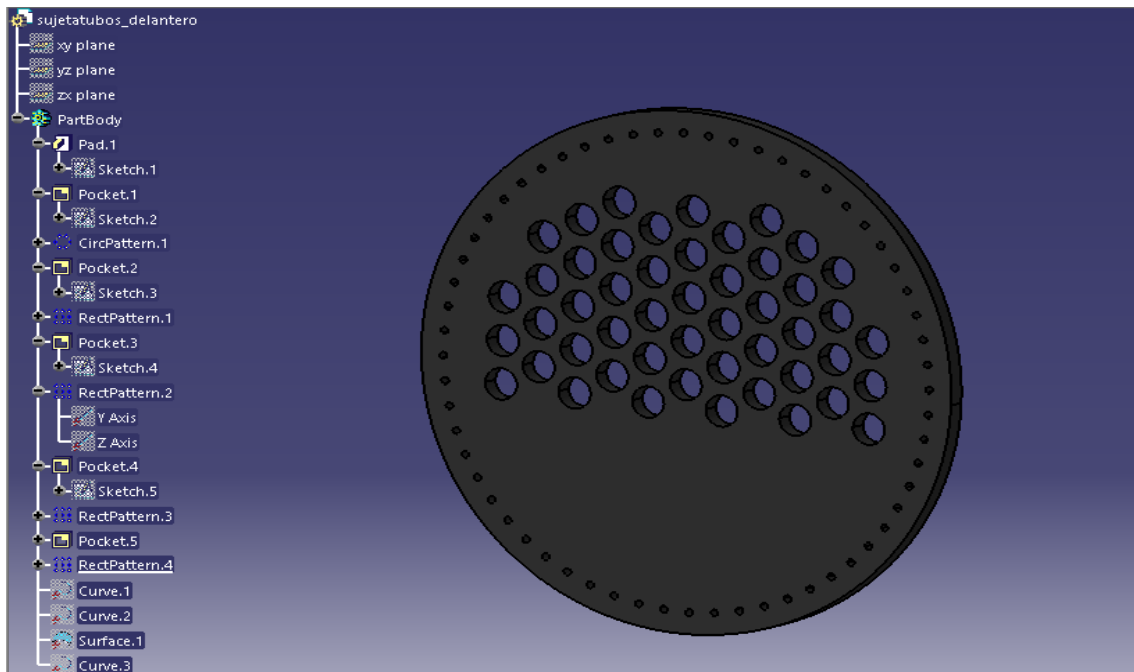


Figura 74. Sujetatubos delantero

Cabe decir que, dadas las condiciones de presión y temperatura en el interior del cuerpo central, esta pieza deberá ir sellada herméticamente, a través de una unión remachada.

Finalmente, la última parte que constituye el CONJUNTO G es el conjunto de tubos que recorren el interior del *cuerpo_central.CATPart* y que se alojan en los huecos de las piezas *sujetatubos_trasero.CATPart* y *sujetatubos_delantero.CATPart* colocados al tresbolillo para facilitar el intercambio de calor entre el gas a alta temperatura de su interior y el agua que se encontrará en su parte externa.

Como característica geométrica, indicar que la sección no es constante a lo largo de todo el tubo, ya que en sus extremos se ha recrecido el espesor para facilitar la unión con las partes anteriormente especificadas y mantener las condiciones herméticas.

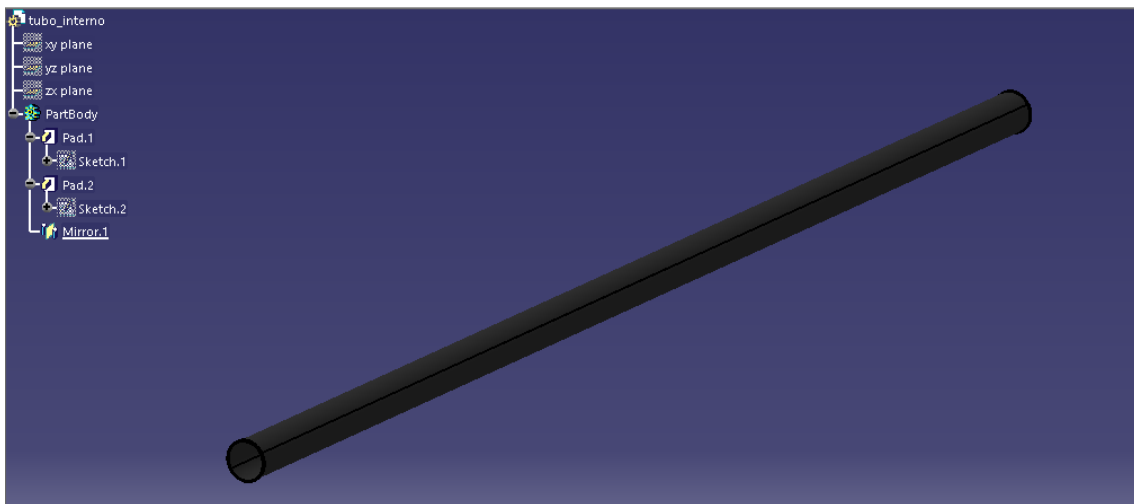


Figura 75. Tubo interno

Una vez modeladas y explicadas las piezas que forman este conjunto se procederá a ensamblarlas en el product correspondiente.

En la [Figura 76](#) se observa el CONJUNTO G denominado *Parte_interna.CATProduct* con sus piezas explosionadas, mientras que en la [Figura 77](#) se observa el conjunto unido.

Se debe indicar que en lo referente a los elementos de unión tales como remaches, tornillos y tuercas, las uniones del CONJUNTO G se basan en el remachado de los elementos de soporte y la soldadura de los tubos en los “sujetatubos”.

Estos remaches utilizados no se incluyen dado que son los mismos que los empleados en las partes del cuerpo_trasero y delantero, en los cuales se han añadido los agujeros correspondientes, que se extienden hasta la parte interna.

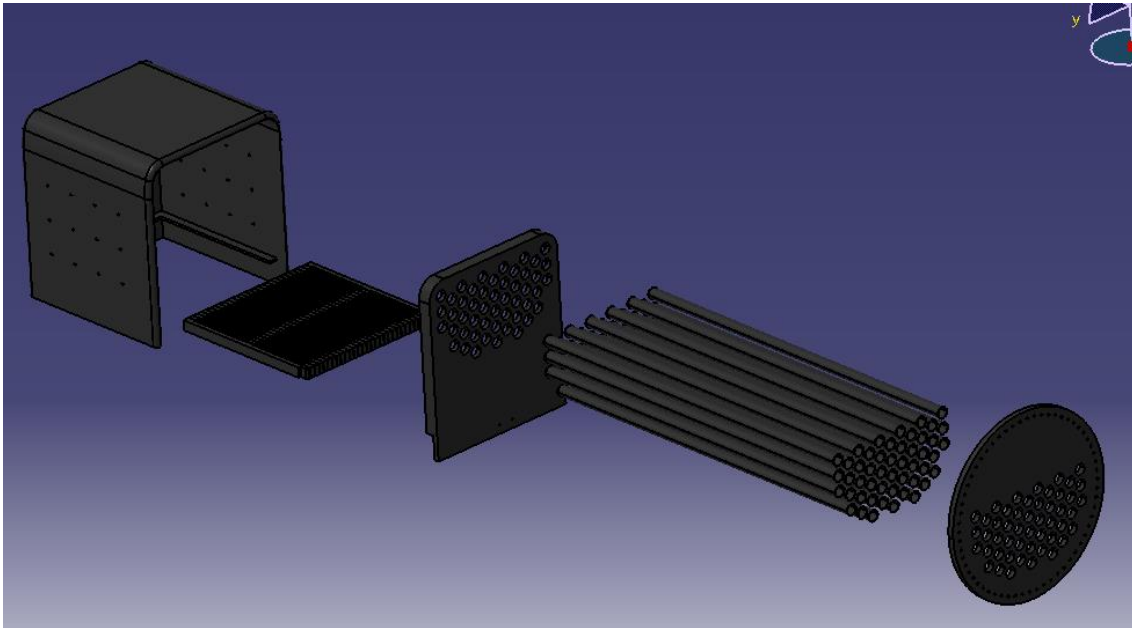


Figura 76. Conjunto parte interna con sus piezas explosionadas

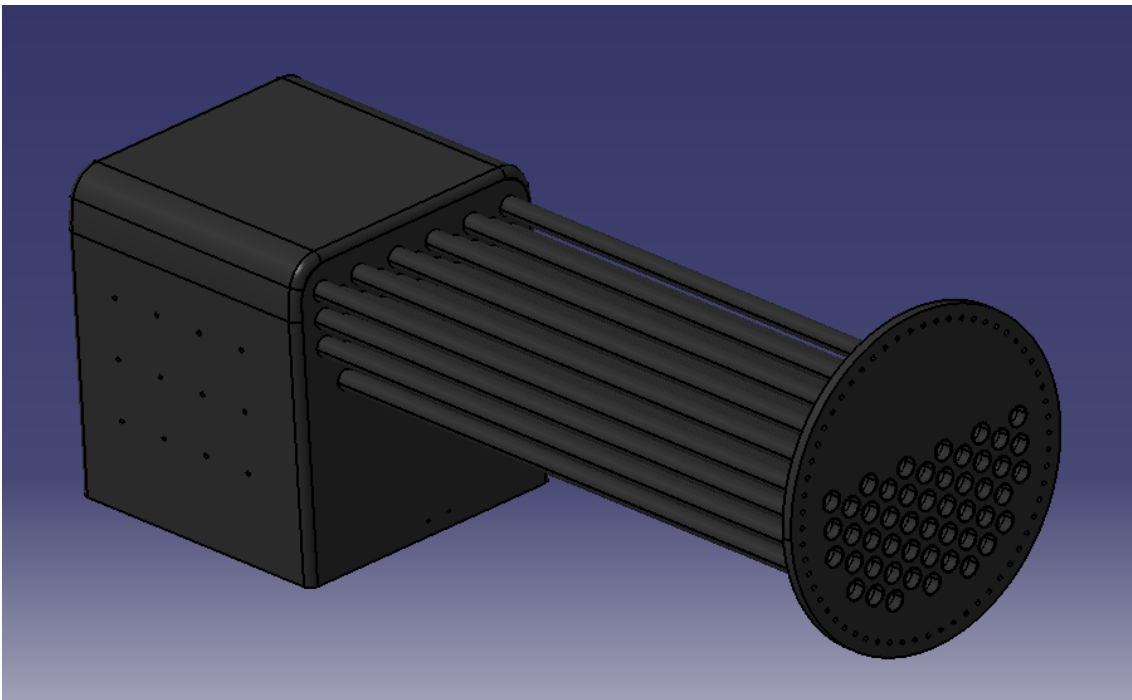


Figura 77. Conjunto parte interna con restricciones en las piezas

CONJUNTO C TREN DELANTERO

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

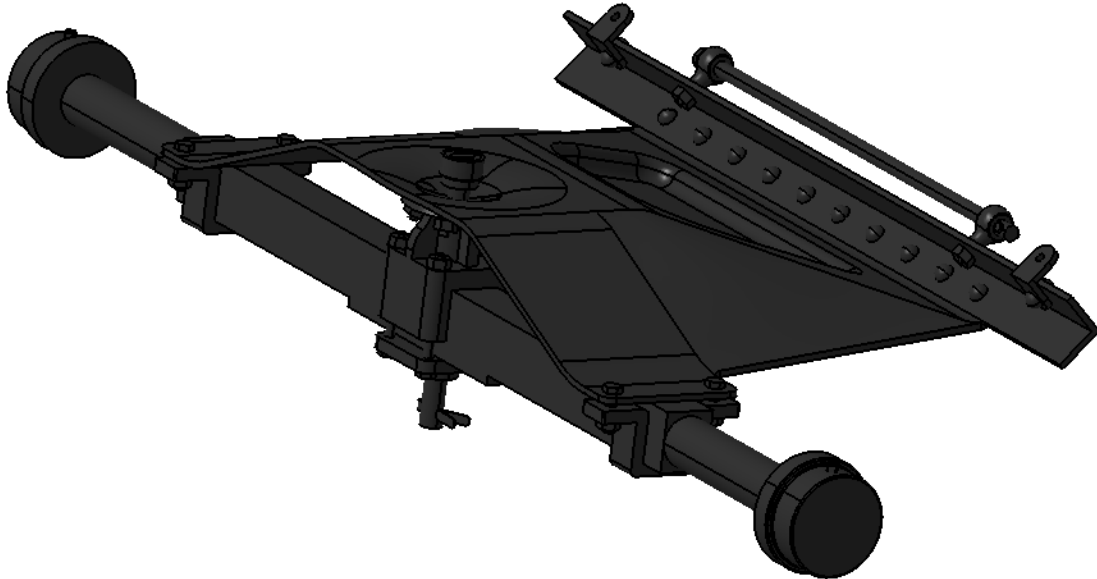


Figura 78. Conjunto Tren delantero

La máquina que se desarrolla en el presente proyecto, a pesar de no ser autopropulsada, sí que es transportable de un lugar a otro gracias a un sistema de ejes y ruedas.

Además, posee la capacidad de cambiar la dirección del movimiento gracias a la rotación del tren delantero. Teniendo todo esto en cuenta se desarrollará a continuación las diferentes piezas que constituyen el CONJUNTO C, que denominaremos *tren_delantero_inferior.CATProduct*.

Como obviamente cabe esperar este conjunto se ubicará en la parte delantera de la estructura de la máquina, más concretamente se empleará la pieza *base_cuerpo.CATPart* como soporte explicada con anterioridad, y sobre la cuál rotará el eje del tren delantero.

En primer lugar, se modelará la pieza que sirve como base o estructura principal para nuestro modelo a la cuál denominaremos *base_tren_inferior_delantero.CATPart*.

Esta pieza servirá como soporte a todo el tren delantero, tanto el eje de las ruedas, como el conjunto arrastrador que se explicará más adelante. Además, funcionará de enlace de unión al cuerpo de la estructura sobre el que deberá rotar.

Es por ello que constituye una de las piezas geoméricamente más complejas y uno de los modelos que ha requerido más esfuerzo en cuanto a modelado y representación 3D, siempre intentando en la medida de lo posible ajustarnos al modelo real.

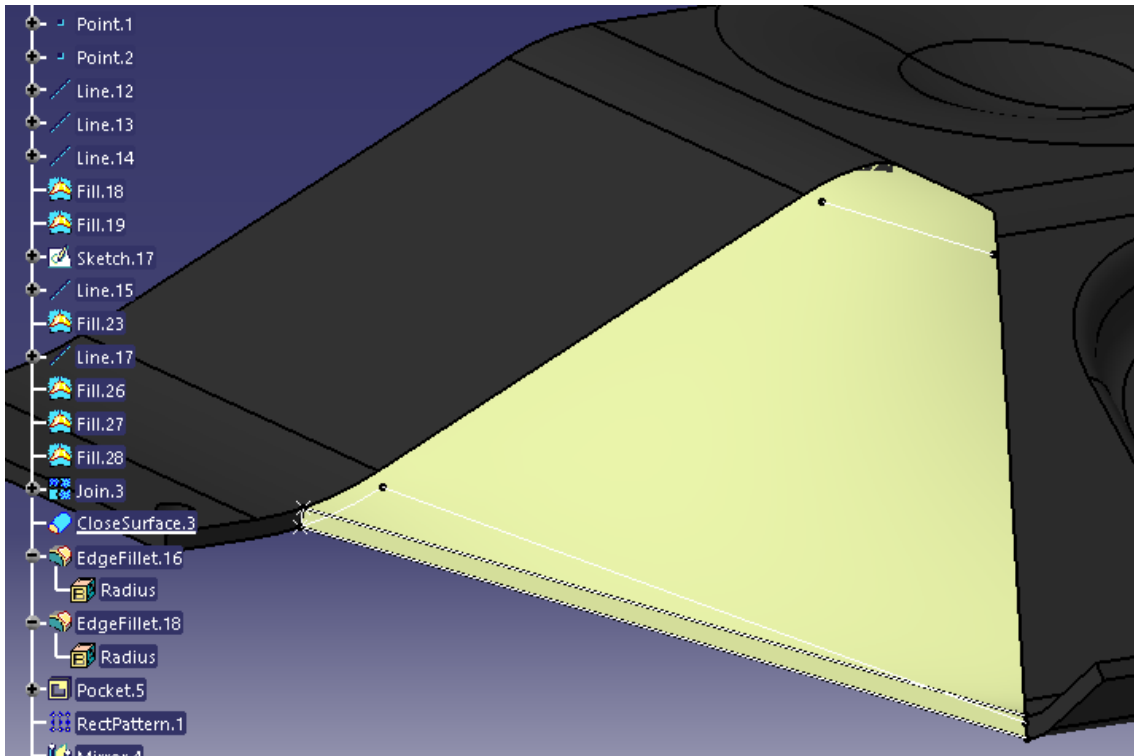


Figura 79. Detalle uso de modulo Wireframe and surface Design

En la *Figura 80* se representa la pieza indicada donde de nuevo se ha dividido el árbol en varias columnas para facilitar la visualización. Se puede comprobar a su vez el gran número de herramientas utilizadas tanto en el bloque principal de modelado como en el bloque “*Wireframe and Surface Design*”.

Un ejemplo de ese bloque lo encontramos en la *Figura 79* donde se ha hecho uso de las herramientas Fill, Join, o CloseSurface entre otras. El uso de estas herramientas queda justificado en tanto en cuanto tenemos geometrías rectas en diferentes planos unidas a su vez por superficies curvas, lo cuál resulta imposible de resolver con las herramientas convencionales.

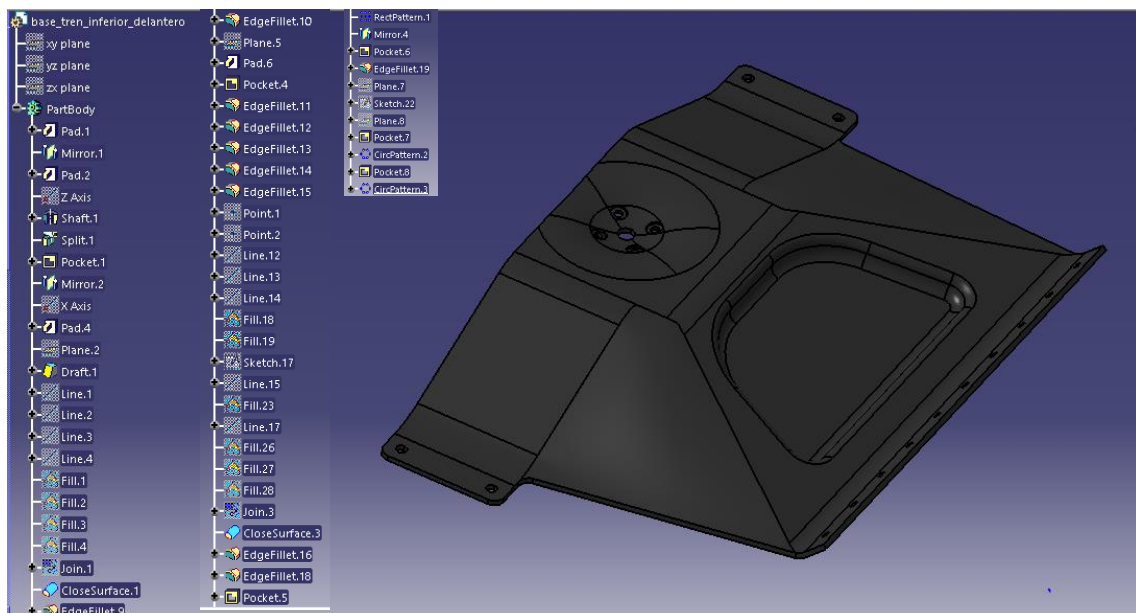


Figura 80. Base tren inferior delantero

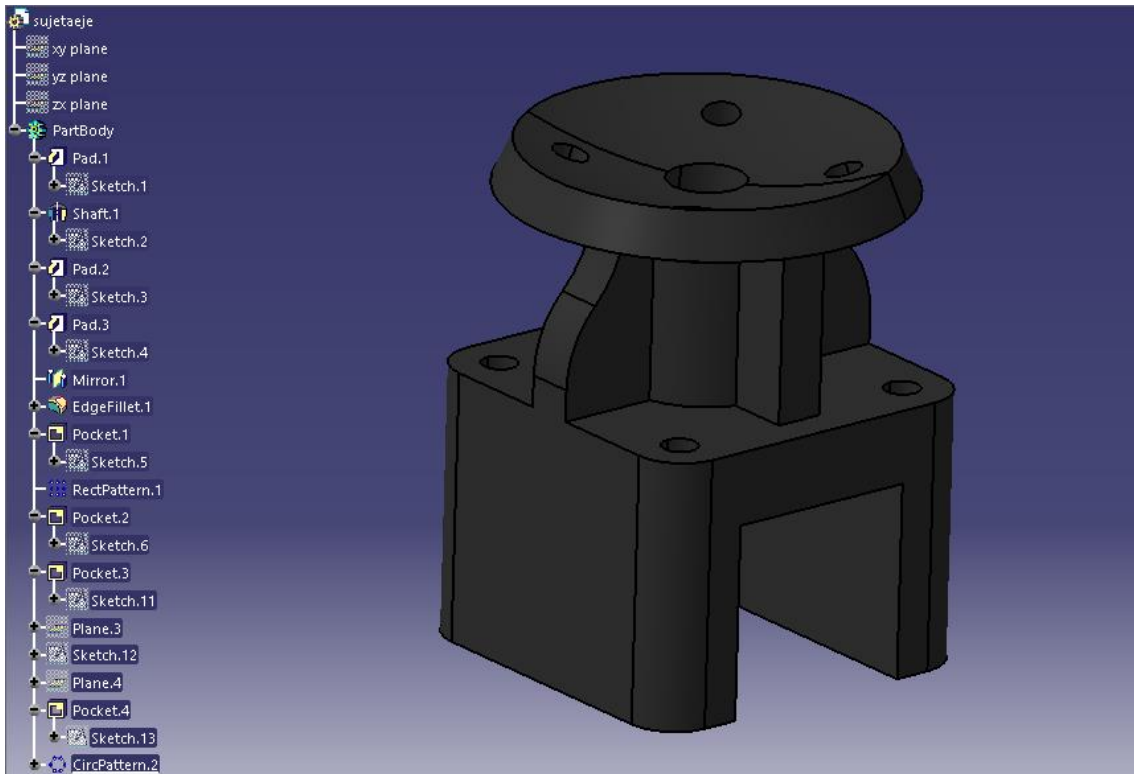


Figura 81. Sujetaeje

Para sujetar el eje del tren delantero por la parte inferior, se modela la pieza *sujetaejeinferior.CATPart*, representada en la [Figura 82](#).

Esta pieza a su vez irá atornillada a la pieza anteriormente explicada y servirá como soporte guía al eje de rotación del tren delantero

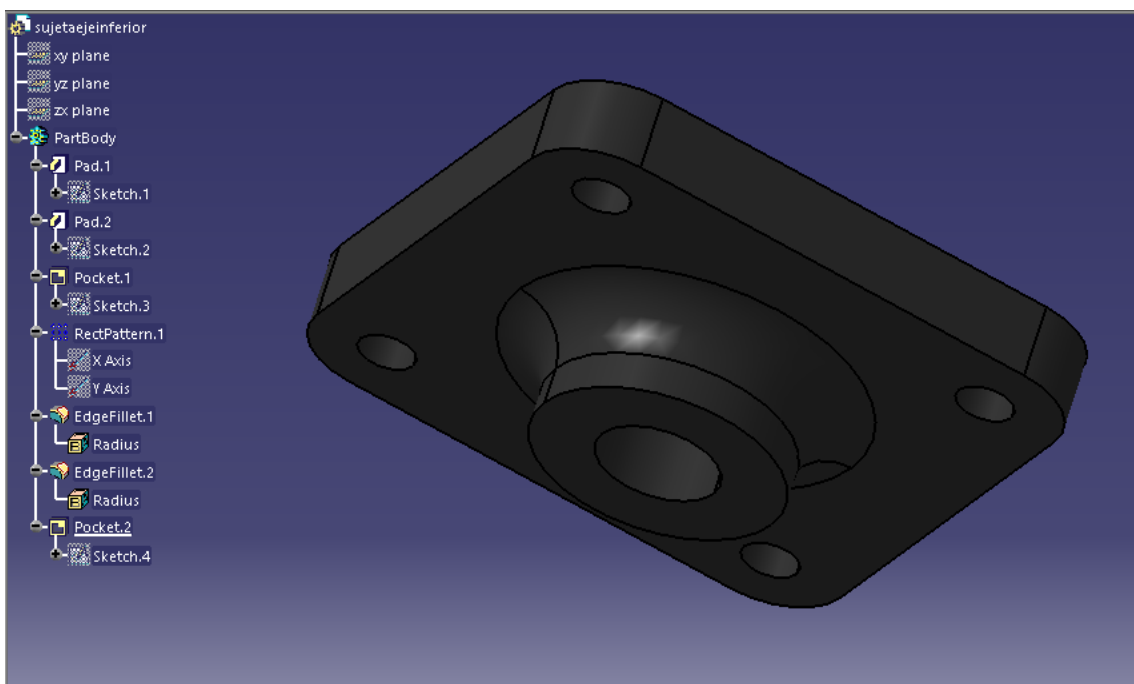


Figura 82. Sujeta eje inferior

Además de las dos piezas anteriores, el eje se encuentra solidario a la *base_tren_inferior_delantero.CATPart* descrita, gracias a dos abrazaderas en sendos extremos de la pieza y que sirven como mecanismo de sujeción a través de una unión atornillada.

En la *Figura 83* se muestra la pieza descrita donde se observan los agujeros de la unión atornillada, así como el soporte para albergar al eje de sección cuadrada

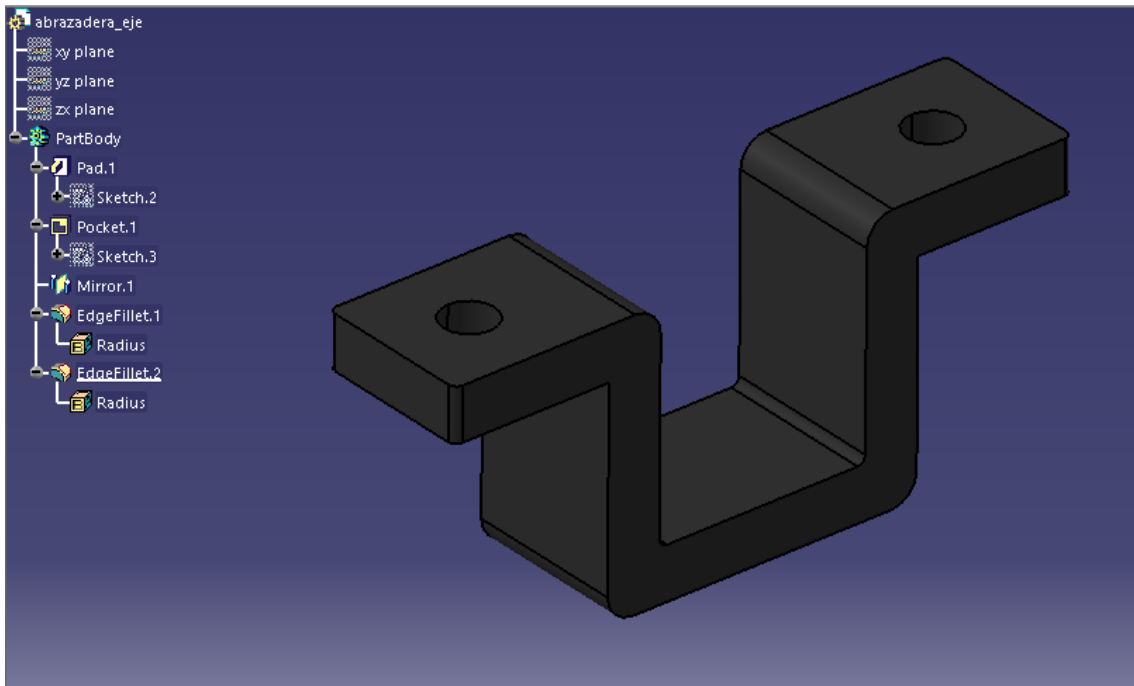


Figura 83. Abrazadera del eje

Una vez descritos los elementos de sujeción del eje de las ruedas delanteras procedemos a modelar a continuación dicho eje al que sujetan, *eje_rueda_delantera.CATPart*.

Geométricamente en la *Figura 84* se observa que la sección en la parte central es cuadrada, con el objetivo de facilitar el agarre de los elementos de sujeción anteriormente descritos, mientras que en sus extremos la sección es circular para permitir la rotación de la rueda a través de él.

A su vez se observa un agujero central donde se alojará el eje de rotación del tren delantero que permite el giro de las ruedas. Las hendiduras en forma de rombo en sus extremos tienen como objetivo evitar que el tope de la rueda se salga.

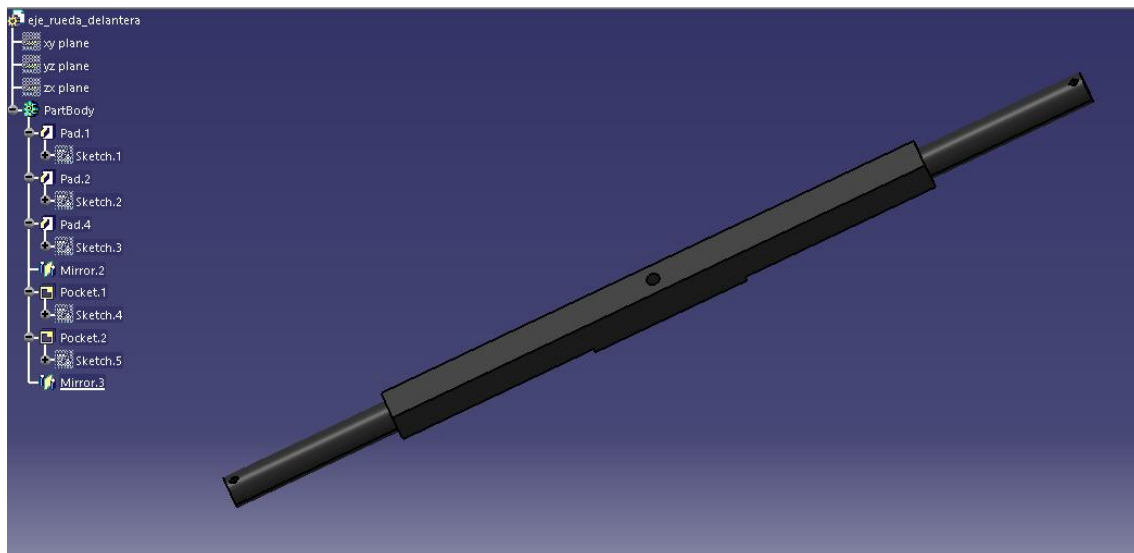


Figura 84. Eje rueda delantera

Con el objetivo de evitar que la rueda se salga del eje se modela la pieza *tope_rueda.CATPart* representada en la [Figura 85](#).

Geométricamente se observa que posee un agujero ciego donde albergará al eje de las ruedas así como una hendidura en forma de rombo para fijarlo a dicho eje.

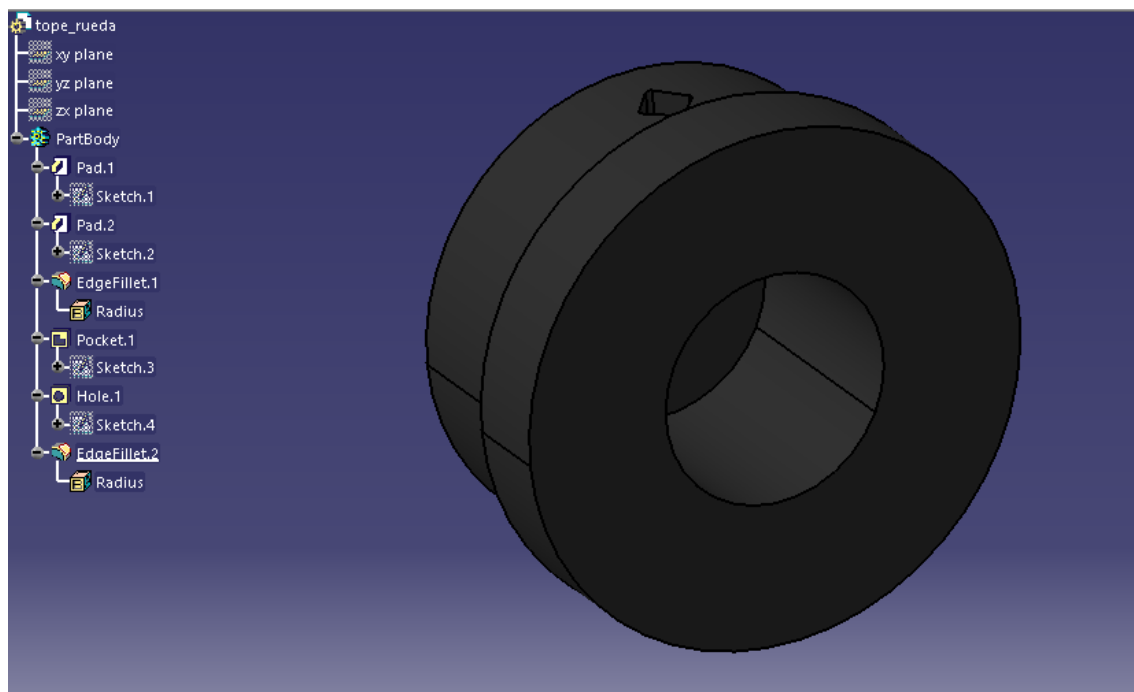


Figura 85. Tope rueda

Durante el movimiento de la máquina ni el eje ni el tope del eje giran, siendo únicamente la rueda la que realiza el movimiento de rotación.

A continuación, se modela la pieza *sujetatope_rueda.CATPart* representada en la Figura cuyo único objetivo es evitar que el tope de la rueda se salga durante el funcionamiento

Geoméricamente esta pieza es un paralelepípedo de sección con forma de rombo que encajará tanto en el eje como en el tope fijando ambas piezas.

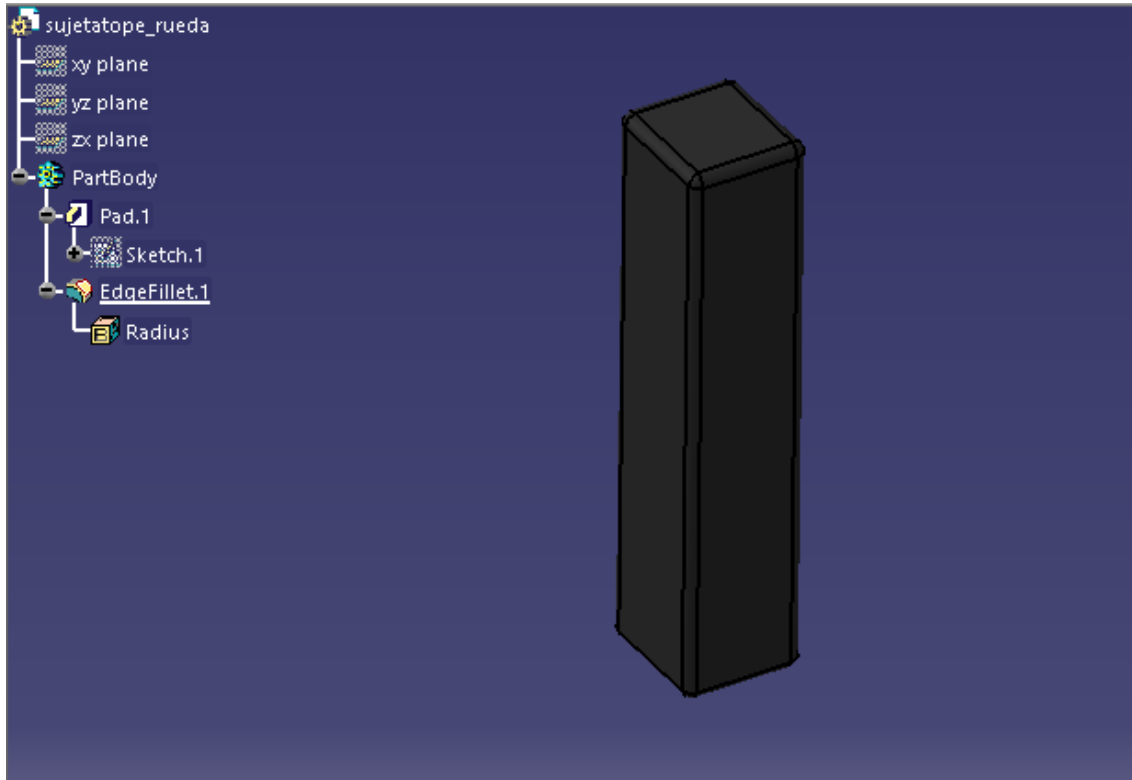


Figura 86. Sujeta tope rueda

A continuación, se modela una pieza realmente importante en el plano funcional del tren delantero y que permite la rotación de las ruedas para cambiar la dirección durante el transporte de la máquina de un lugar a otro.

Esta pieza que se describe es *eje_rotacion_tren_delantero.CATPart* representada en la [Figura 87](#)

Geoméricamente además del cilindro de sección circular en torno al cuál gira todo el CONJUNTO, se observa una pequeña hendidura de sección rectangular en su parte inferior cuya función es la colocación de un tope para evitar que el eje se salga. Además, se puede observar como en la parte superior posee una terminación de sección con forma de elipse la cuál ha sido necesaria unir al resto del eje haciendo uso una vez más del bloque “*Wireframe and Surface Design*”.

El objetivo de esta terminación es facilitar el montaje, así como mecanismo de sujeción para el tope del eje.



Figura 87. Eje de rotación del tren delantero

El eje del tren delantero anteriormente descrito tiene sendos topes en sus extremos los cuales facilitan el montaje y evitan que el eje se salga durante el funcionamiento.

Para la parte inferior se modela la pieza *tope_eje_delantero.CATPart* representada en la [Figura 88](#).

Geoméricamente se observa como es una pieza de sección rectangular en cuyos extremos tienen mayor sección para evitar que el eje se desplace más allá del tope.

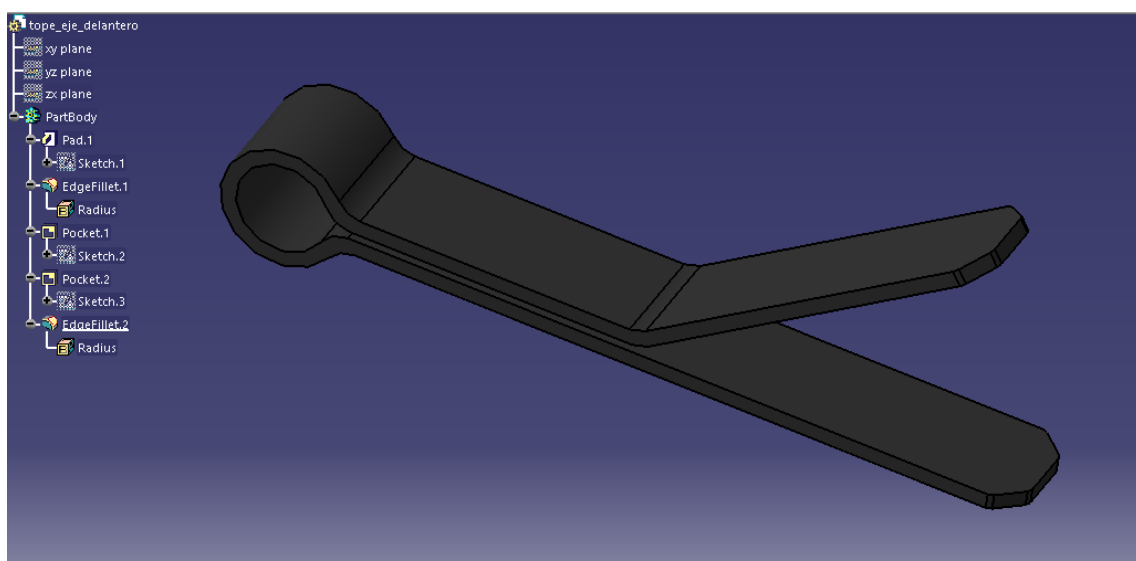


Figura 88. Tope eje delantero

En lo referente al montaje del conjunto, inicialmente los extremos derechos del tope son paralelos para que puedan entrar por la hendidura inferior del eje de rotación. Una vez dentro uno de los extremos derechos se pliega quedando el tope encajado en la hendidura.

En cuanto al tope del eje superior, por razones de montaje y mantenimiento este mecanismo está formado por dos piezas soldadas entre sí y a su vez encajadas en la parte superior del eje.

Esta peculiar serie de piezas a su vez facilita la lubricación del eje introduciendo el lubricante en el agujero en forma de cruz. Las piezas que forman este tope superior son: *tope_eje_rotación_tren_delantero.CATPart* y *cruz_eje_rotacion.CATPart* representado en las *Figuras 89 y 90* respectivamente.

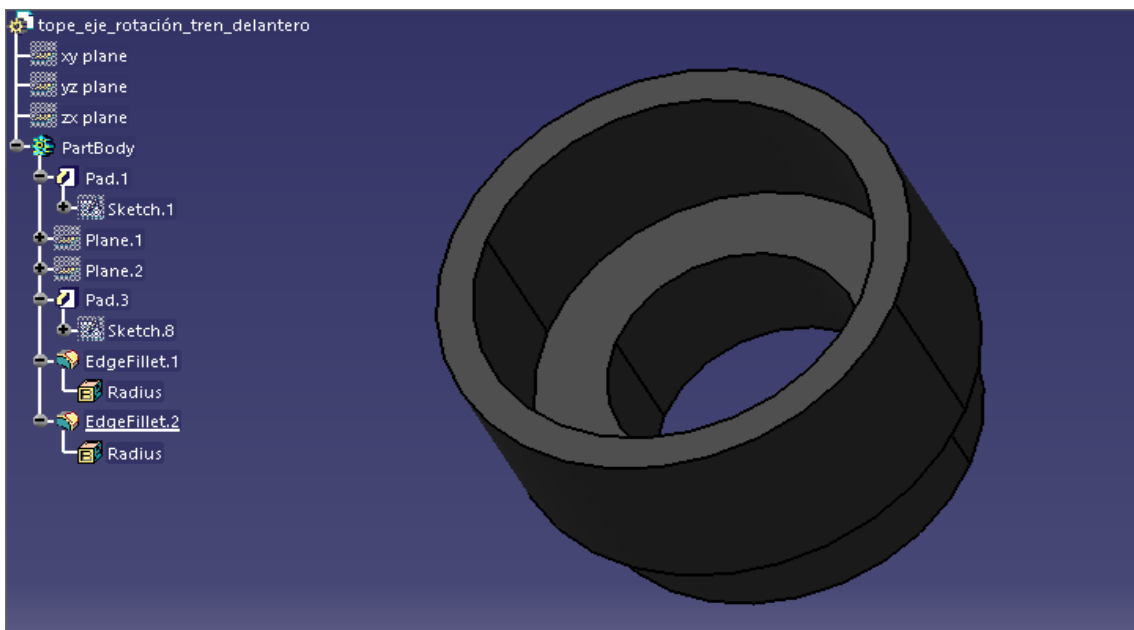


Figura 89. Tope eje rotación tren delantero

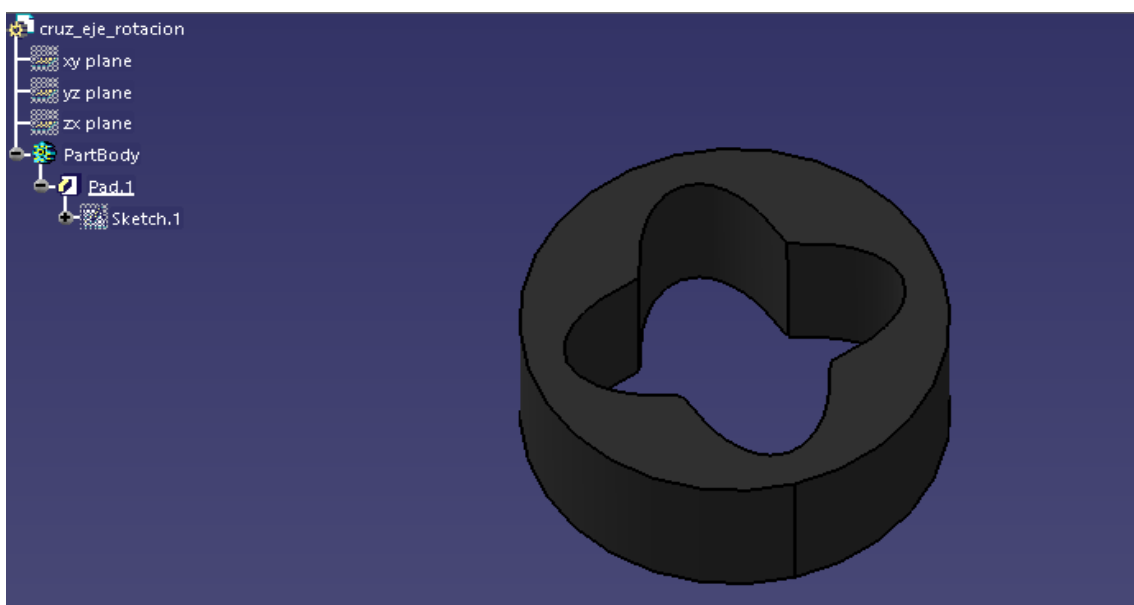


Figura 90. Cruz eje rotación

Una vez descrita toda la parte que engloba al eje de las ruedas y el eje de rotación del tren delantero procedemos a describir las piezas del tren delantero cuyo objetivo es servir de punto de enlace para el CONJUNTO ARRASTRADOR, que se describirá más adelante.

Para ello se modela la pieza *union_arrastrador.CATPart* que tal y como su nombre indica sirve como punto de unión entre la estructura principal del tren delantero a la que hemos denominado *base_tren_inferior_delantero.CATPart*. y el eje del arrastrador.

En la *Figura 91* se observa esta pieza descrita con sección en forma de L que irá remachada a la *base_tren_inferior_delantero.CATPart* y atornillada a los agarres del eje del arrastrador.

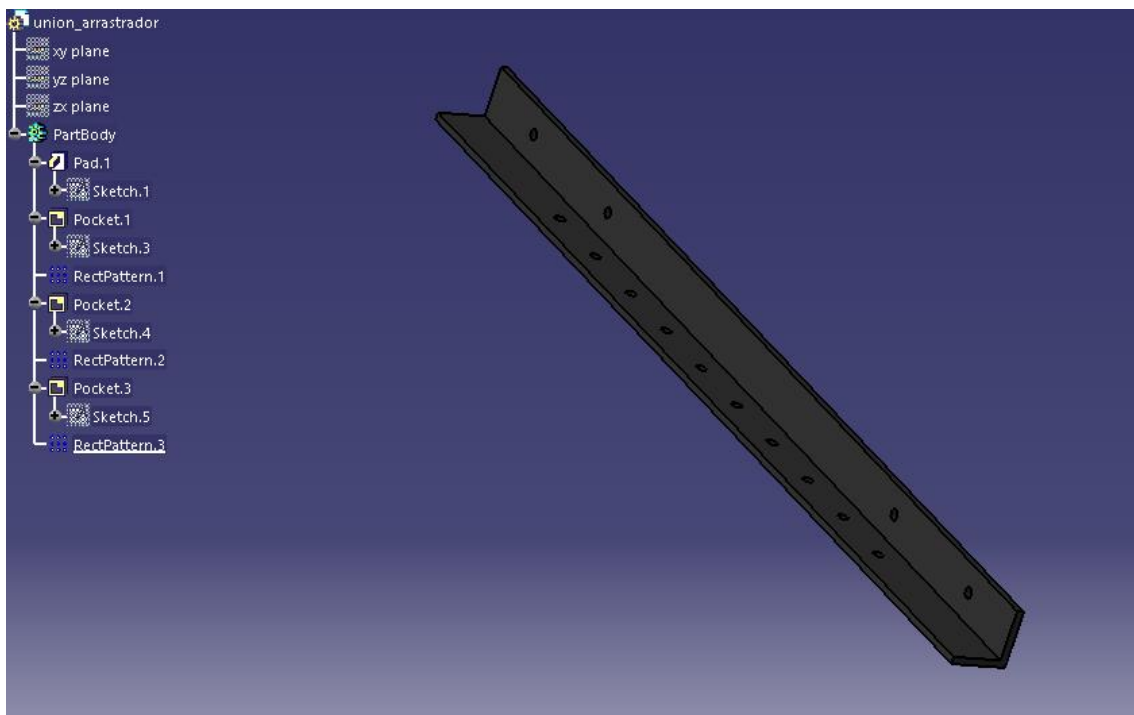


Figura 91. Unión arrastrador

A continuación, se modelan los agarres del eje del arrastrador, los cuales irán atornillados y fijados a la pieza anteriormente indicada a través de una tuerca.

En este conjunto encontramos dos piezas iguales a las que denominamos *agarre_arrastrador.CATPart*. A su vez esta pieza también estará presente en el Conjunto Arrastrador.

Este modelo se representa en la *Figura 92* en la cuál se observa el agujero donde rotará el eje del arrastrador y cuya base se atornillará a la pieza *union_arrastrador.CATPart* y se fijará a través de una tuerca de dimensiones adecuadas.



Figura 92. Agarre arrastrador

A continuación, se modelará la pieza eje_arrastrador.CATPart que servirá de punto de enlace entre los Conjuntos Tren Delantero y arrastrador.

Como se puede ver en la *Figura 93*, este eje de sección circular que rotará alrededor del agarre del arrastrador, posee un tope en un extremo y un agujero en el otro, en el cuál se alojará un tornillo fijado con una tuerca cuya función será evitar que el eje se salga.



Figura 93. Eje del arrastrador.

Finalmente, la última pieza que compone el conjunto del tren delantera *Figura 94* es un enganche_L_arrastre, fijada a través de una unión tornillo-tuerca a la pieza *union_arrastrador.CATPart* cuya misión es servir como punto de apoyo extra para facilitar el movimiento de la máquina de un lugar a otro.

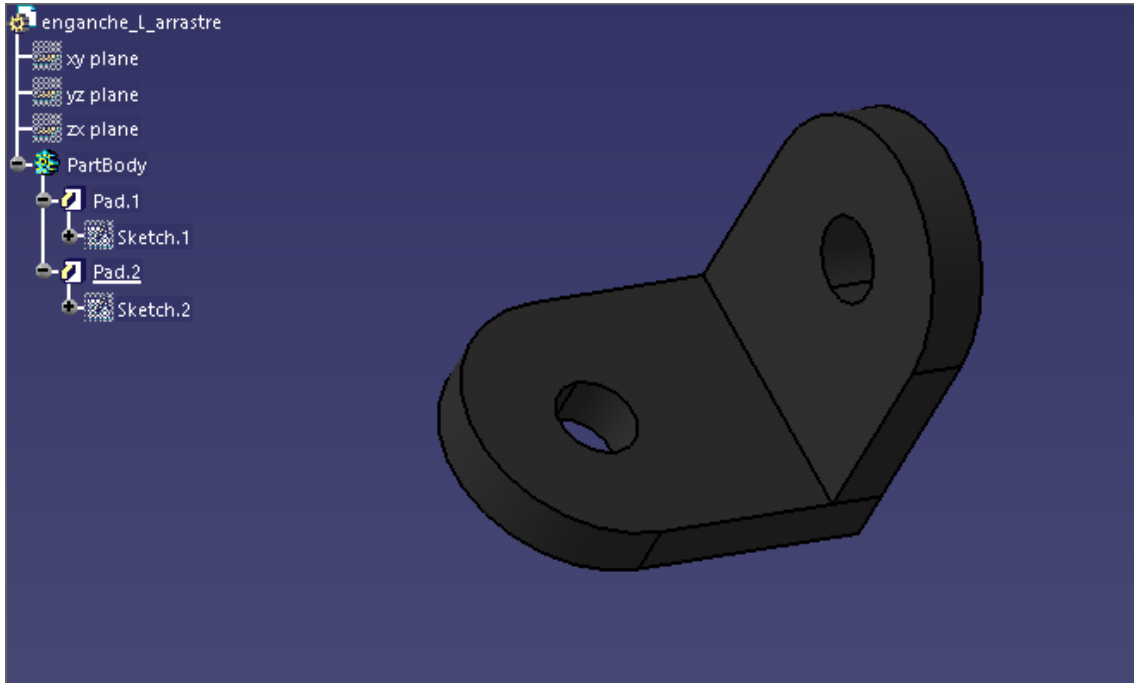


Figura 94. Enganche L de arrastre

Una vez detalladas todas las piezas estructurales que componen el CONJUNTO TREN DELANTERO pasaremos como es costumbre a enumerar en la *Tabla 6* los elementos de unión empleados en las diferentes piezas que constituyen dicho conjunto.

Las uniones empleadas además de algunas soldaduras comentadas a lo largo de la descripción se resumen en remaches, tornillos, tuercas y arandelas.

Dado que ya se ha hecho con anterioridad una descripción de las geometrías de estos elementos de unión, así como representaciones graficas de los diferentes tipos que podemos encontrar no se ha visto conveniente añadir de nuevo representaciones gráficas de estos elementos, que por otra parte se pueden encontrar en los archivos del trabajo con el nombre especificado en la tabla anteriormente especificada.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>base_tren_inferior_delantero.CATPart</i>	<i>union_arrastrador.CATPart</i>	<i>remache_arrastrador.CATPart</i>
<i>enganche_L_arrastre.CATPart</i>	<i>union_arrastrador.CATPart</i>	<i>remache_arrastrador.CATPart</i>
<i>sujetaeje.CATPart</i>	<i>sujetaejeinferior.CATPart</i>	<i>tornillo_eje.CATPart</i> <i>tuercaM16.CATPart</i>

<i>base_tren_inferior_delantero.C ATPart</i>	<i>sujetaeje.CATPart</i>	<i>tornillo_base.CATPart</i>
		<i>tuercaM16.CATPart</i>

Tabla 6. Algunos elementos de unión

A continuación y una vez explicadas y representados todos los elementos que componen el CONJUNTO TREN DELANTERO se procederá a representar *tren_delantero_inferior.CATProduct*.

En la *Figura 95* se puede observar el conjunto descrito con sus piezas explosionadas con el objetivo de visualizar claramente el lugar en el que se colocarán las piezas anteriormente descritas. En la *Figura 95* se visualiza el mismo conjunto ya con todas las restricciones correspondientes entre las piezas que lo forman.

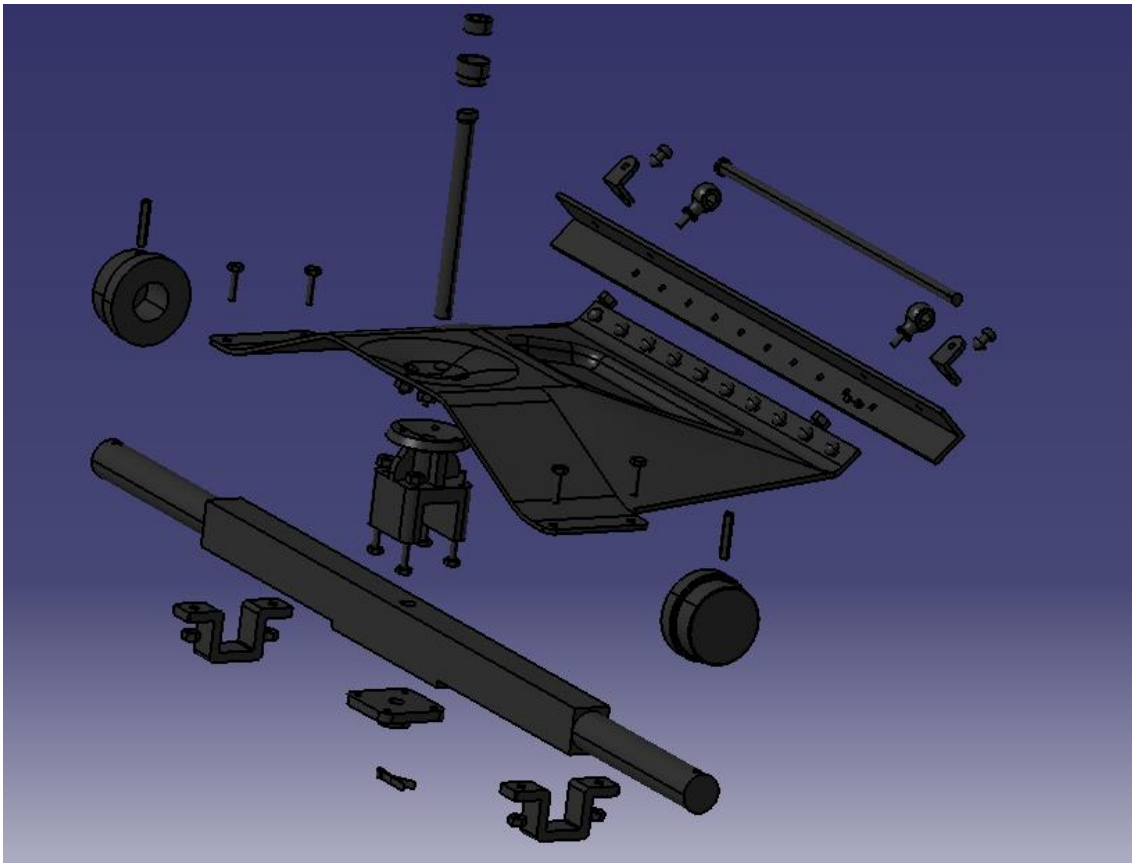


Figura 95. conjunto tren delantero con sus piezas explosionadas

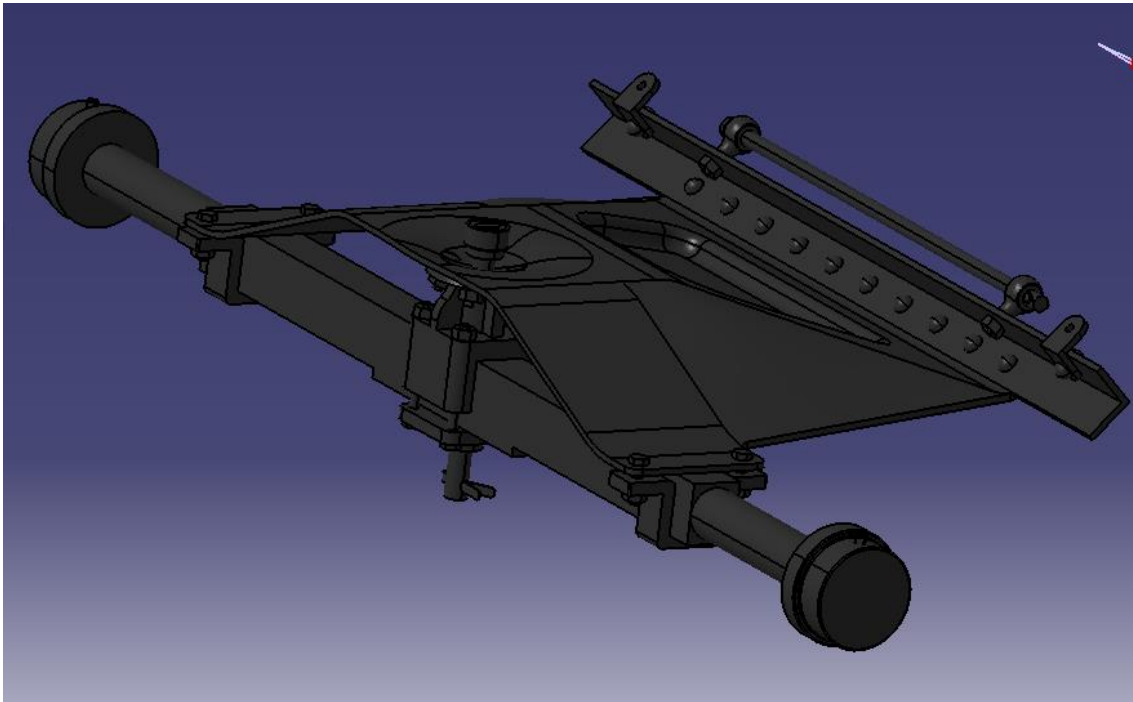


Figura 96. Conjunto tren delantero las restricciones impuestas



Figura 97. Modelo real tren delantero

CONJUNTO D ARRASTADOR

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)



Figura 98. Conjunto arrastrador

Este conjunto *arrastrador.CATProduct*, si bien se podría haber incluido como parte del tren delantero se ha decidido colocarlo de forma independiente dado que es capaz de rotar como bloque con respecto al tren delantero alrededor del eje de arrastre.

El conjunto Arrastrador tiene como función principal dentro de la máquina aportar un mecanismo gracias al cuál poder tirar de la máquina y así poder desplazarla de un lugar a otro.

Debe constar por tanto de un elemento de unión con el resto de la máquina, así como un mecanismo en el que poder fijar un “propulsor”, bien sea otra máquina o un animal de tiro. Procederemos a continuación a describir las principales partes que forman este conjunto.

En primer lugar, tal y como mencionamos anteriormente se hará uso de 2 piezas *agarre_arrastrador.CATPart* ya descrita y representada [Figura 92](#), la cuál en esta ocasión irá fijada a través de una tuerca al conjunto Arrastrador, y sobre la cuál girará el eje del arrastrador.

A continuación, se describen las piezas que constituyen la estructura o cuerpo del arrastrador que están modeladas en *arrastrador1.CATPart* y *arrastrador2.CATPart* y representadas en las [Figuras 99 y 100](#) respectivamente. Ambas piezas están unidas a través de una unión soldada y sirven como soporte a los agarres del eje del arrastrador que irán fijados a través de una tuerca.

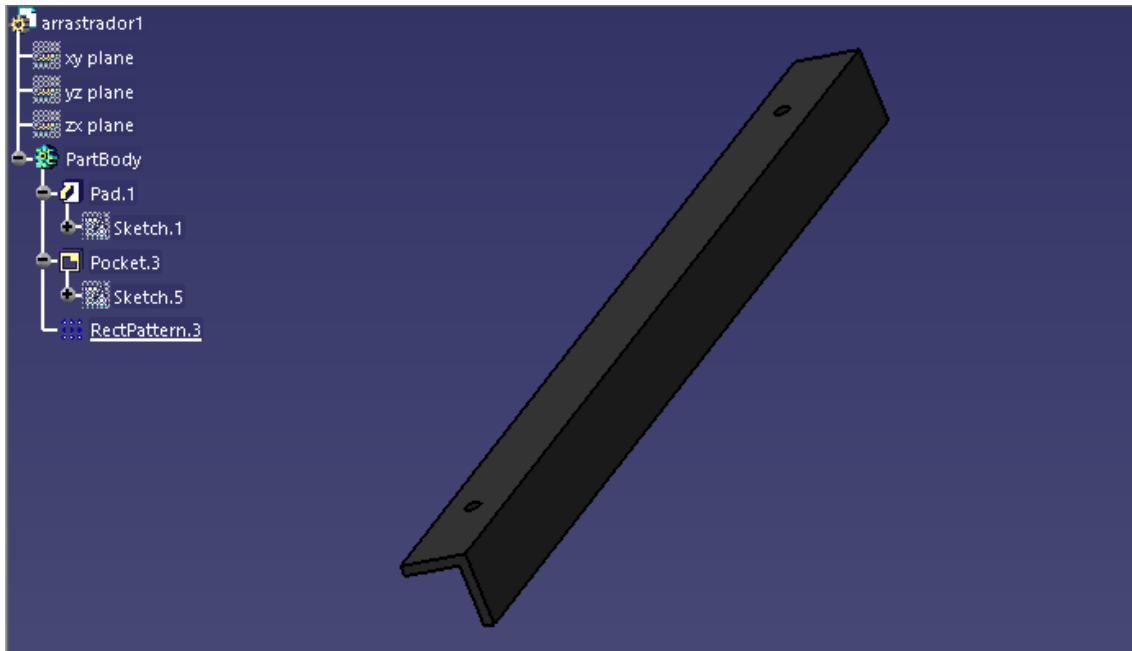


Figura 99. Arrastrador 1

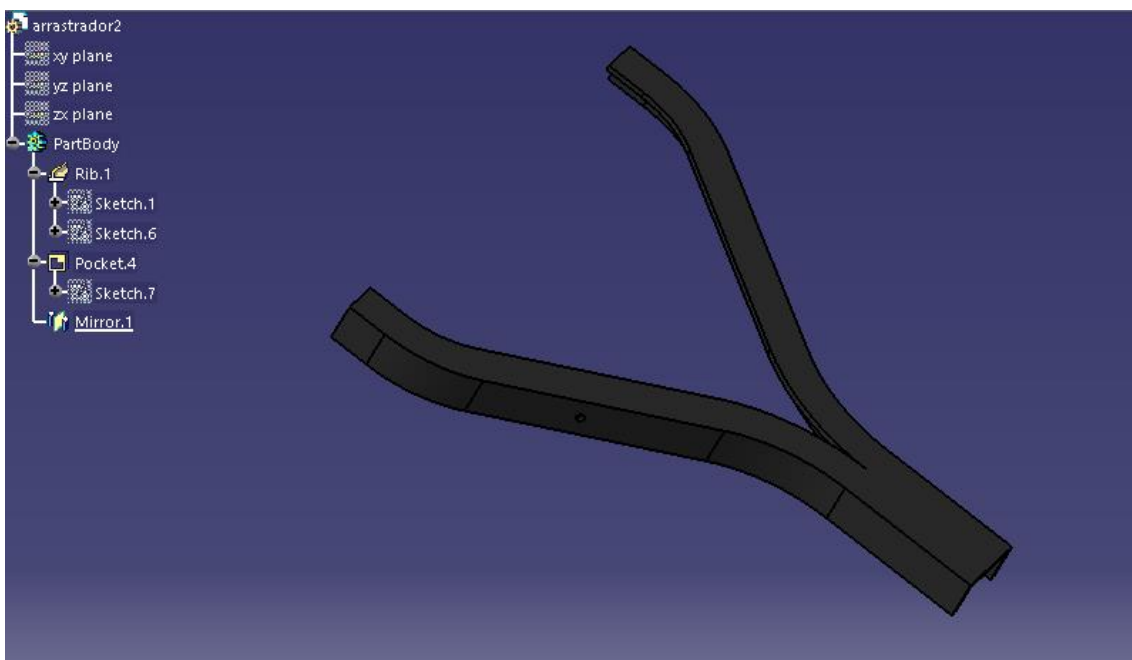


Figura 100. Arrastrador 2

A continuación, se modela el *arrastrador4.CATPart*, representado en la [Figura 101](#) que constituye unos de los elementos con geometría más compleja dentro de las piezas que forman el conjunto Arrastrador.

Esta pieza se une a la estructura principal del Arrastrador y tiene como función principal ser un elemento con una geometría adecuada para poder fijar en su extremo algún elemento propulsor, bien sea otra máquina autopropulsada o probablemente un animal de tiro.

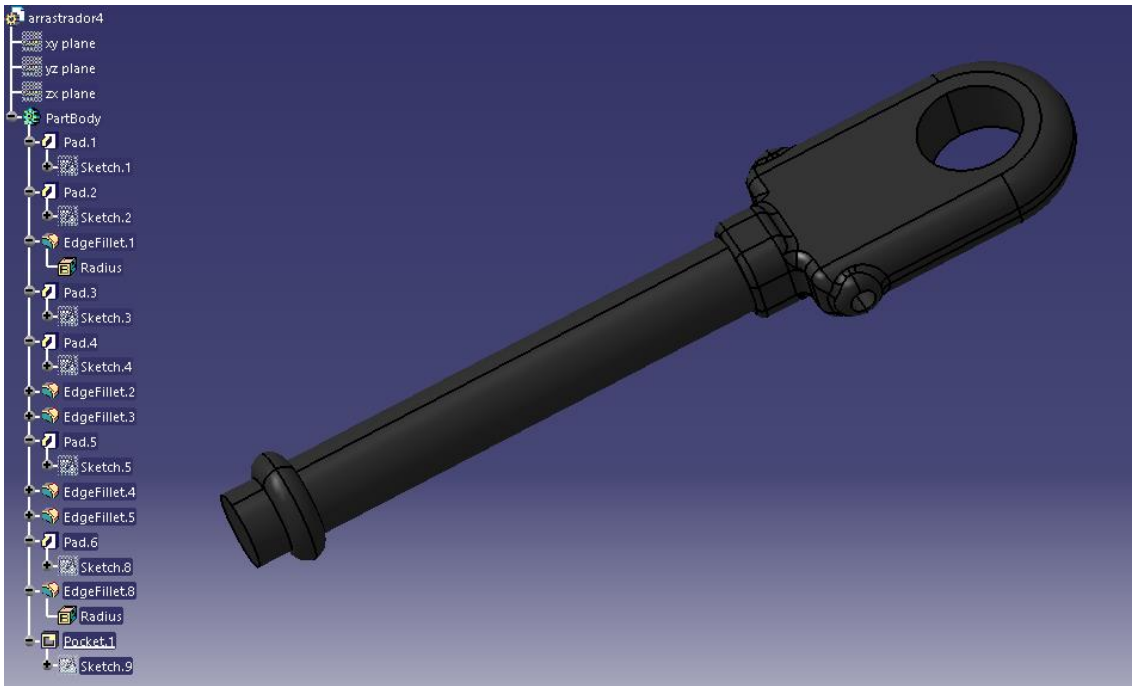


Figura 101. Arrastrador 4

La última pieza a modelar *arrastrador3.CATPart*, de la cual harán falta 2, es un elemento sencillo, aunque muy importante, ya que sirve como elemento de unión de las piezas descritas anteriormente.

Esta pieza representada en la *Figura 102* irá unida fijamente al *arrastrador2.CATPart* a través de una unión soldada. El agujero servirá como eje y como tope para el elemento *arrastrador4.CATPart*.

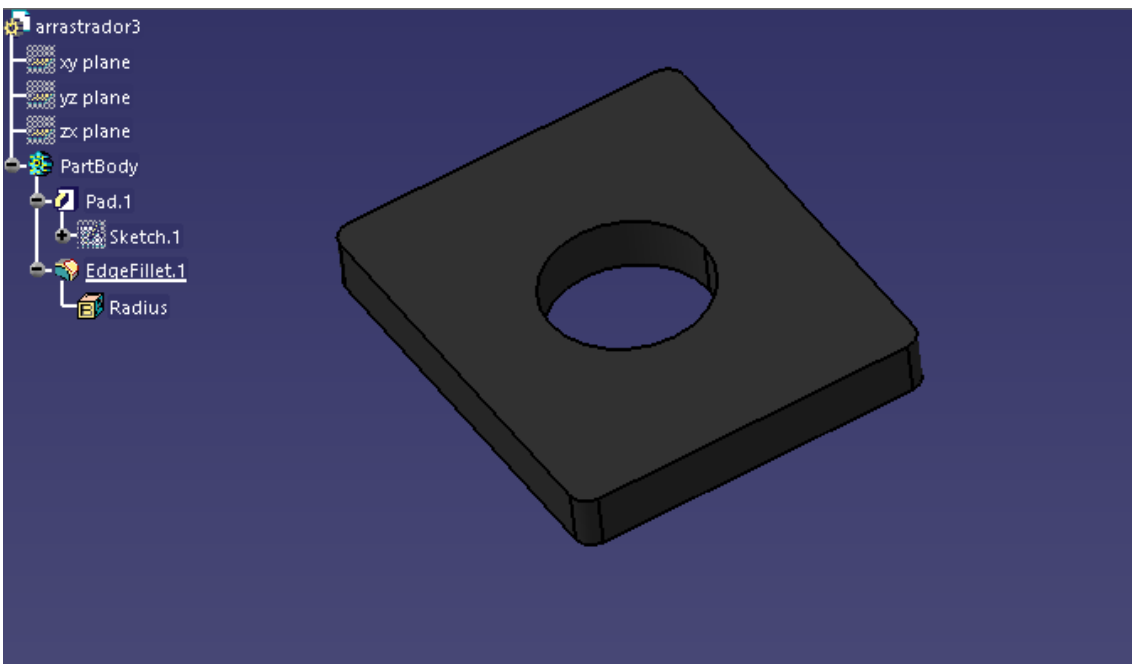


Figura 102. Arrastrador 3

El único elemento de unión además de las soldaduras anteriormente especificadas que encontramos en este conjunto son una serie de tuercas que fijan el agarre del Arrastrador y dado que anteriormente ya se han descrito y representado este elemento no se cree conveniente volver a representarlo dado que únicamente varía a nivel dimensional.

En la *Tabla 7* se resumen estos elementos de unión y las piezas que fijan

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>agarre_arrastrador.CATPart</i>	<i>arrastrador1.CATPart</i>	<i>tuercaM16.CATPart</i>

Tabla 7. Elementos de unión del conjunto arrastrador

Una vez representadas todas las piezas que forman este conjunto procedemos a representar el correspondiente *arrastrador.CATProduct*.

En la *Figura 103* encontramos el conjunto con sus piezas explosionadas, mientras que en la *Figura 104* podemos ver el conjunto con todas las restricciones impuestas.

Finalmente, en la *Figura 105* se ilustra el conjunto en la realidad.

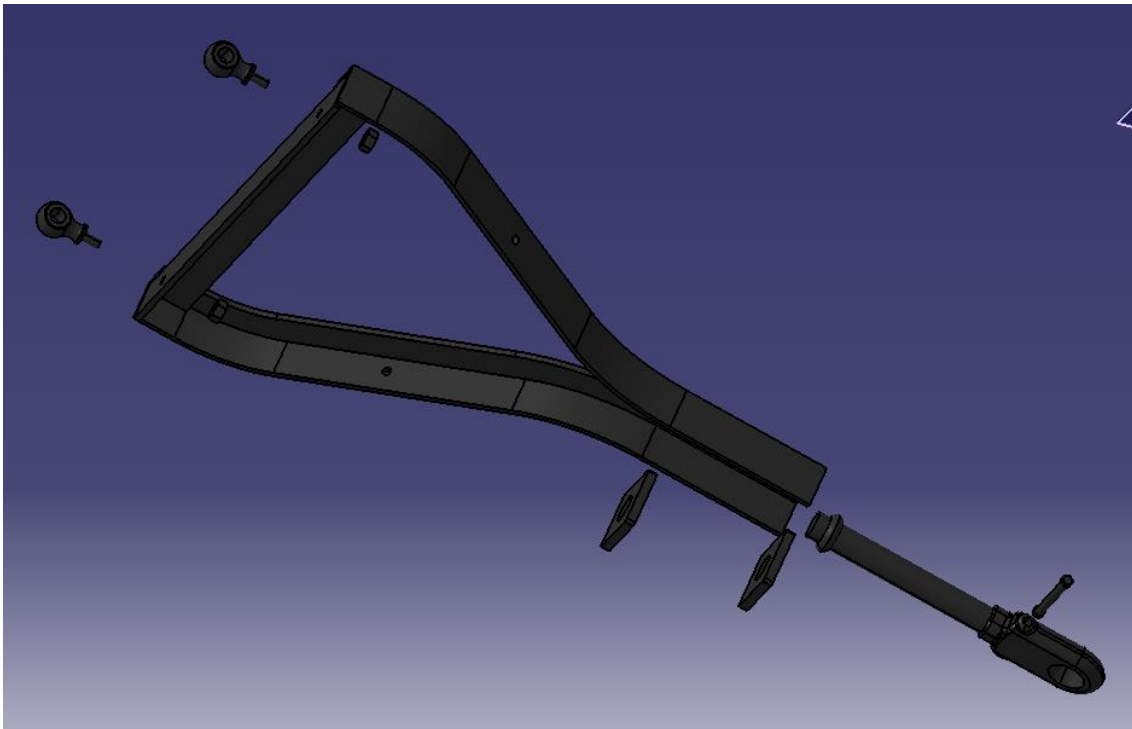


Figura 103. Conjunto arrastrador con sus piezas explosionadas

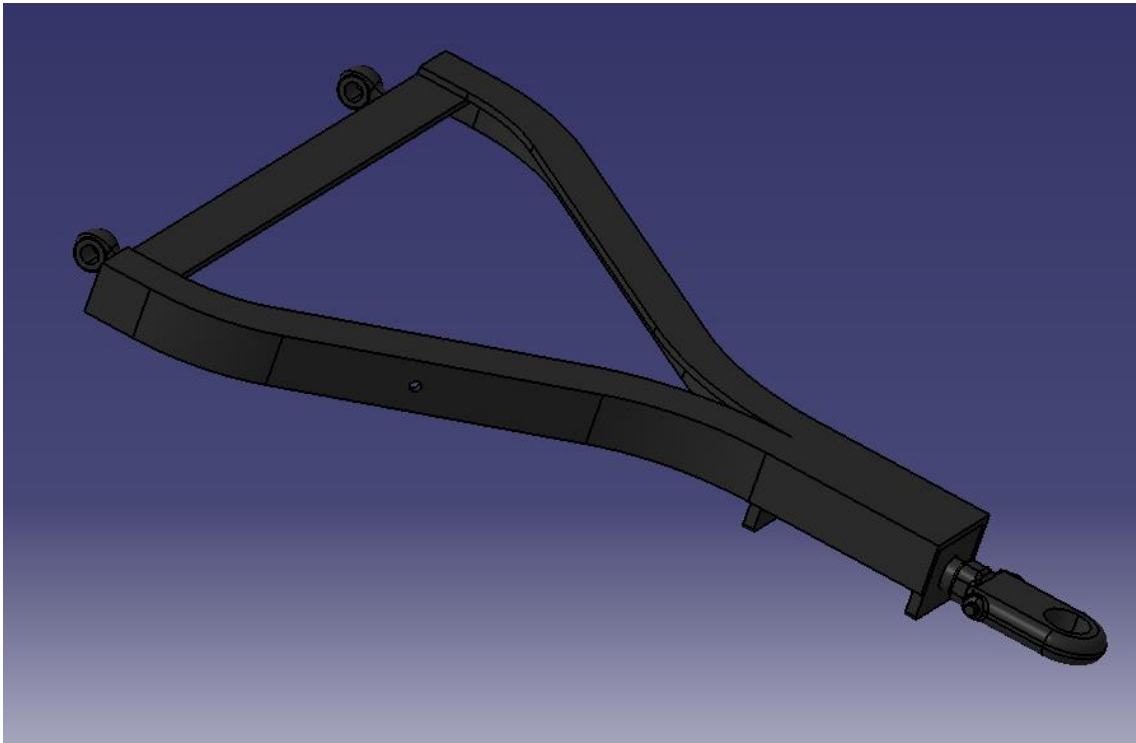


Figura 104. Conjunto arrastrador con restricciones en las piezas



Figura 105. Conjunto arrastrador en la realidad

CONJUNTO E EJE RUEDA TRASERA

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

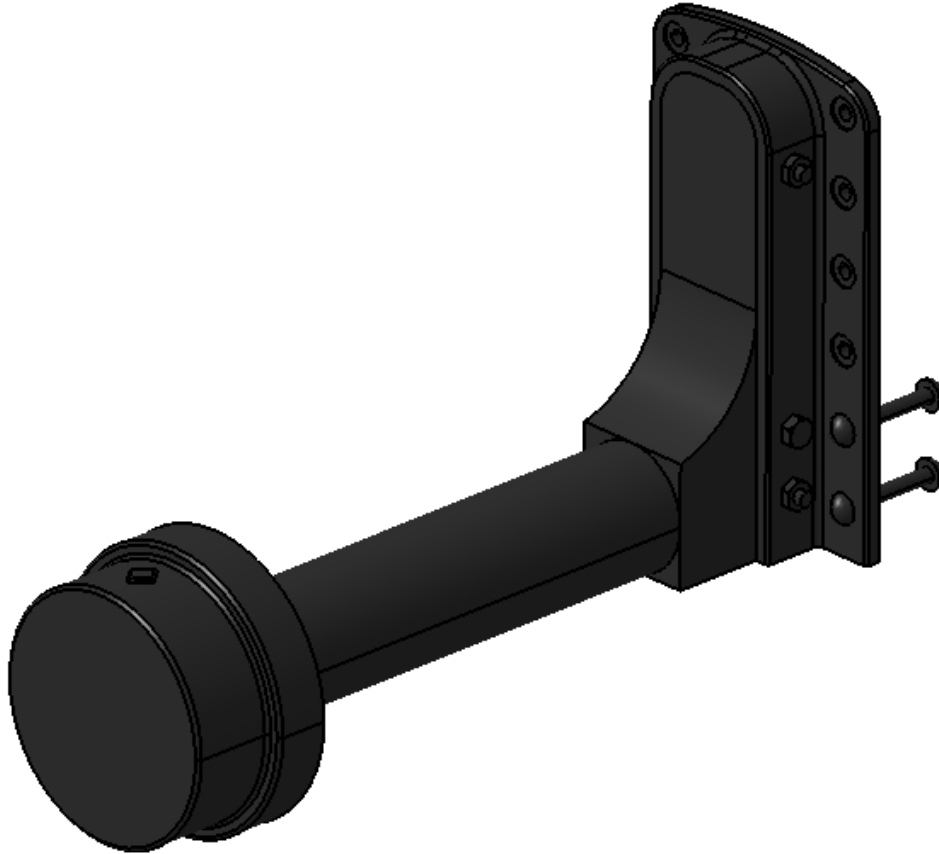


Figura 106. Conjunto eje de la rueda trasera

Este conjunto *eje_rueda_trasera.CATProduct* se encuentra ubicado en el cuerpo trasero de la estructura y sirve como elemento de unión entre las ruedas y el resto de la estructura.

La primera pieza a definir será el elemento que va fijado directamente al *cuerpo_trasero3.cat* representado en la [Figura 107](#)

Esta pieza *soporte_eje_tren_trasero.CATPart* irá unida a través de una unión remachada al cuerpo trasero y a su vez servirá como soporte de unión atornillada, al eje sobre el cual la rueda trasera rotará.



Figura 107. Soporte del eje del tren trasero

La siguiente pieza a modelar denominada *eje_tren_trasero.CATPart*, constituye la parte principal de este conjunto dado que funciona como el eje sobre el cuál rota la rueda trasera.

En la *Figura 108* se observa la pieza descrita que consta además de un eje de sección circular, de una parte, donde se fijará al *soporte_eje_tren_trasero.CATPart* a través de una unión tornillo-tuerca.

A su vez podemos observar al igual que vimos en el eje de las ruedas delanteras que en el extremo tenemos una hendidura ciega de sección con forma de rombo. Es aquí donde se fijará el tope de la rueda trasera para que durante el funcionamiento la rueda no se salga.

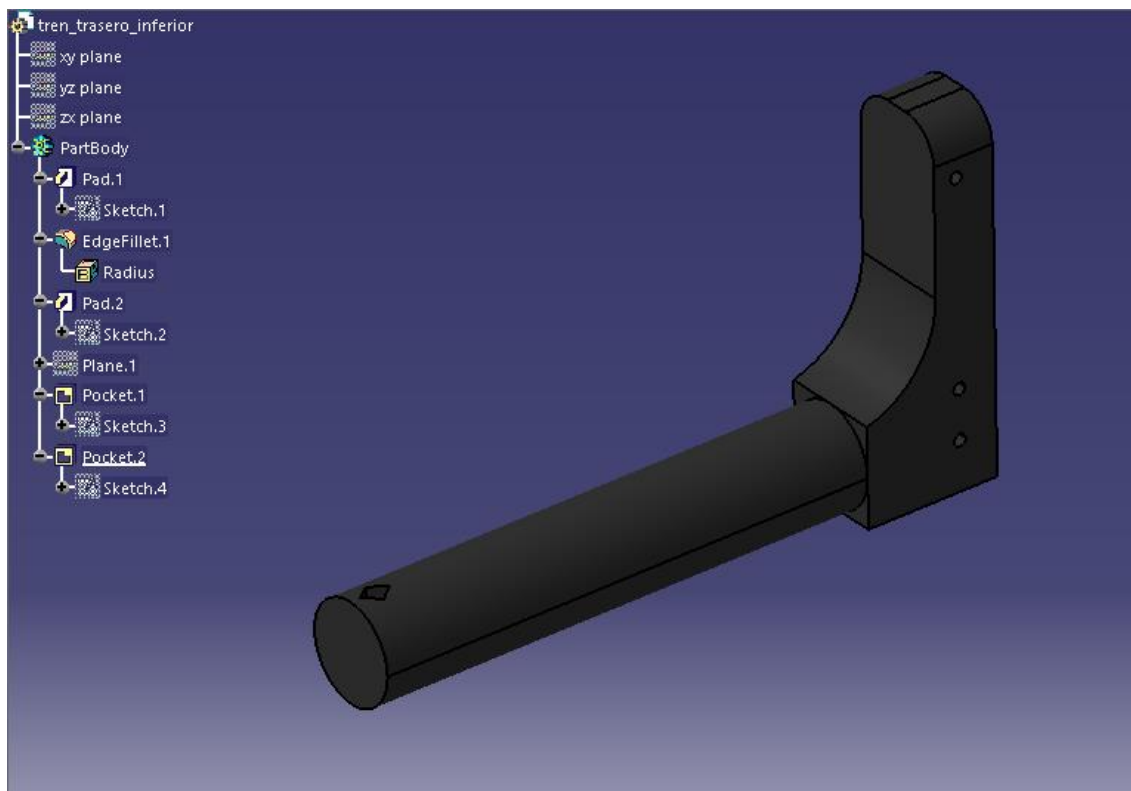


Figura 108. tren trasero inferior

Al igual que vimos en el Conjunto Tren delantero aquí también disponemos de los elementos *tope_rueda.CATPart* y *sujetatope_rueda.CATPart* ya descritos y representados con anterioridad, por lo cuál no se cree conveniente volver a representarlos.

En cuanto a los elementos de unión, en la *Tabla 8* se recoge un esquema donde se detallan las piezas que se unen y el nombre del elemento de unión empleado, los cuáles no se a creído conveniente volver a representar.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>soporte_eje_tren_trasero.CATPart</i>	<i>eje_tren_trasero.CATPart</i>	<i>tornillo_M12.CATPart</i> <i>tuercaM12.CATPart</i>
<i>soporte_eje_tren_trasero.CATPart</i>	<i>cuerpo_trasero3.CATPart</i>	<i>remache_eje_rueda_trasera.CATPart</i>

Tabla 8. Elementos de unión de conjunto tren trasero

Una vez más, representamos el Conjunto *eje_rueda_trasera.CATProduct* con sus piezas explosionadas *Figura* y con las restricciones impuestas a todas sus piezas *Figura b*

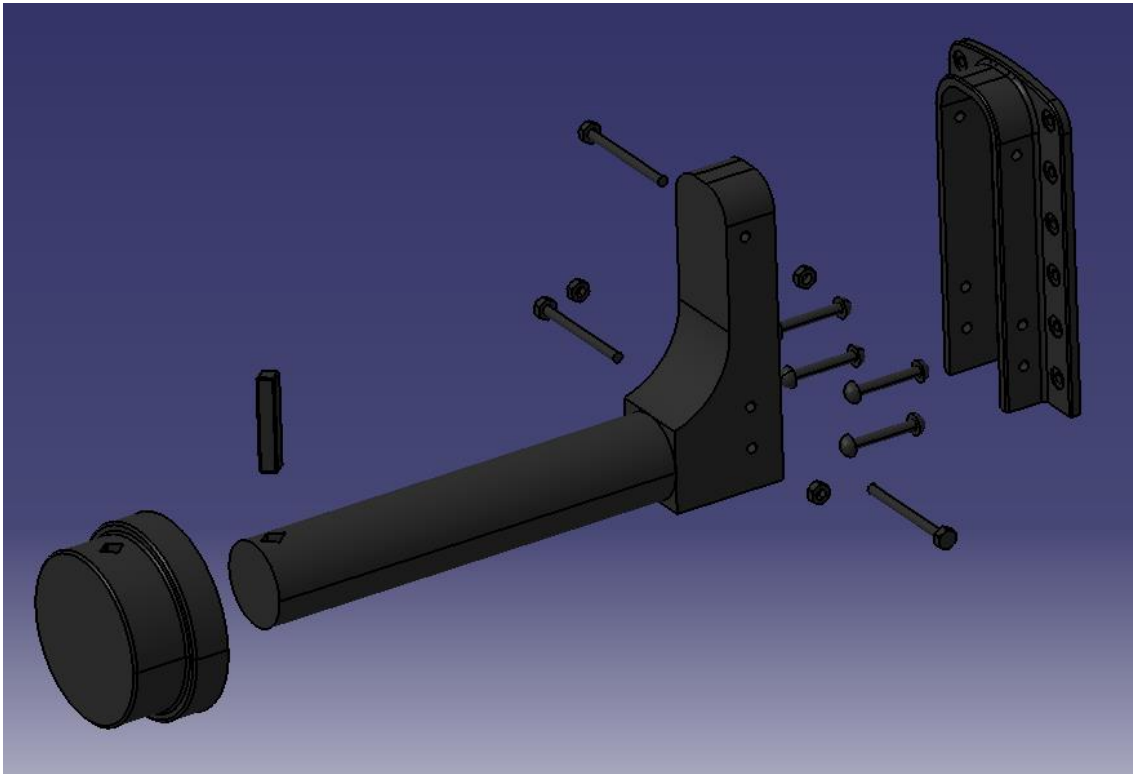


Figura 109. Conjunto tren trasero con sus piezas explosionadas

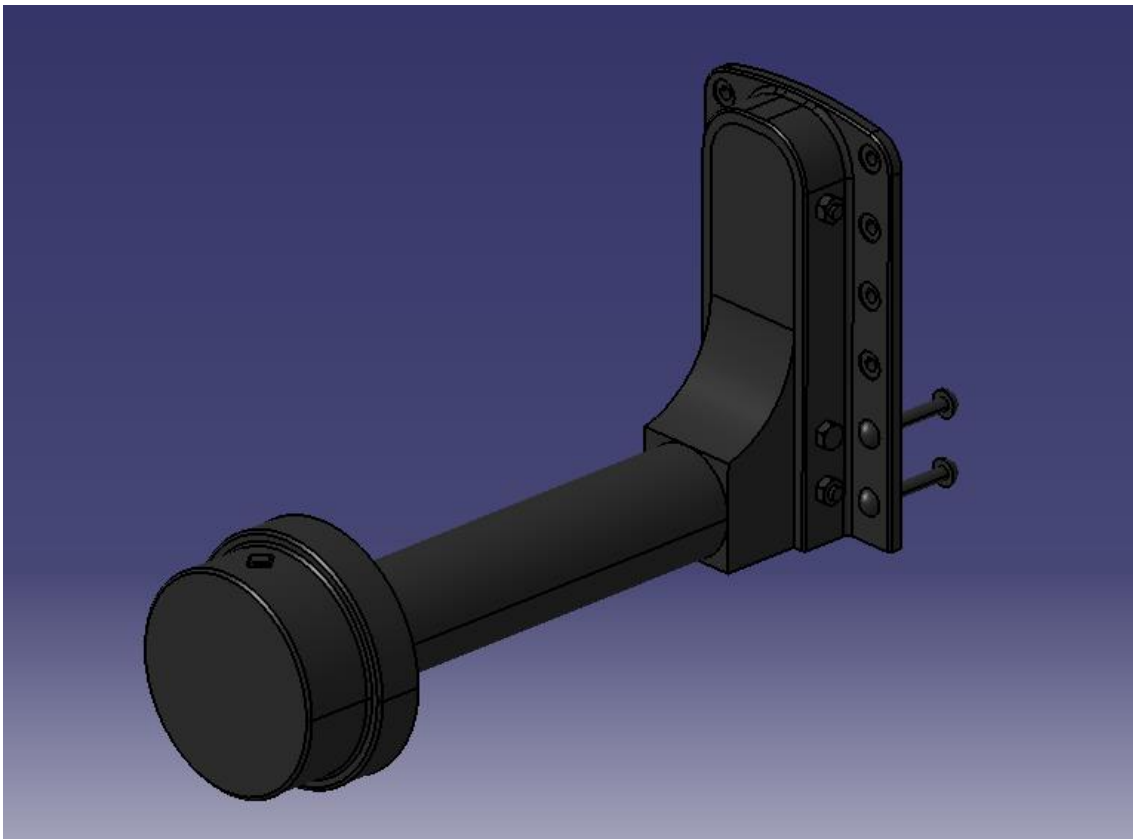


Figura 110. Conjunto tren trasero con restricciones entre sus piezas

CONJUNTO F ENLACE DELANTERO-TRASERO (ÍNDICE DE CONJUNTOS)

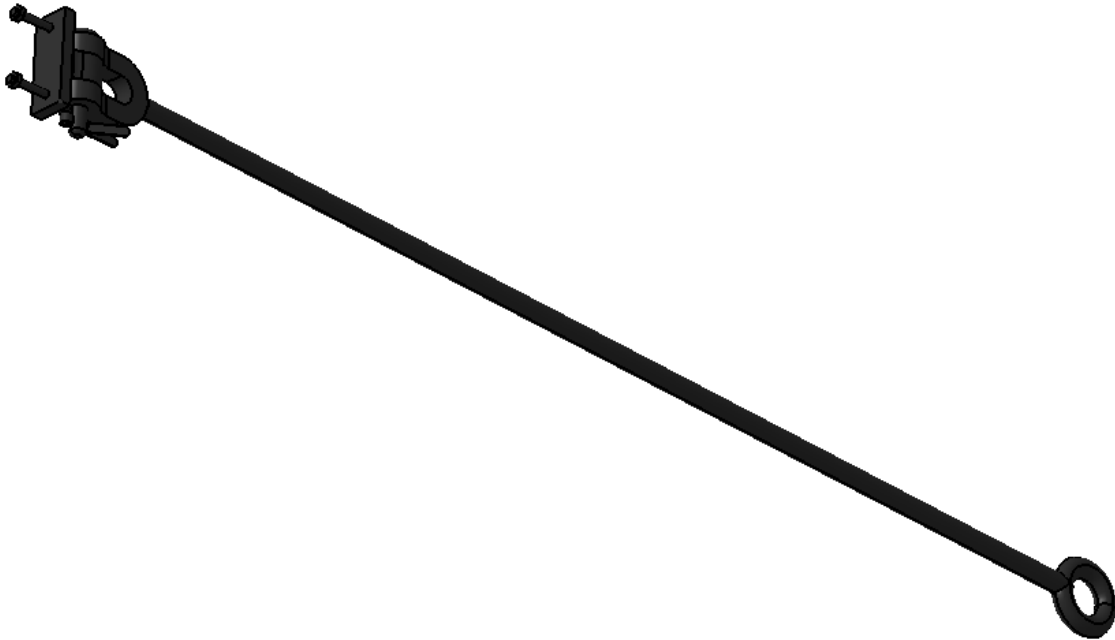


Figura 111. Conjunto enlace delantero-trasero

Este conjunto al que denominaremos *Enlace Delantero-Trasero.CATProduct* tiene como fundamento funcional generar una parte estructural de unión entre el cuerpo trasero de la estructura y el tren delantero, dando mayor solidez a la estructura de gran peso durante el movimiento de la misma de un lugar a otro.

Consta por tanto de un elemento de fijación al cuerpo trasero de la estructura, y otro de fijación a el tren delantero con un grado de libertad de giro que permite la rotación en caso de girar las ruedas.

La primera de las piezas a definir se denominará *soporte_barra_delantero-trasera.CATPart* y será el elemento de unión al cuerpo trasero, más concretamente se unirá a la pieza *cuerpo_trasero1.CATPart* a través de una unión tornillo-tuerca.

En la [Figura 112](#) se representa esta pieza en la que se puede observar además de lo dicho anteriormente que posee un agujero sobre el que rotará un eje haciendo la función de una bisagra.

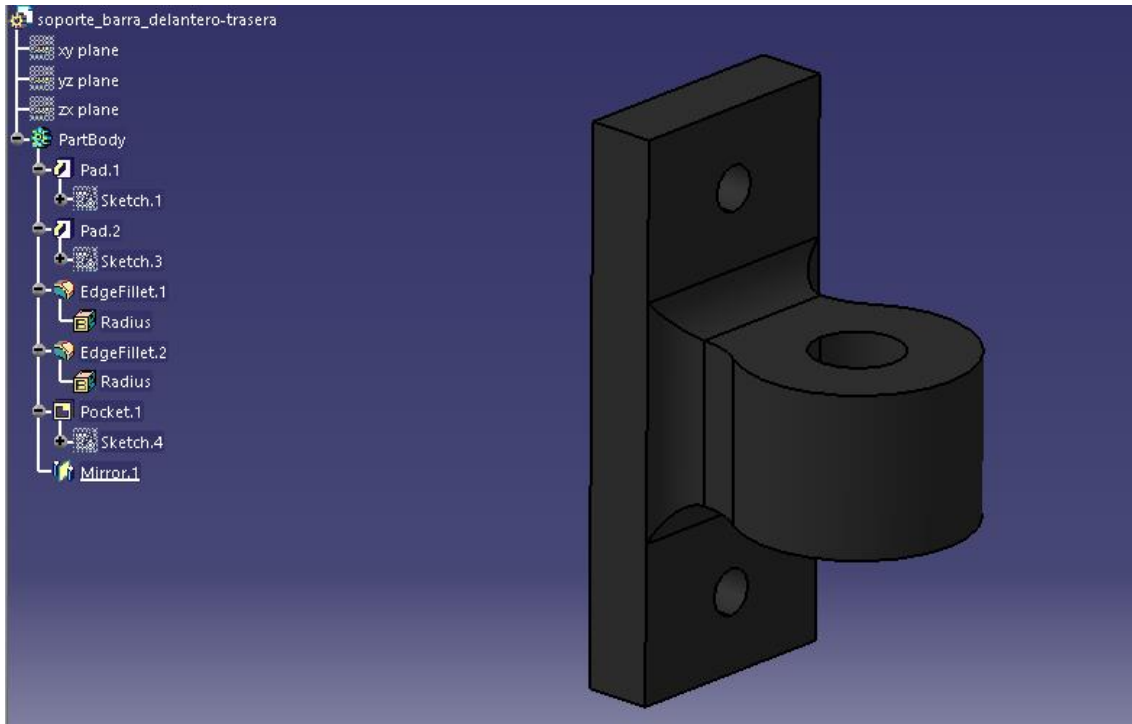


Figura 112. soporte barra delantero-trasera

A continuación, se modelará el elemento más importante de este conjunto y que hará las veces de enlace entre el cuerpo trasero y el tren delantero y se denominará.

Geométricamente se puede observar en la *Figura 113* que consta de un largo eje de sección circular el cuál posee en ambos extremos un mecanismo de enlace.

Para el extremo que enlaza con el cuerpo trasero posee la otra parte de la bisagra descrita con anterioridad mientras que para el tren delantero el enlace consistirá en un aro de sección circular donde rotará el eje del tren delantero.

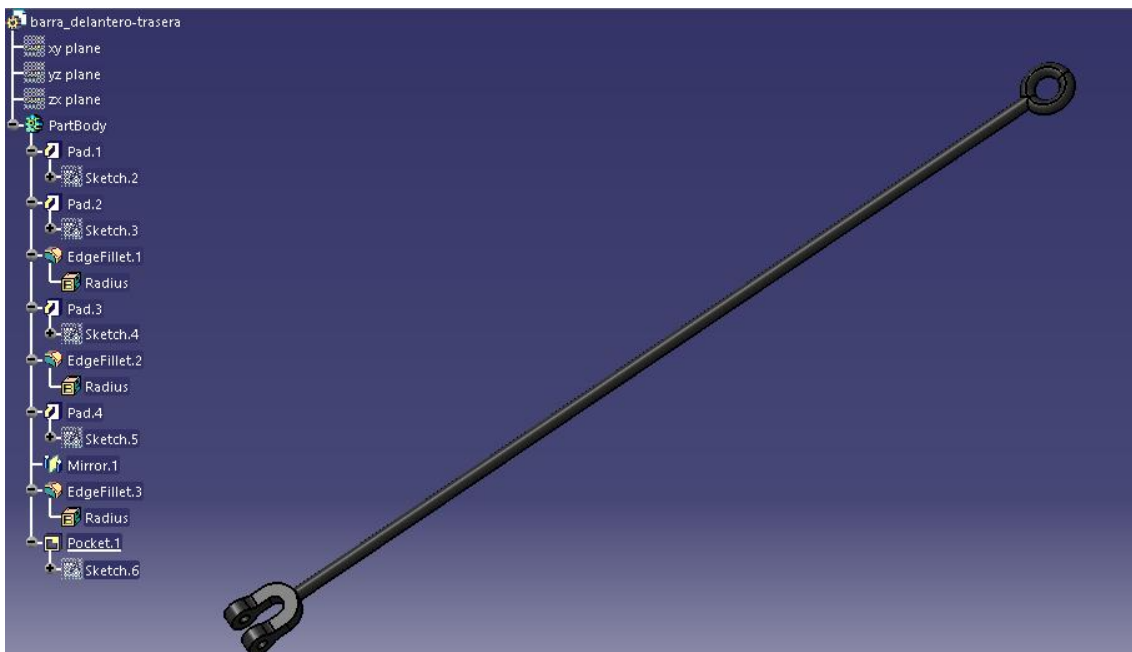


Figura 113. Barra delantero-trasera

En el extremo izquierdo de la pieza anterior, tenemos las partes que constituyen la bisagra, por lo que necesitamos el eje de la bisagra sobre el cual rotan las piezas.

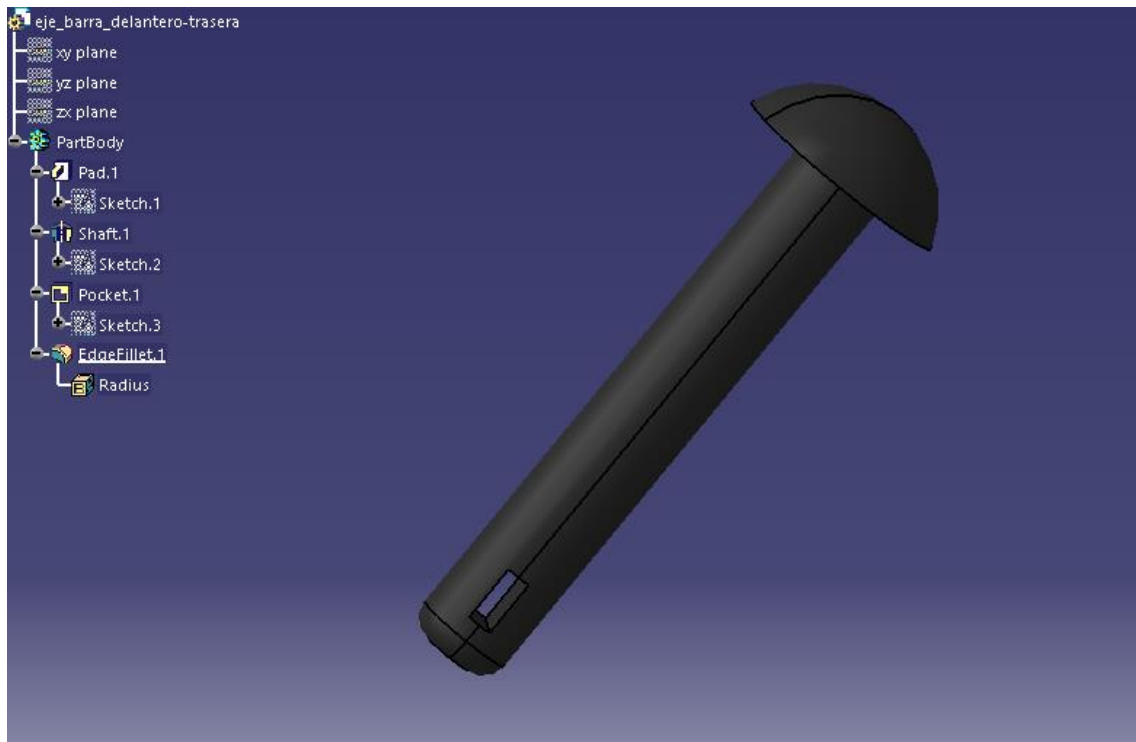


Figura 114. Eje barra delantero-trasera

En la Figura se representa gráficamente la pieza *eje_barra_delantero-trasera.CATPart* donde observamos que consta de un cilindro de sección circular, un tope en la parte superior, y en la parte inferior un agujero con forma rectangular en el que se introducirá el tope inferior.

El tope del eje de la barra *tope_eje_barra_dt.CATPart* mencionado con anterioridad y que tiene la función de que el eje de la bisagra no se salga, es geoméricamente igual al *tope_eje_delantero.CATPart* aunque con dimensiones diferentes. Es por ello que no se cree oportuno volver a representar esta pieza.

En lo referente a los elementos de unión en la [Tabla 9](#) se recogen los elementos de unión empleados en el Conjunto J Enlace Delantero-Trasero, así como las piezas que fijan estos elementos.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
soporte_barra_delantero-trasera.CATPart	<i>cuerpo_trasero1.CATPart</i>	<i>tornillo_M12_soporte_barra_dt.CATPart</i> <i>tuercaM12.CATPart</i>

Tabla 9. Elemento de unión del conjunto enlace delantero-trasero

Una vez descritas las piezas que forman este conjunto se procederá a representar el correspondiente PRODUCT que denominaremos *Enlace Delantero-Trasero.CATProduct*.

En la *Figura 115* encontramos el conjunto con sus piezas explosionadas, mientras que en la *Figura 116* podemos ver el conjunto con todas las restricciones impuestas.

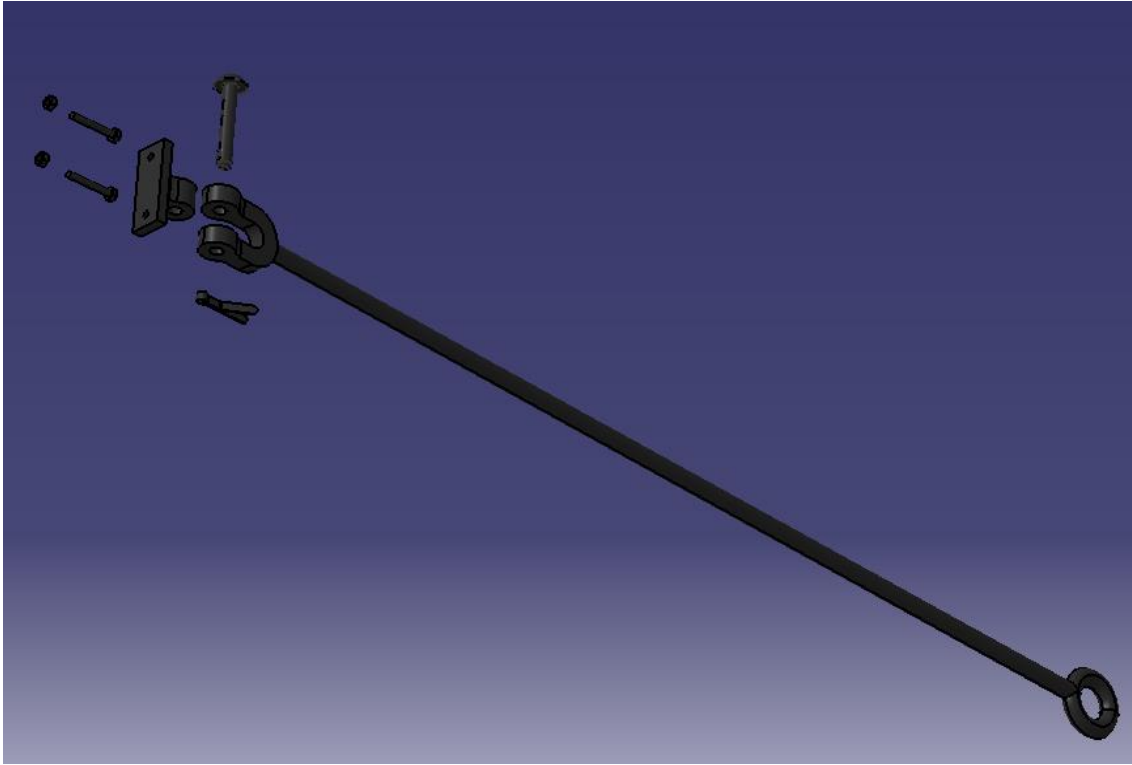


Figura 115. Conjunto enlace delantero-trasero con sus piezas explosionadas

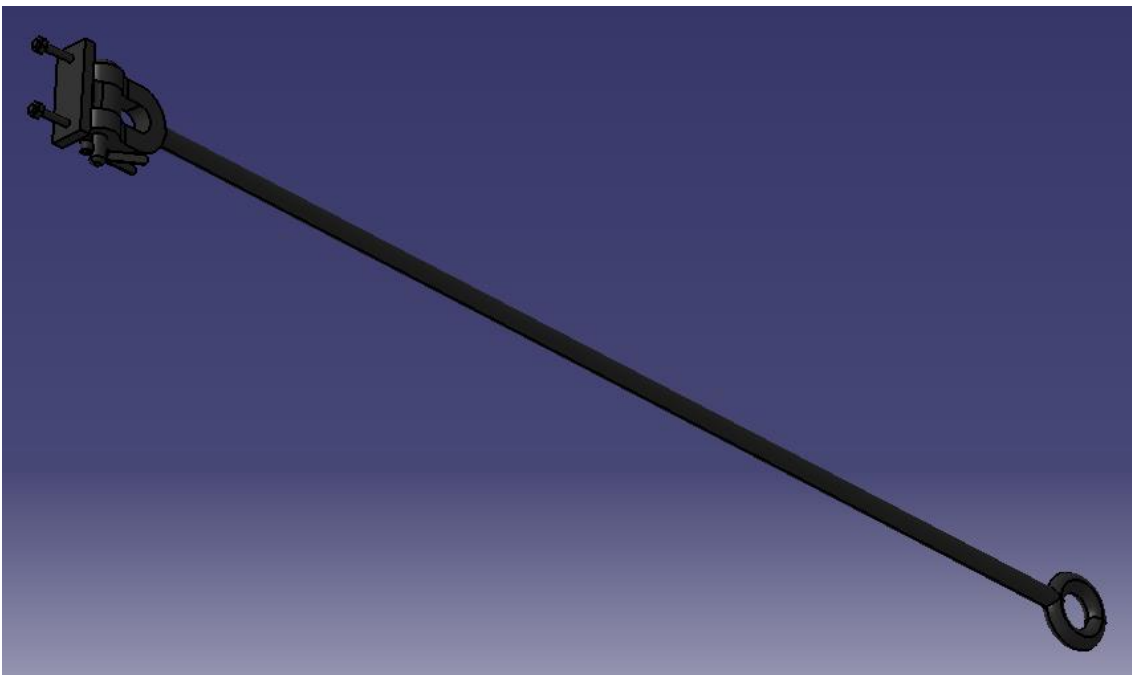


Figura 116. Conjunto enlace delantero-trasero con restricciones



Figura 117. Conjunto enlace delantero-trasero en la realidad

CONJUNTO G RUEDA DELANTERA

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

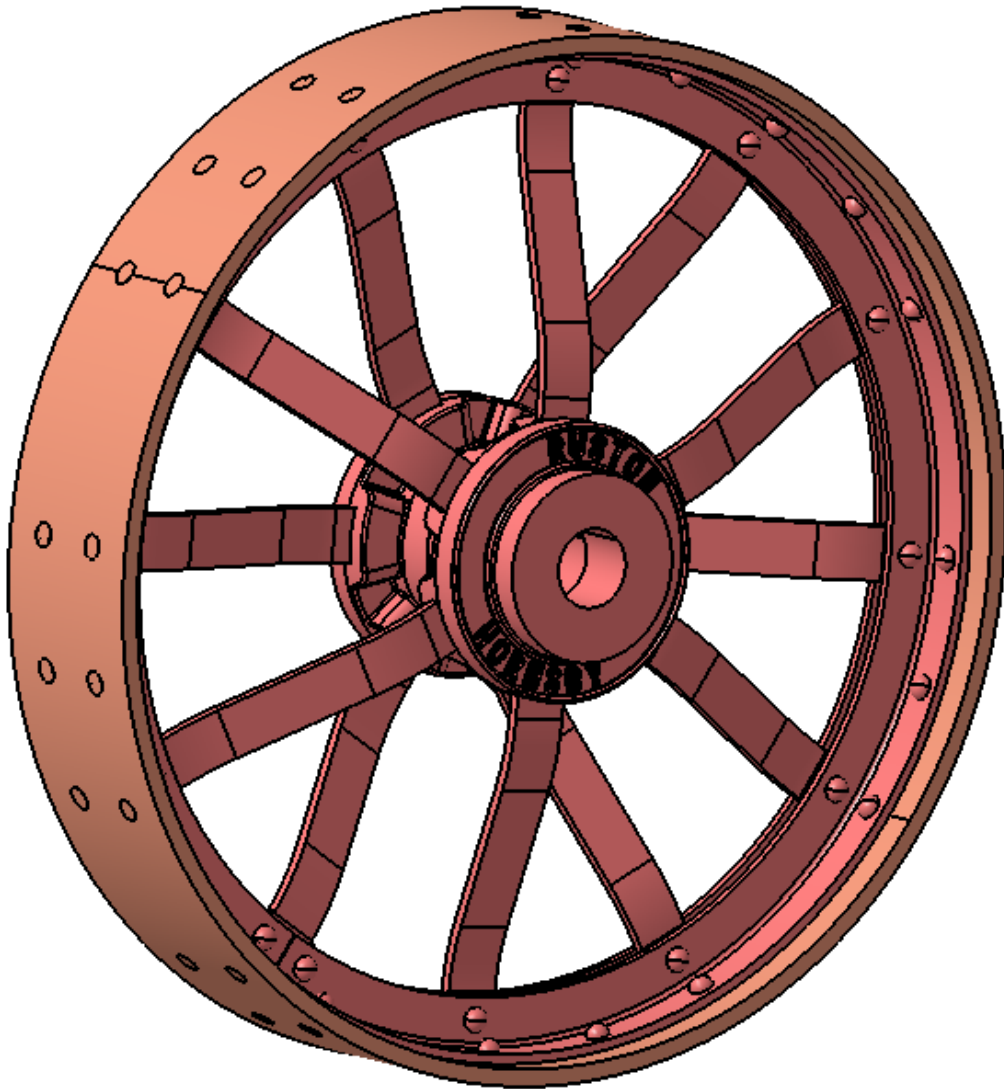


Figura 118. Conjunto Rueda delantera

Como bien sabemos una rueda es una pieza mecánica circular que gira alrededor de un eje. Puede ser considerada una máquina simple, y forma parte del conjunto denominado elementos de máquinas.

Es uno de los inventos fundamentales en la Historia de la humanidad por su gran utilidad en multitud de funciones entre las que se encuentra principalmente el ámbito del transporte terrestre, como componente fundamental de diversas máquinas.

Las ruedas actuales poseen mecanismos de suspensión y amortiguación, así como unas avanzadas características en lo referente a uso de materiales y composición.

Dada la época en la que se data el desarrollo y la creación de esta máquina en torno a finales del siglo XVIII las características de la rueda que a continuación describe son bastante rudimentarias, en cuanto a forma y materiales, aunque cumple con su función elemental teniendo un diseño robusto que la ha hecho conservarse durante muchos años.

Se comenzará con la descripción de lo que podemos denominar la llanta de la rueda. Esta pieza a la que hemos denominado *Llanta interior rueda delantera.CATPart* constituye el bloque externo de la rueda aportando la forma circular.

Geométricamente esta pieza representada en la *Figura 119* ésta formado por un aro de sección con forma de L donde ira alojada la cubierta externa a través de remaches y los radios internos también a través de unión remachada. Cabe decir que la llanta interior la forman dos de estas piezas colocadas una junto a la otra a través de un plano de simetría.

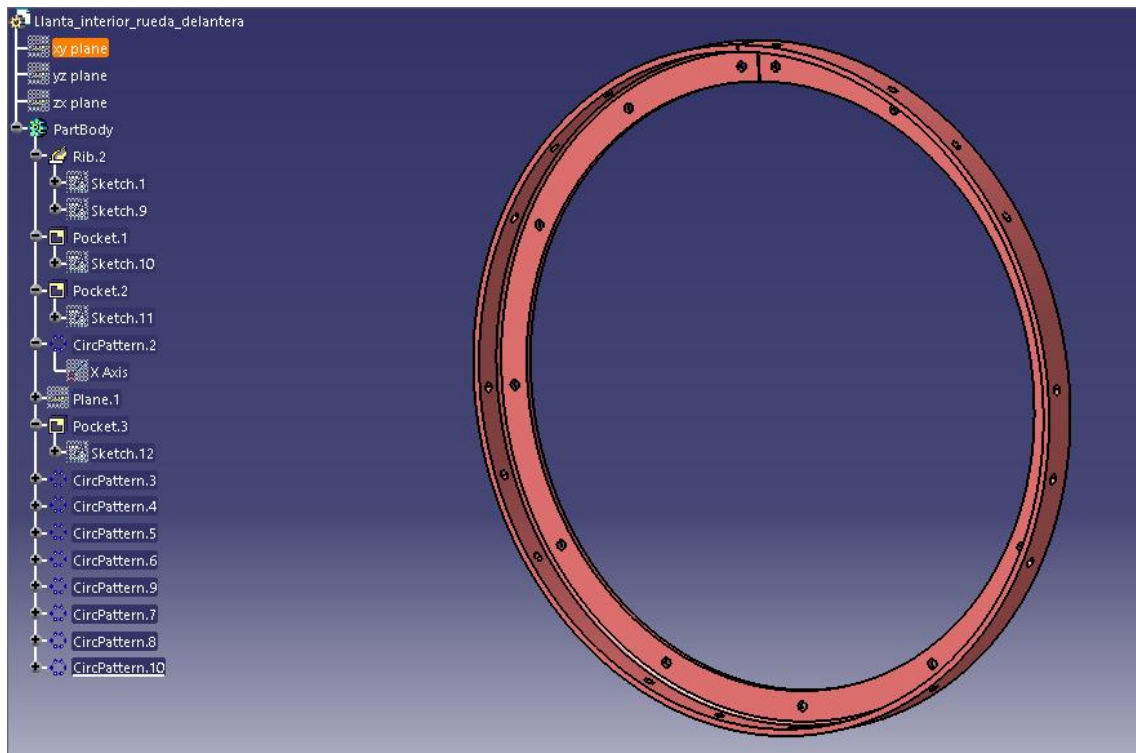


Figura 119. Llanta interior

A continuación, se representará el eje central de la rueda, el cuál está constituido por cuatro elementos unidos entre sí a través de una unión soldada.

Estos cuatro elementos se denominan *eje1_Rueda.CATPart*, dos piezas iguales denominadas *eje2_Rueda.CATPart* y finalmente una llamada *eje3_Rueda.CATPart* y se representan en las *Figuras 120, 121 y 122 respectivamente*.

Esta separación de piezas en el eje se debe fundamentalmente a motivos de fabricación, ya que como se puede apreciar, la geometría de las diferentes partes que forman el eje es bastante complejas, por lo que de estar constituido por una única pieza su diseño sería realmente costoso y complicado de ejecutar atendiendo a la tecnología de la época.

Se puede apreciar a su vez como las diferentes piezas del eje solapan perfectamente quedando en su centro el soporte al eje de la rueda sobre el cuál rotará, y en su parte externa los huecos necesarios para fijar a través de soldadura los radios de la rueda.

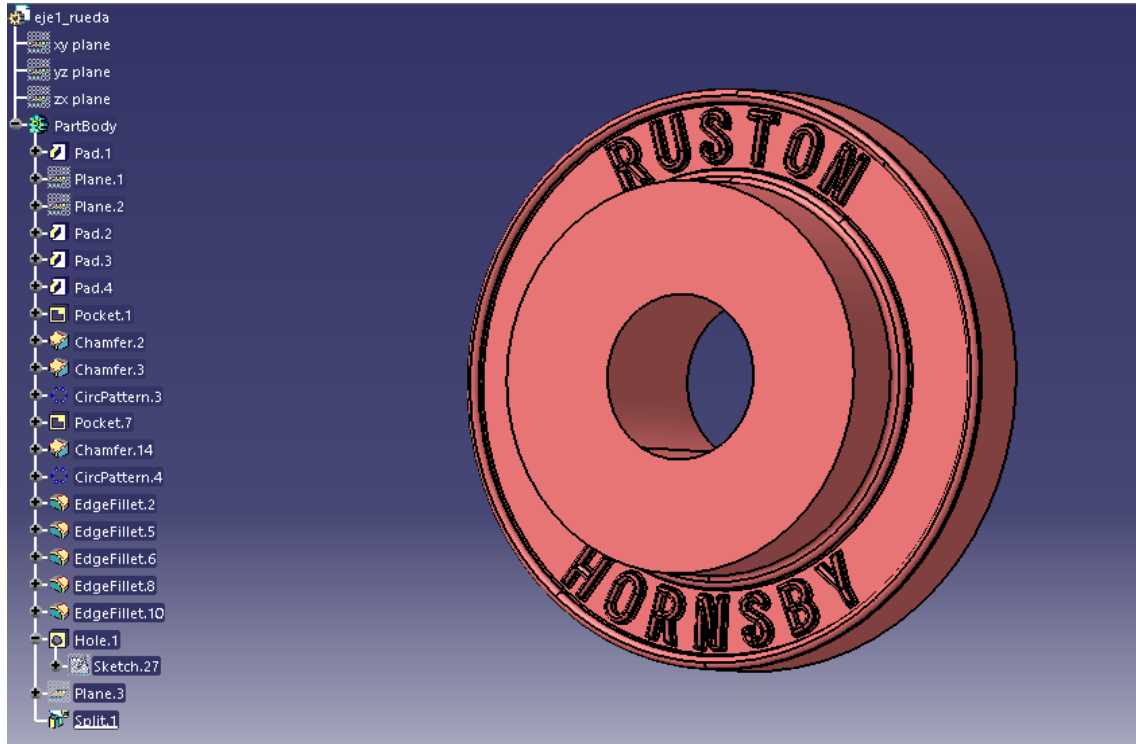


Figura 120. Eje 1

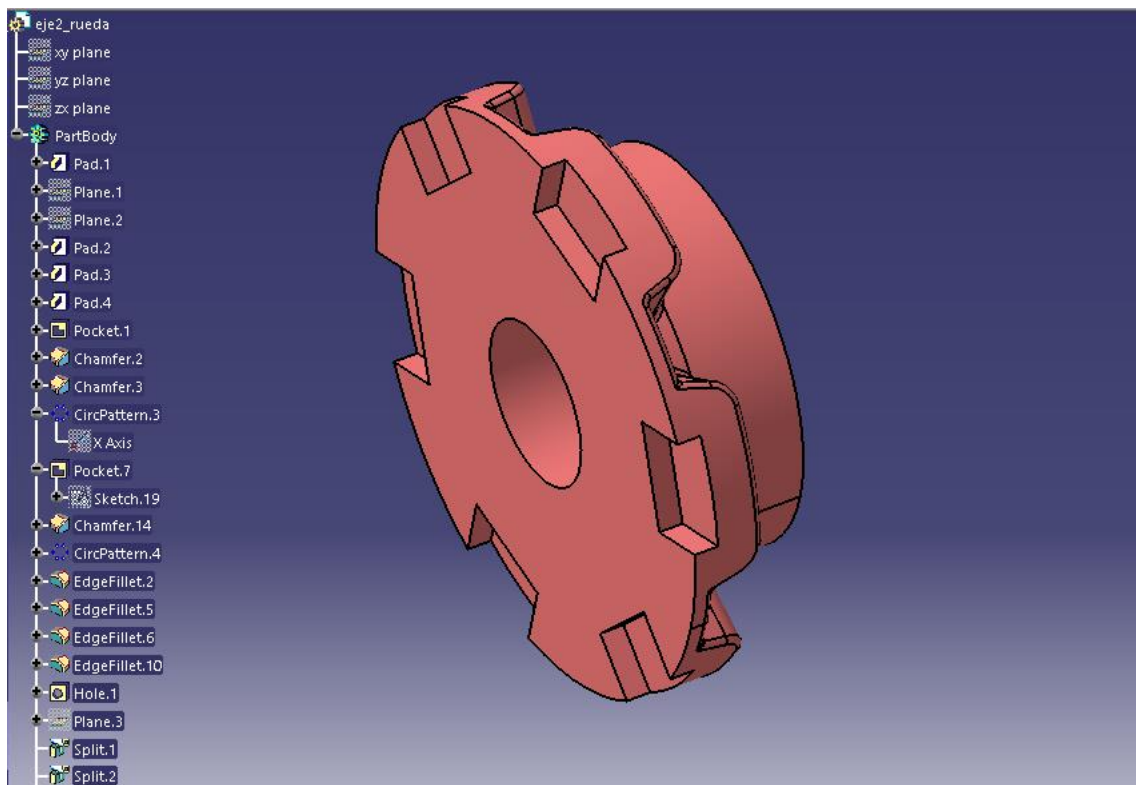


Figura 121. Eje 2

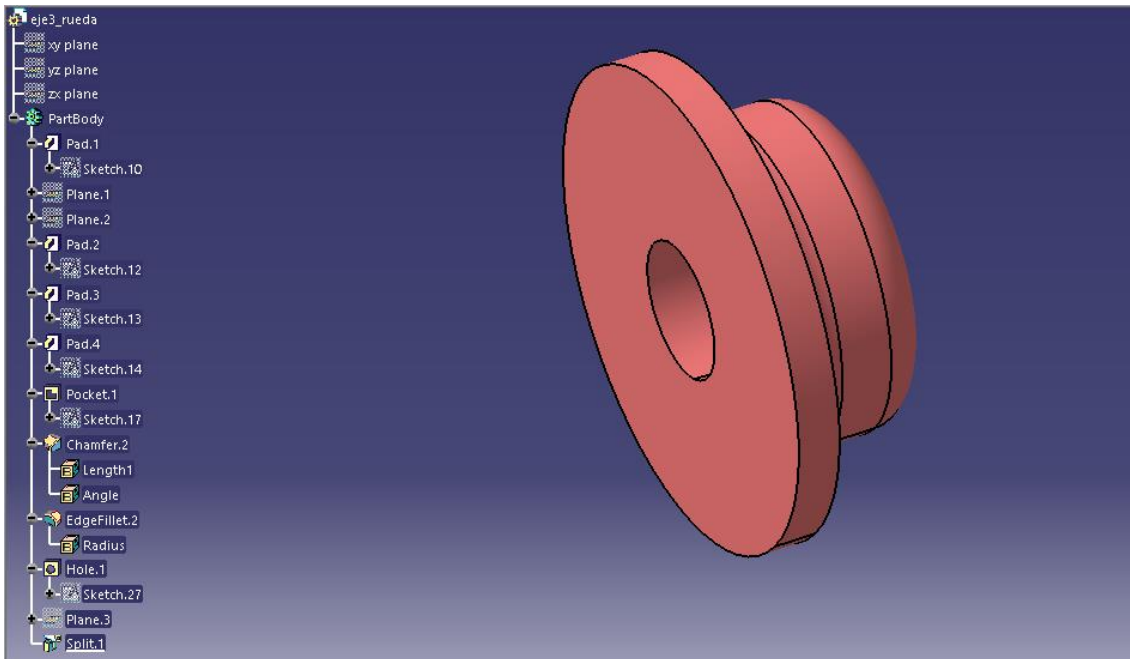


Figura 122. Eje 3

A continuación, procedemos a describir los radios que conforman esta rueda los cuales aportan rigidez en la dirección radial.

Estos elementos servirán como punto de enlace entre el eje, al que se unirá a través de unión soldada y la llanta a la cuál irán remachados.

Geoméricamente son elementos alargados de sección rectangular, aunque a simple vista parecen sencillos de ejecutar, su complejidad radica en la exactitud en las medidas para que encajen en los elementos en los que se encuentran unidos.

En la [Figura 123](#) se representa la pieza *radio_simple_rueda_delantera.CATPart* Descrita con anterioridad

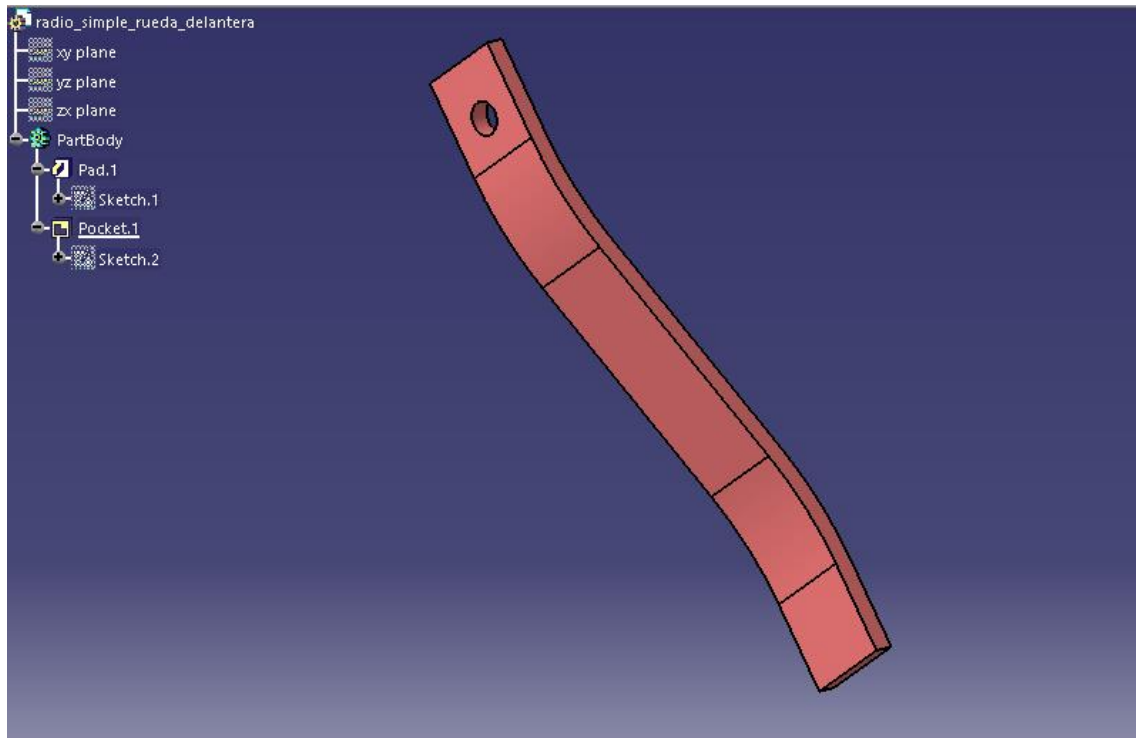


Figura 123. Radio simple

La llanta interior descrita anteriormente se ha generado a partir de una barra recta, con sección en forma de L que se ha plegado hasta alcanzar una forma circular, por lo que quedarán dos extremos muy juntos, aunque con la necesidad de fijarlos

La rueda en su conjunto consta de doce radios, once iguales, los cuales los hemos descrito con anterioridad y uno diferente que sirve a su vez como unión de los extremos de la llanta interior.

En la [Figura 124](#) se representa la pieza *radio_doble_rueda_delantera.CATPart* donde se puede apreciar que en uno de sus extremos posee una unión con dos remaches uno para cada extremo de la llanta interior.

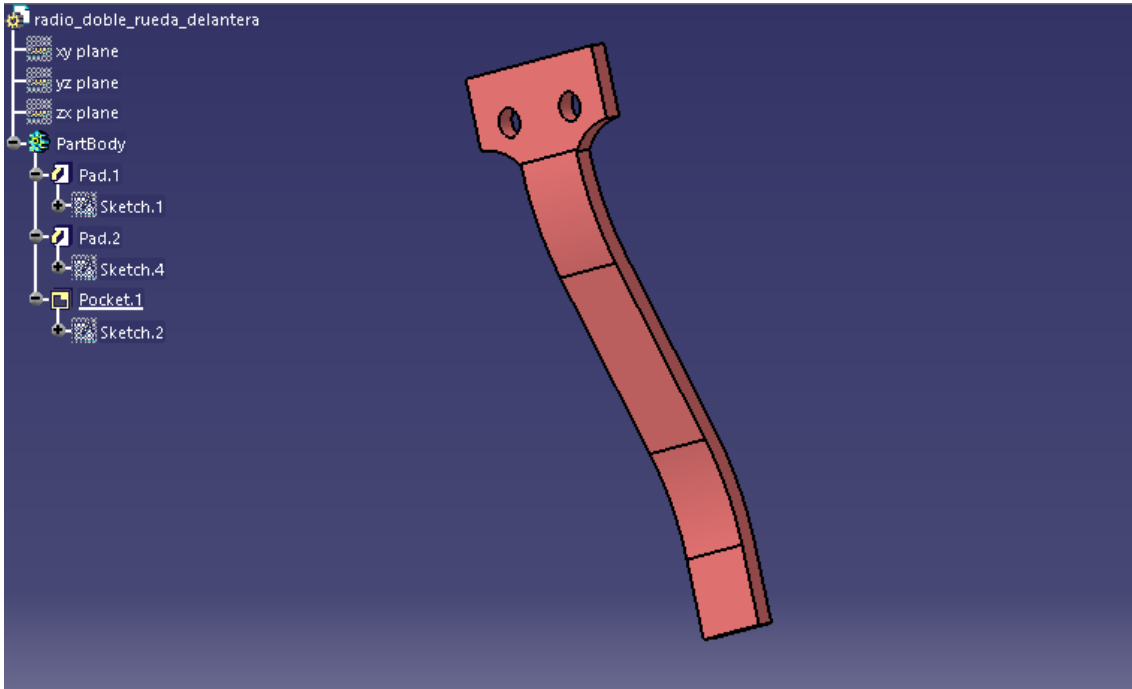


Figura 124. Radio doble

Finalmente, la última pieza que constituye el Conjunto de la Rueda será lo que podemos denominar la cubierta externa y que designaremos *cubierta_rueda_delantera.CATPart*.

Ésta es la parte más externa de la rueda, unida a la llanta interior a través de una unión remachada.

Debemos tener en cuenta que el acabado exterior debe ser relativamente liso y uniforme ya que esta parte de la rueda será la que esté en contacto directo con el terreno.

En la *Figura 125* se representa esta pieza descrita.

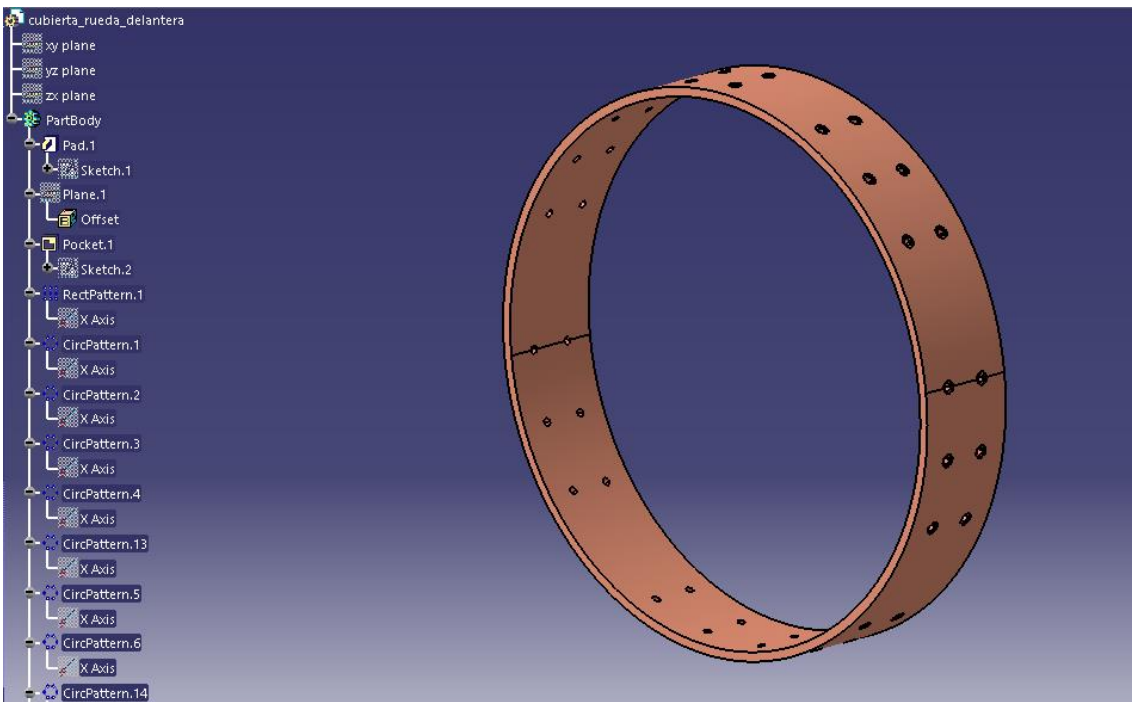


Figura 125. Cubierta

Una vez descritas las partes estructurales que componen la rueda estableceremos los diferentes elementos de unión empleados para fijar las diferentes partes además de las partes ya mencionadas cuya unión se ha realizado a través de soldadura.

En la *Tabla 10* se recogen los diferentes elementos de unión, así como las piezas que se fijan.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>cubierta_rueda_delantera.CATPart</i>	<i>Llanta interior rueda delantera.CATPart</i>	<i>remache_rueda_llanta_interior-cubierta.CATPart</i>
<i>Llanta interior rueda delantera.CATPart</i>	<i>radio_simple_rueda_delantera.CATPart</i>	<i>remache_rueda_llanta_interior-radios.CATPart</i>
<i>Llanta interior rueda delantera.CATPart</i>	<i>radio_doble_rueda_delantera.CATPart</i>	<i>remache_rueda_llanta_interior-radios.CATPart</i>

Tabla 10. Elementos de union del conjunto rueda delantera

A continuación, se procederá a modelar el correspondiente PRODUCT, el cuál denominaremos *Rueda_Delantera.CATProduct*, con sus piezas explosionadas *Figura 126* y con las restricciones impuestas a todas sus piezas *Figura 127* y finalmente la *Figura 128* que es una comparativa de la realidad.

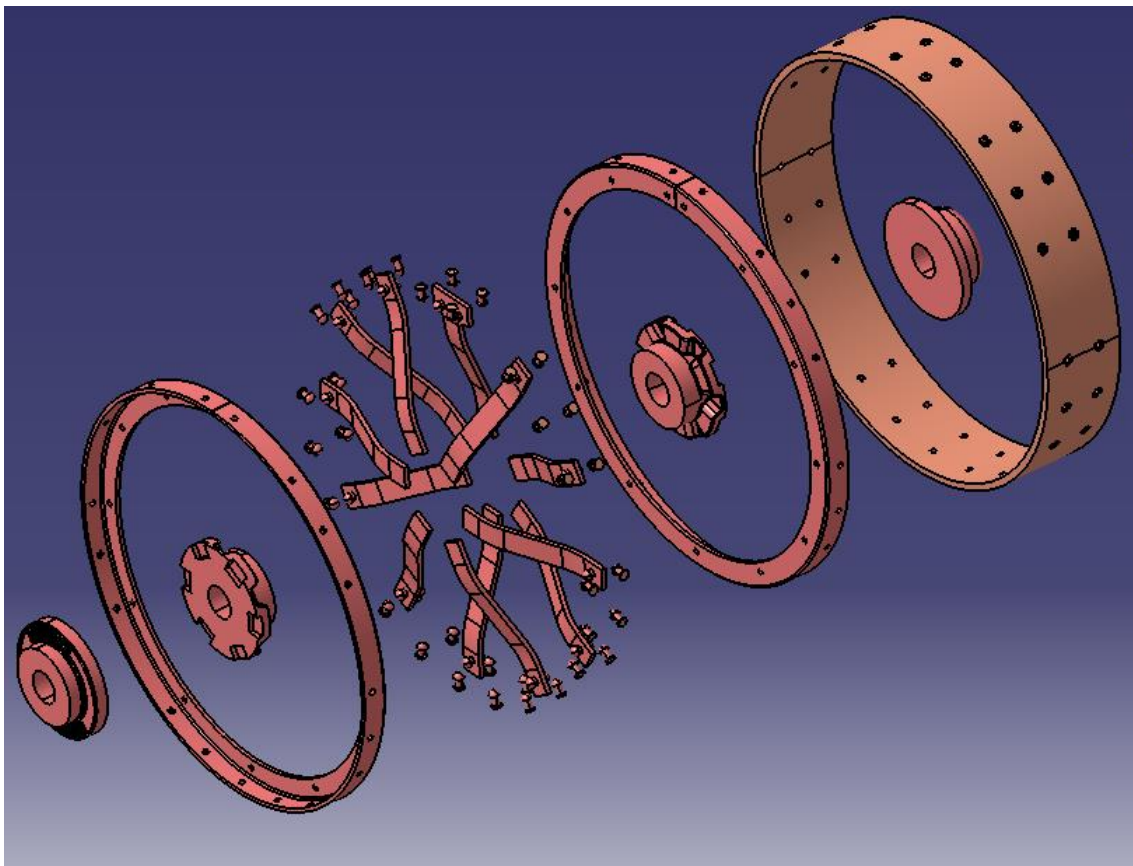


Figura 126. Conjunto rueda delantera con sus piezas explosionadas

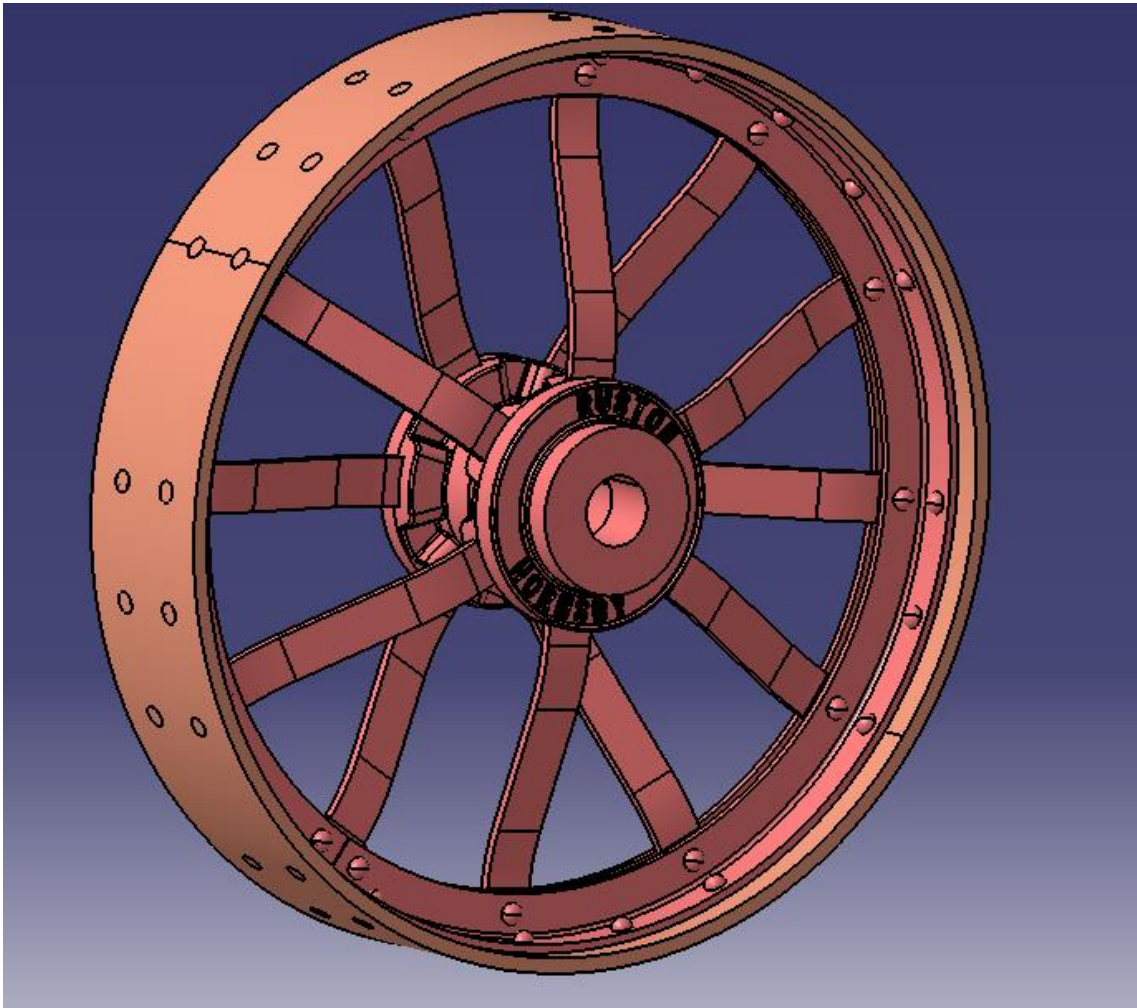


Figura 127. Conjunto rueda delantera con restricciones



Figura 128. Conjunto rueda delantera real

CONJUNTO RUEDA TRASERA

Las características geométricas de esta rueda correspondiente al Product denominado *Rueda_Trasera.CATProduct* son similares a las de la rueda delantera. La diferencia radica exclusivamente en el plano dimensional en el que las ruedas traseras poseen unas dimensiones mayores a las de las delanteras.

Estas dimensiones superiores se deben fundamentalmente a razones de equilibrio ya que al ser la superficie de contacto con el suelo mas ancha aporta un extra de estabilidad.

Es por ello que no se considera necesario en el presente documento añadir representaciones gráficas de las piezas que conforman este conjunto dado que ya se han representado las homologas en el Conjunto de la Rueda Delantera.

CONJUNTO H TAPA TRASERA

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)



Figura 129. Tapa trasera

Este conjunto al que denominaremos *Tapa_trasera.CATProduct* consiste fundamentalmente en un tapón del agujero del cuerpo trasero.

Dadas las condiciones de presión y temperatura que soporta el cuerpo trasero las características de la deben tener la suficiente fiabilidad como para aguantar tales condiciones a las que se verá expuesta durante el funcionamiento de la máquina.

La primera pieza que definiremos será *tapa_agujero_trasero.CATPart* que constituirá el elemento fundamental de este conjunto.

Geométricamente es una pieza realmente compleja, ya que debe enlazar internamente con el cuerpo trasero el cual tiene una terminación curva, además de tener una geometría en forma de elipse.

La solución elegida ante este problema ha sido el uso de la herramienta de CATIA combine y empleando las curvas mostradas en la *Figura 130*

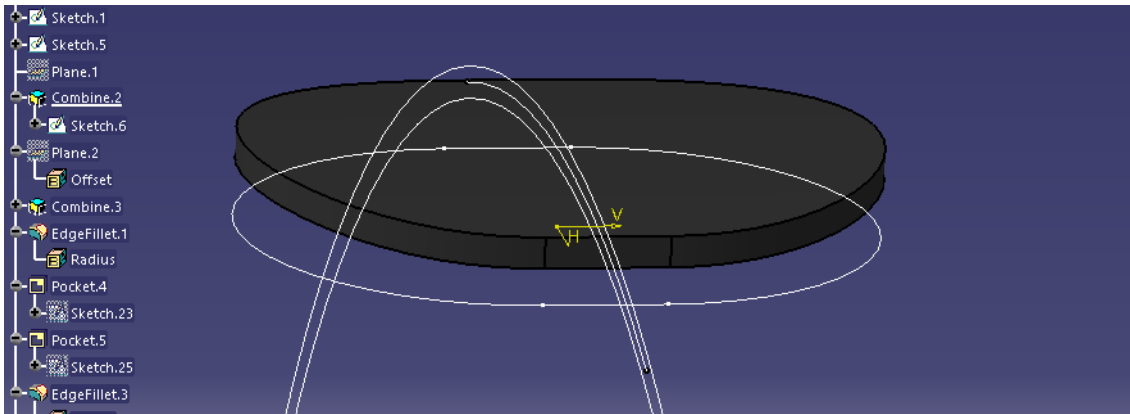


Figura 130. Detalle de uso de Combine

Además de esta herramienta empleada varias veces a lo largo del proceso de modelado de la pieza se ha hecho uso de muchas otras herramientas tal y como se especifica en la *Figura 131* donde se observa la pieza representada al completo.

El agujero central se empleará para realizar una unión tornillo-tuerca fijando así el mecanismo de cierre.

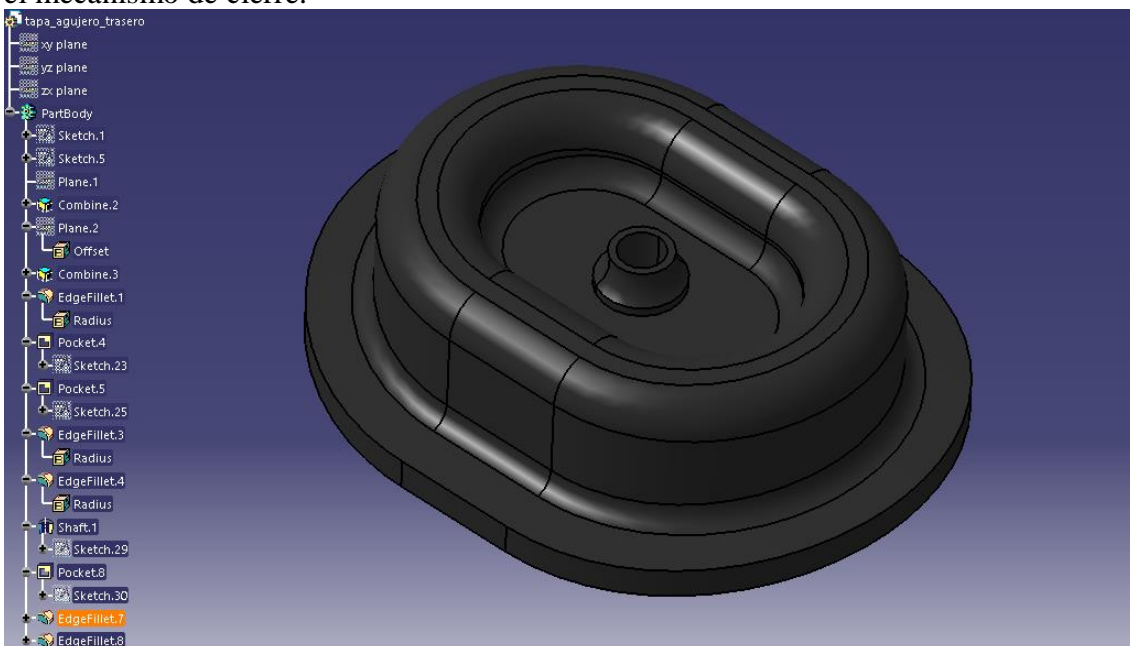


Figura 131. Tapa agujero trasero

Como hemos indicado, dadas las condiciones de presión y temperatura a las que se verá sometido el Conjunto durante su funcionamiento se necesitará un mecanismo de cierre hermético que a su vez asegure un correcto funcionamiento durante la vida útil de la máquina.

Se define con estas características la pieza *cierre_tapa_trasera.CATPart* representado en la *Figura 132*. Esta pieza se unirá a través de la unión tornillo-tuerca a la pieza anteriormente descrita y funcionará como mecanismo de cierre presionando los dos extremos contra el refuerzo del agujero del cuerpo trasero.

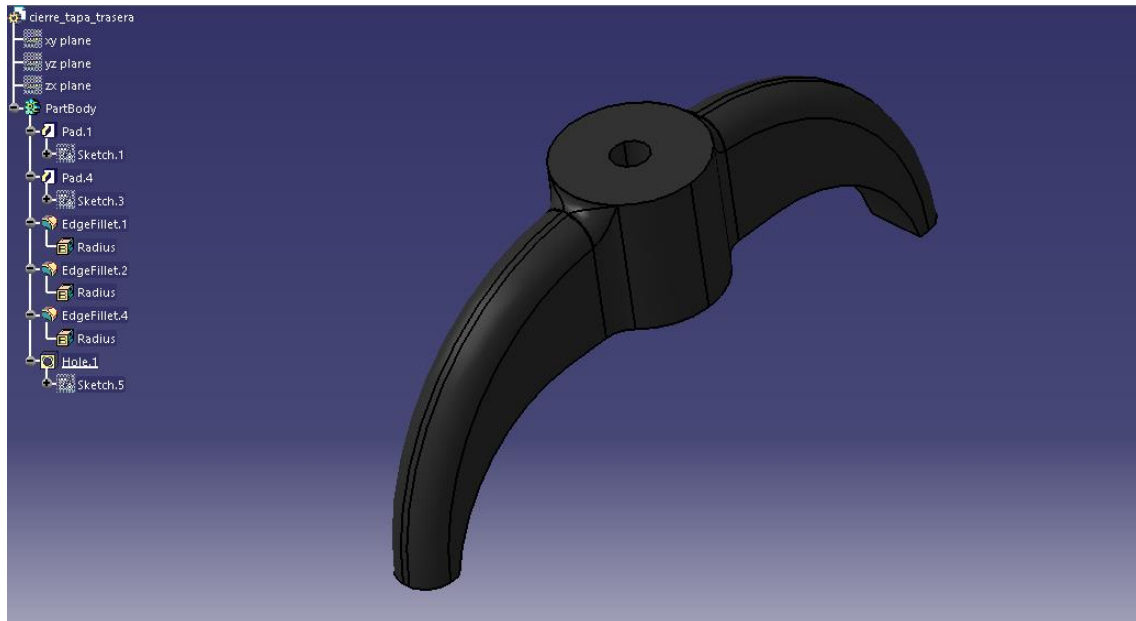


Figura 132. Cierre tope trasero

A continuación, definimos los elementos de unión de este conjunto en la siguiente [Tabla 11](#) donde se especifican las piezas a unir y el elemento o elementos de fijación que intervienen en la fijación.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>tapa_agujero_trasero.C ATPart</i>	<i>cierre_tapa_trasera.CATP art</i>	<i>tornillo_M16_tapa_central2.C ATPart tuercaM16.CATPart</i>

Tabla 11. Elementos de unión del Conjunto Tapa agujero trasero

Una vez descritas las partes tanto estructurales como elementos de unión que intervienen en el conjunto *Tapa_trasera.CATProduct* se representará en la [Figura 133](#) con sus piezas explosionadas para una mejor visualización, en la [Figura 134](#) con las restricciones impuestas y finalmente [Figura 135](#) donde se representa el conjunto real para su comparación con el modelo desarrollado.



Figura 133. Conjunto tapa trasero explosionado



Figura 134. Conjunto tapa trasera con restricciones



Figura 135. Conjunto tapa trasera real

CONJUNTO I TAPA CENTRAL

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

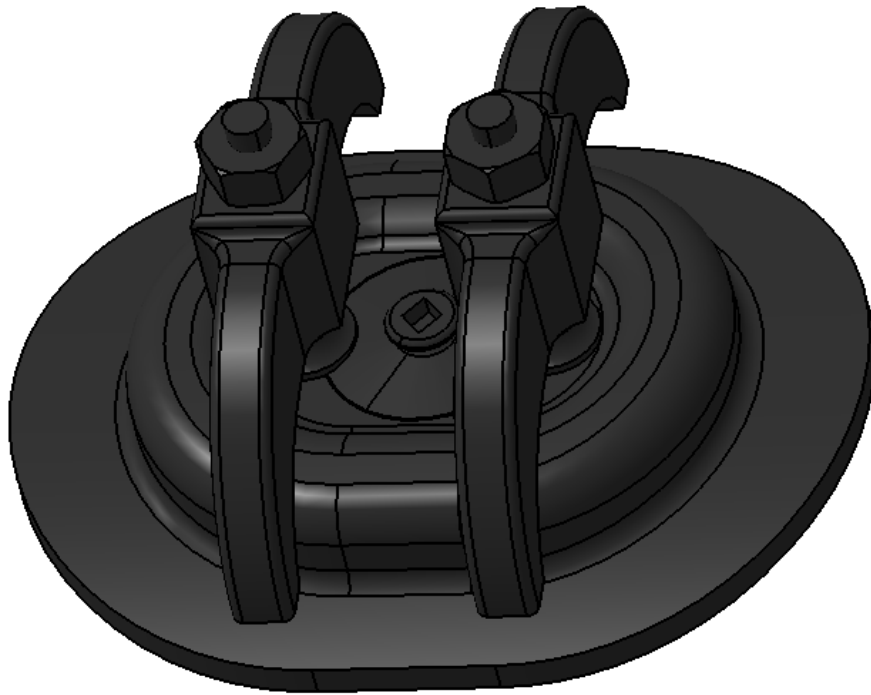


Figura 136. Tapa central

Al igual que el conjunto anteriormente descrito en éste caso el conjunto al que denominaremos *tapa_central2.CATProduct* cumple las mismas características funcionales que el ya explicado, por lo cuál no profundizaremos más ya que la función que desempeña es similar, así como las mismas condiciones de funcionamiento con la salvedad que la geometría de las piezas son ligeramente diferentes ya que el elemento sobre el cual sirve de tapón es el *cuerpo_central.CATPart* cuya geometría difiere del cuerpo trasero.

Se representarán en las [Figuras 137 y 138](#) sin dar mayores explicaciones que las ya desarrolladas, las dos piezas distintivas que forman este conjunto *tapa_agujero_central2.CATPart* y *cierre_tapa_central2.CATPart* respectivamente.

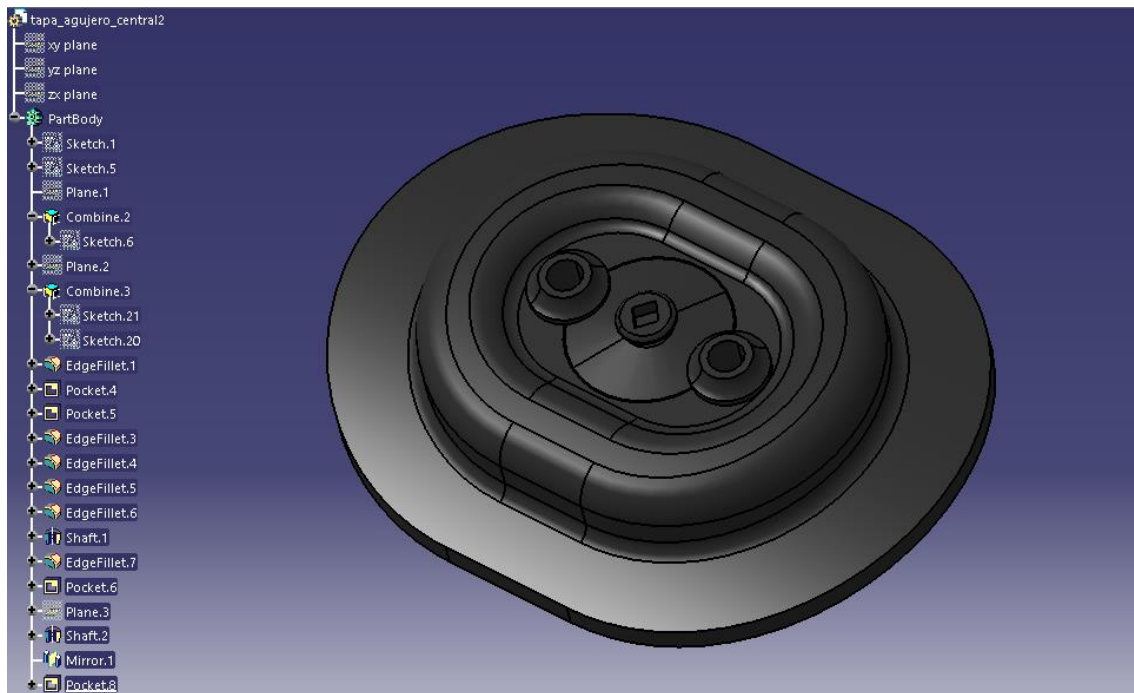


Figura 137. Tapa agujero central

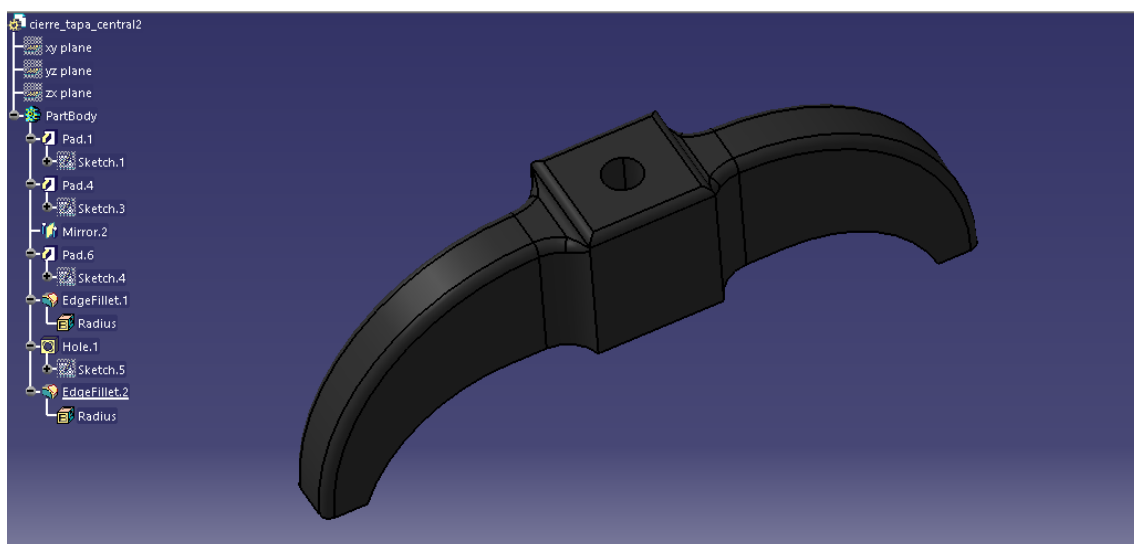


Figura 138. Cierre tapa central

En cuanto a los elementos de unión se refiere, quedan definidos en la [Tabla 12](#) los usados en este conjunto, así como las piezas que unen

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>tapa_agujero_central2.CATPart</i>	<i>cierre_tapa_central2.CATPart</i>	<i>tornillo_M16_tapa_central2.CATPart</i> <i>tuercaM16.CATPart</i>

Tabla 12. Elementos de unión conjunto tapa central

Finalmente, como ya es costumbre representamos las [Figuras 139, 140 y 141](#) donde observamos el conjunto con sus piezas explosionadas, el conjunto con las restricciones impuestas y la pieza modelada en la realidad respectivamente.

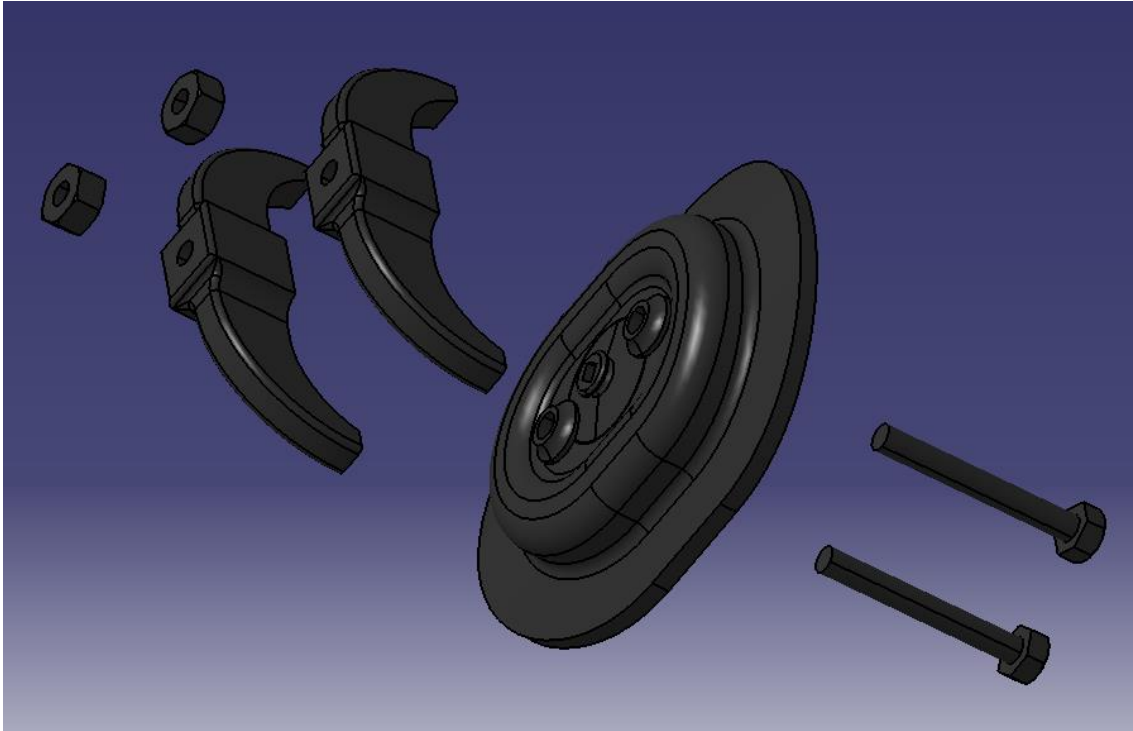


Figura 139. Conjunto tapa central explosionado

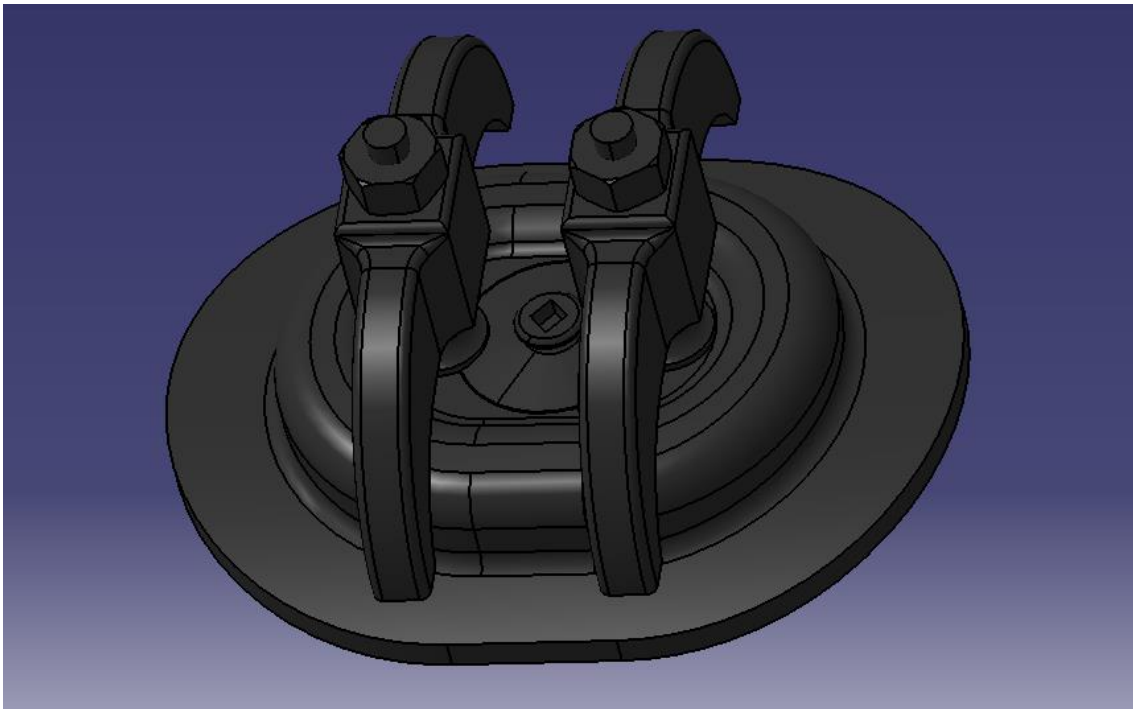


Figura 140. Conjunto tapa central con restricciones



Figura 141. Conjunto tapa central real

CONJUNTO J PUERTA DELANTERA

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

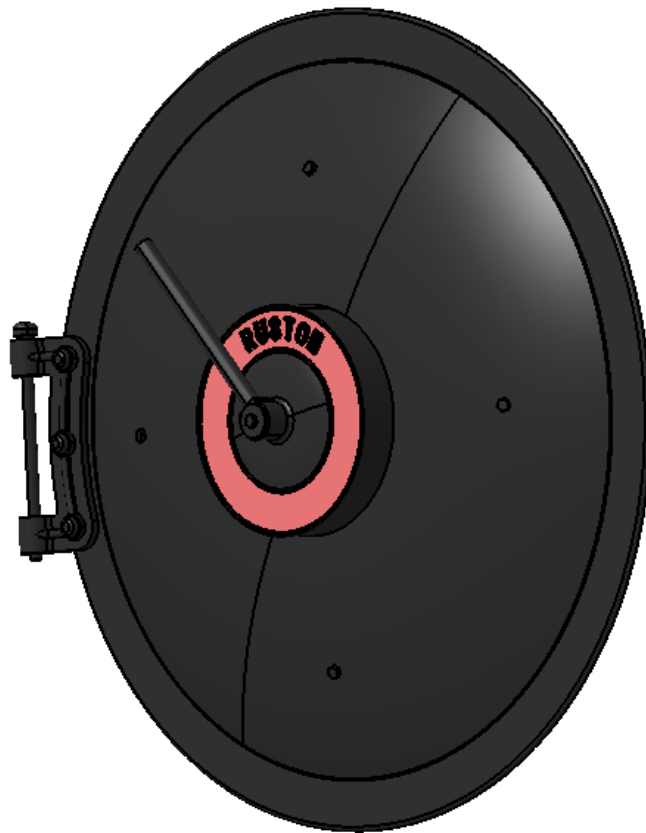


Figura 142. Conjunto puerta delantera

El conjunto de la puerta delantera lo definiremos como *puerta_delantera.CATProduct*. Se sitúa en la parte frontal de la máquina en conexión con el cuerpo delantero.

Funcionalmente esta puerta tiene como objetivo facilitar el acceso a la parte interior de la máquina para controlar y detectar posibles fallos durante el funcionamiento, así como optimizar las tareas de mantenimiento.

Durante el funcionamiento de la máquina el cuerpo delantero actúa como tránsito del humo desde los tubos procedentes de la cámara de combustión, por lo cuál la puerta de este cuerpo delantero, además de tener la capacidad de soportar calor (en este caso no tenemos presión elevada) deberá tener un mecanismo de cierre para que durante el funcionamiento el humo se derive a la chimenea y no se evacue a través de la puerta delantera.

Es por todas estas razones por las que este conjunto además de la complejidad de las piezas que lo forman, deberá cumplir con las funciones anteriormente descritas y que a continuación detallaremos.

La primera pieza que se modelará será la correspondiente a la estructura principal que constituye este conjunto y a la que denominaremos *puerta_delantera1.CATPart* representada en la [Figura 143](#).

Cabe destacar que en el extremo izquierdo se fijará la bisagra de la puerta, mientras que por el agujero central se accionará el cierre de la puerta.

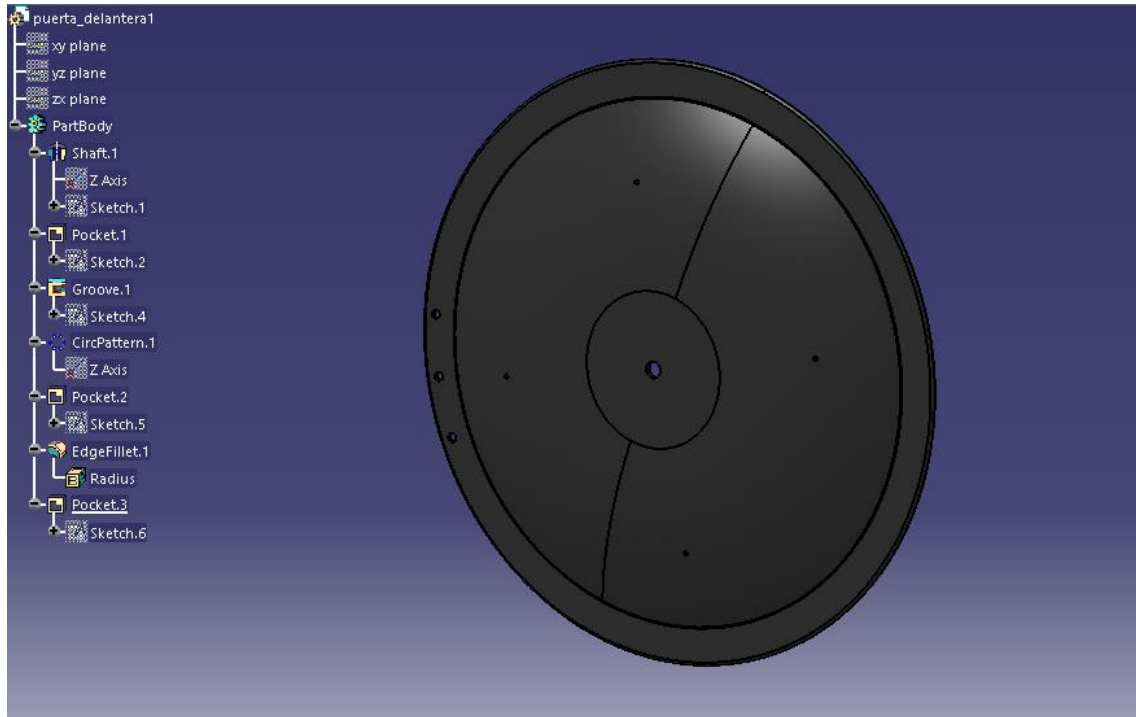


Figura 143. Puerta delantera

A continuación, definimos otra de las partes estructurales de la puerta delantera que se une a la anterior a través de una unión soldada y que sirve como soporte principal al eje de la cerradura, así como su mecanismo de accionamiento.

Esta pieza cuyo modelado recibe el nombre de *puerta_delantera2.CATPart* se representa en la [Figura 144](#).

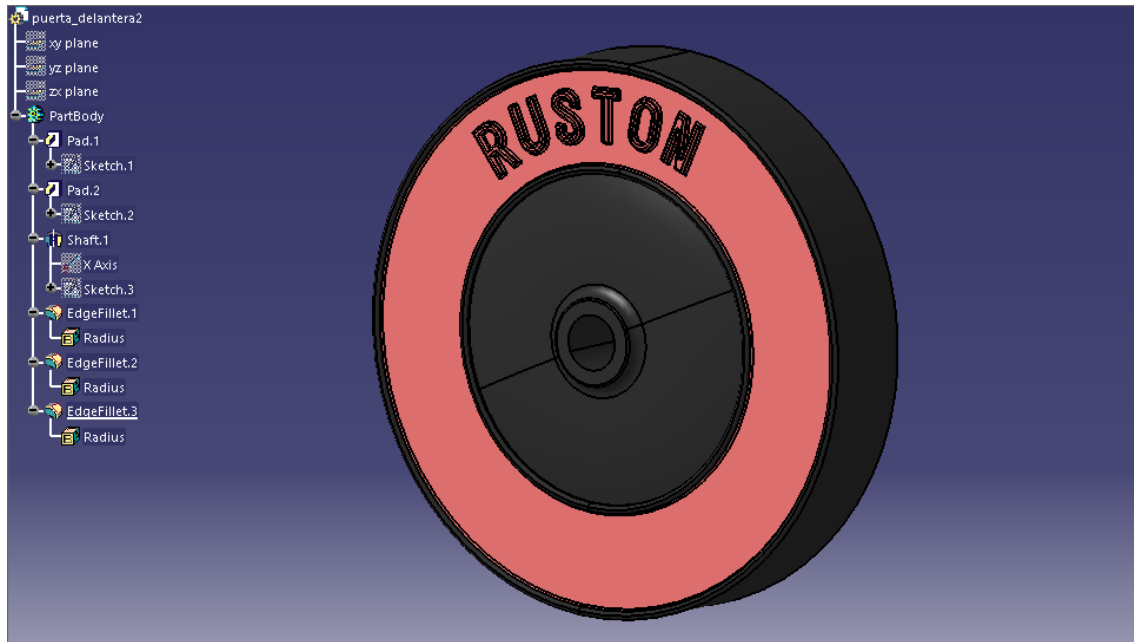


Figura 144. Puerta delantera 2

La última de las piezas que componen lo que podemos considerar la estructura o cuerpo de la puerta es *puerta_delantera3.CATPart*. Un elemento que va unido a la *puerta_delantera1.CATPart* a través de una unión atornillada.

Funcionalmente, esta pieza, además de aportar rigidez al conjunto tiene como misión principal bloquear o minimizar (función de “parapeto”) los gases procedentes de la cámara de combustión y que tras salir de los tubos de la parte interna inciden directamente sobre la puerta.

Geométricamente esta pieza se ilustra en la [Figura 145](#) y su dificultad radica en que se debe ajustar al diámetro interno de las piezas anteriormente descritas, lo que dificulta enormemente la tarea de modelado.

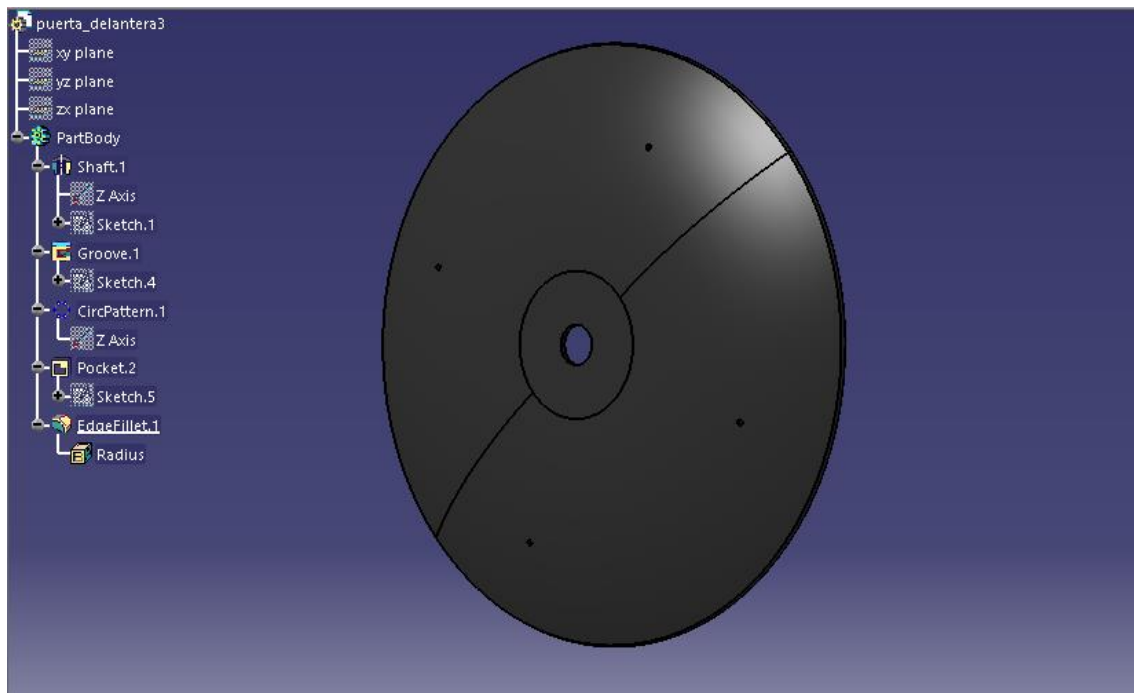


Figura 145. Puerta delantera 3

A continuación, se describe el eje de la cerradura que viene representado en la [Figura 146](#) y cuyo modelo recibe el nombre de *eje_cerradura_delantera.CATPart*

Funcionalmente este elemento es el encargado de transmitir el par de giro generado, de un lado (mango externo), al otro lado de la puerta (parte interna)

Geoméricamente consta de un cilindro de sección circular en cuyos extremos la sección cambia a cuadrada. Este cambio se debe a lo descrito anteriormente. Dado que se necesita transmitir un par de giro la sección cuadrada permite que tanto el mango externo como el cierre interno no deslicen con la rotación del eje.

En su interior a su vez posee un agujero que lo atravieso longitudinalmente donde se alojará una unión tornillo-tuerca que fijará la posición del eje.

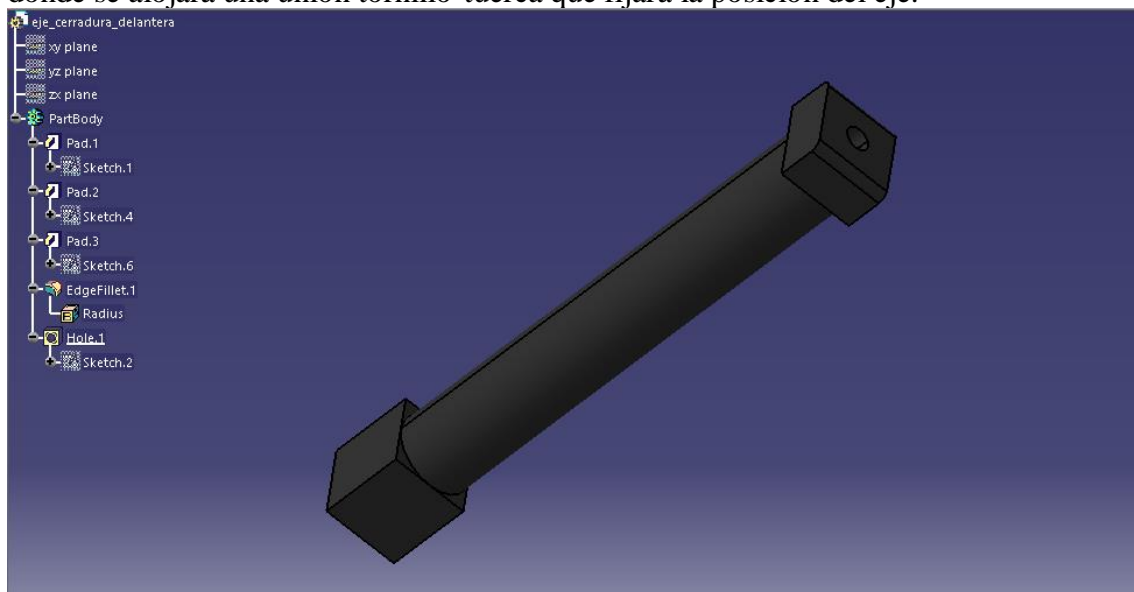


Figura 146. eje cerradura delantera

Para accionar el mecanismo de cierre o apertura de la puerta se tiene un elemento de acción manual al que denominaremos *mango_cerradura_delantero.CATPart* y se representará en la [Figura 147](#)

Como cabía esperar, geométricamente consta de un cilindro de sección circular desde donde accionamos manualmente aplicando un par rotacional la cerradura, en cuyo extremo se encuentra un agujero de sección rectangular donde se aloja el extremo del eje descrito anteriormente y se transmite el movimiento al interior de la máquina.



Figura 147. Mango cerradura

Con el objetivo de fijar el eje entre la parte externa e interna de la puerta definimos dos topes de geometrías diferentes, aunque ambos con la misma funcionalidad.

Estos topes se denominan *tope_eje_cerradura2.CATPart* ubicado en la parte interna de la puerta y *tope_eje_cerradura_delantero.CATPart* situado en este caso junto al mango, en la parte externa, los cuales se representan en las [Figuras 148 y 149 respectivamente](#).

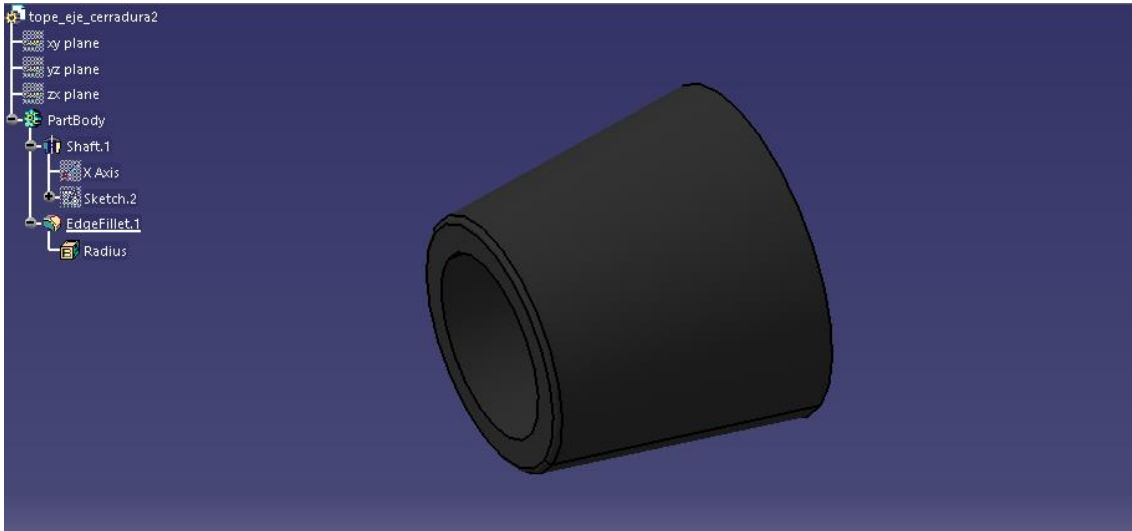


Figura 148. Tope eje cerradura 2

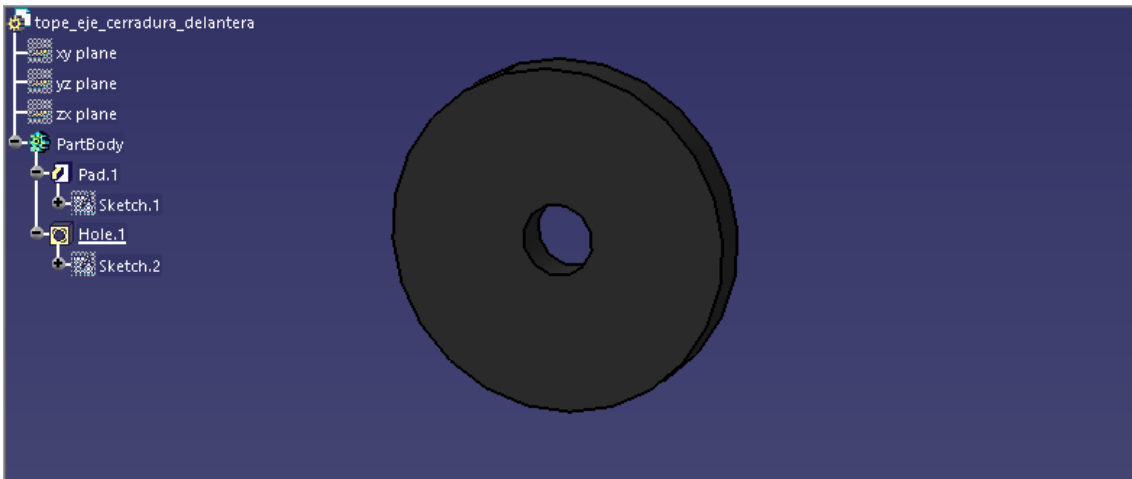


Figura 149. Tope eje cerradura 1

Finalmente, el último elemento en relación a la cerradura de la puerta delantera viene dado por la pieza *cerradura_delantera2.CATPart* representada en la [Figura 150](#)

Esta pieza se aloja en el interior de la puerta y rota al accionar el mango de la cerradura. El movimiento se lo transmite directamente el eje de la cerradura que queda encajado en la parte inferior del hueco de sección rectangular y a su vez atornillado en el agujero que se observa en la parte inferior de la pieza.

Éste pieza al rotar, a su vez se encaja en un elemento que está fijado al cuerpo delantero de la estructura y que definimos anteriormente *cerradura_delantera4.CATPart*.

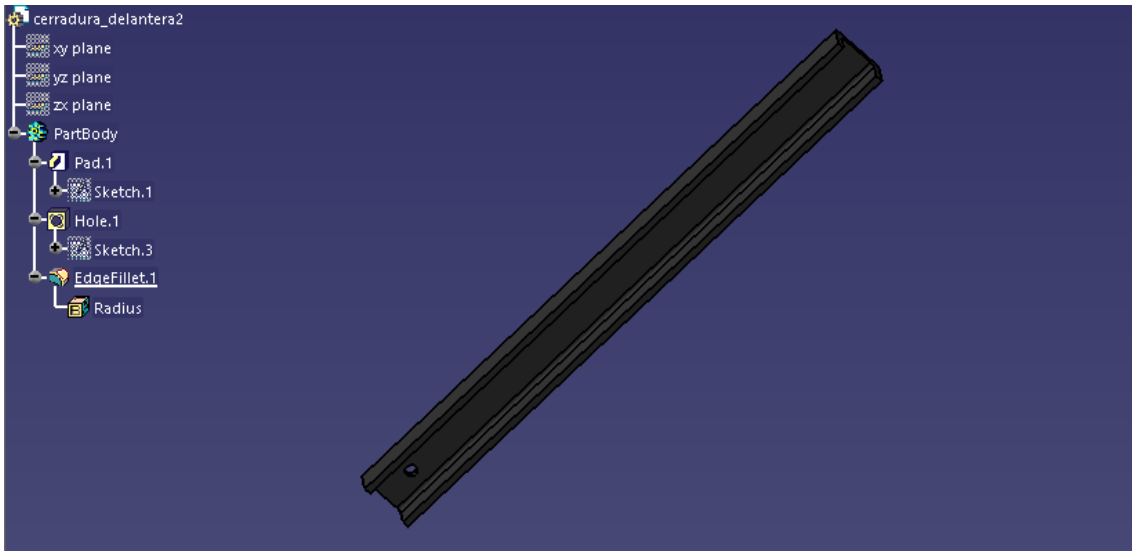


Figura 150. Cerradura delantera 2

Una vez desarrollados los elementos estructurales y los que componen la cerradura procedemos a detallar los elementos que forman parte de la bisagra de la puerta delantera.

El primero de estos elementos es *visagra_delantera1.CATPart* un elemento de geometría algo compleja que se fija a partir de 3 uniones remachadas a la *puerta_delantera1.CATPart*.

Esta pieza, representada en la *Figura 151* tiene la capacidad a su vez de hacer la función de bisagra, alojando a un eje de rotación que permitirá el grado de libertad de giro y que hará que la puerta tenga la posibilidad de abrirse y cerrarse.

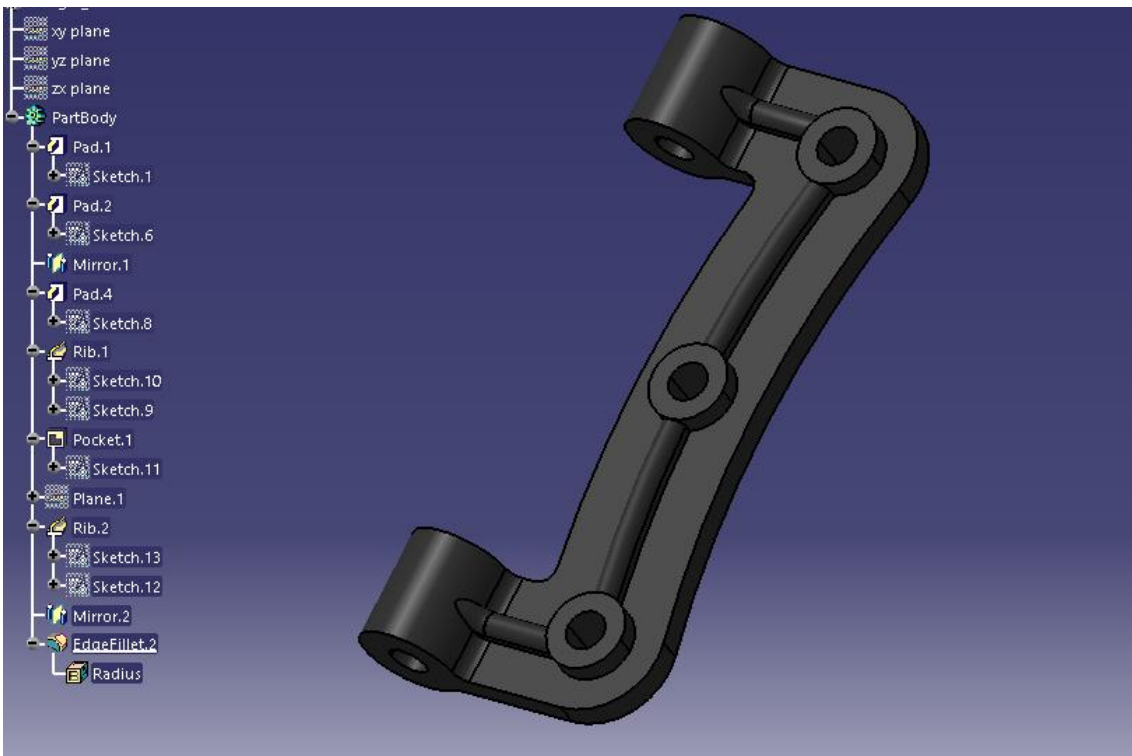


Figura 151. Bisagra delantera

Finalmente, la última pieza que compone este conjunto vendrá dada por *eje_visagra_delantera*. *CATPart* representado en la *Figura* y que como su nombre indica hará las veces de eje de la bisagra uniendo así todo el conjunto de la puerta delantera al resto de la estructura.



Figura 152. Eje bisagra delantera

Los elementos de unión empleados en este conjunto vendrán dados en la *Tabla 13* donde como siempre se especifica las piezas que se unen y el elemento de unión que realiza la fijación.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>visagra_delantera1.CATPart</i>	<i>puerta_delantera1.CATPart</i>	<i>remache_visagra_delantera.CATPart</i>
<i>puerta_delantera1.CATPart</i>	<i>puerta_delantera3.CATPart</i>	<i>tornillo_M10_puerta_delantera.CATPart</i> <i>tuercaM10.CATPart</i>
<i>mango_cerradura_delantera.CATPart</i>	<i>cerradura_delantera2.CATPart</i>	<i>tornillo_M10_eje_cerradura.CATPart</i> <i>tuercaM10.CATPart</i>

Tabla 13. Elementos de unión conjunto puerta delantera

Una vez descritos todos los elementos que componen el conjunto *puerta_delantera.CATProduct* se procederá a representar en la *Figura 153* el conjunto con sus piezas explosionadas para una mejor visualización, en la *Figura 154* con las restricciones impuestas y finalmente *Figura 155* se representa el conjunto real para su comparación con el modelo desarrollado.

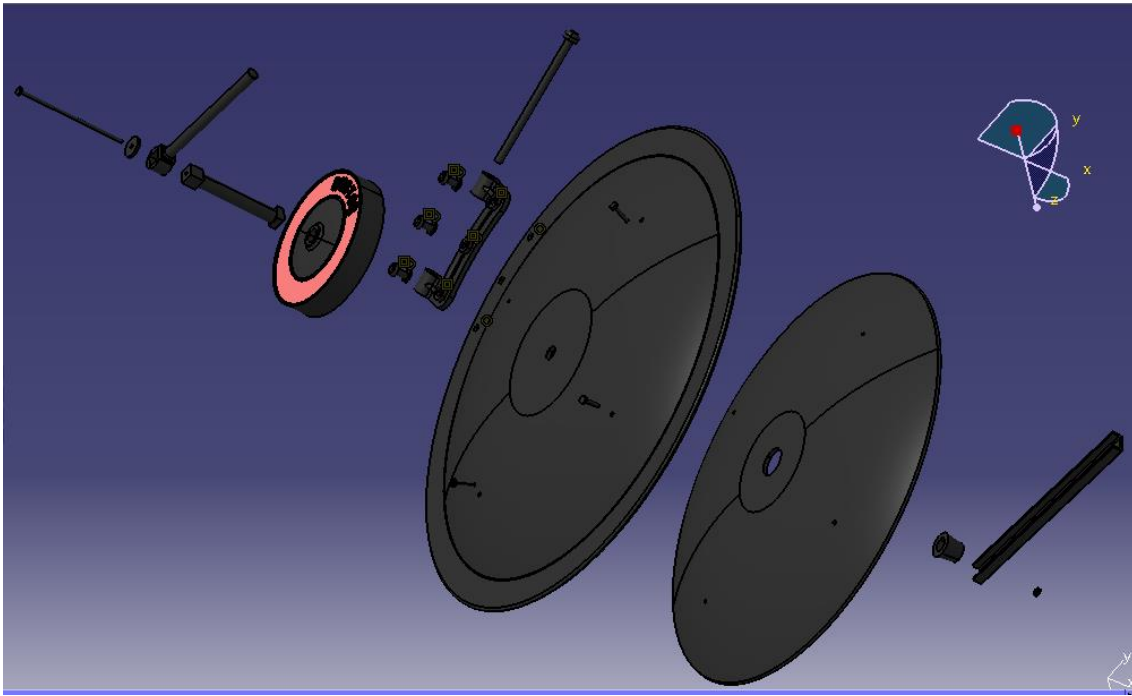


Figura 153. Conjunto puerta delantera con sus piezas explosionadas

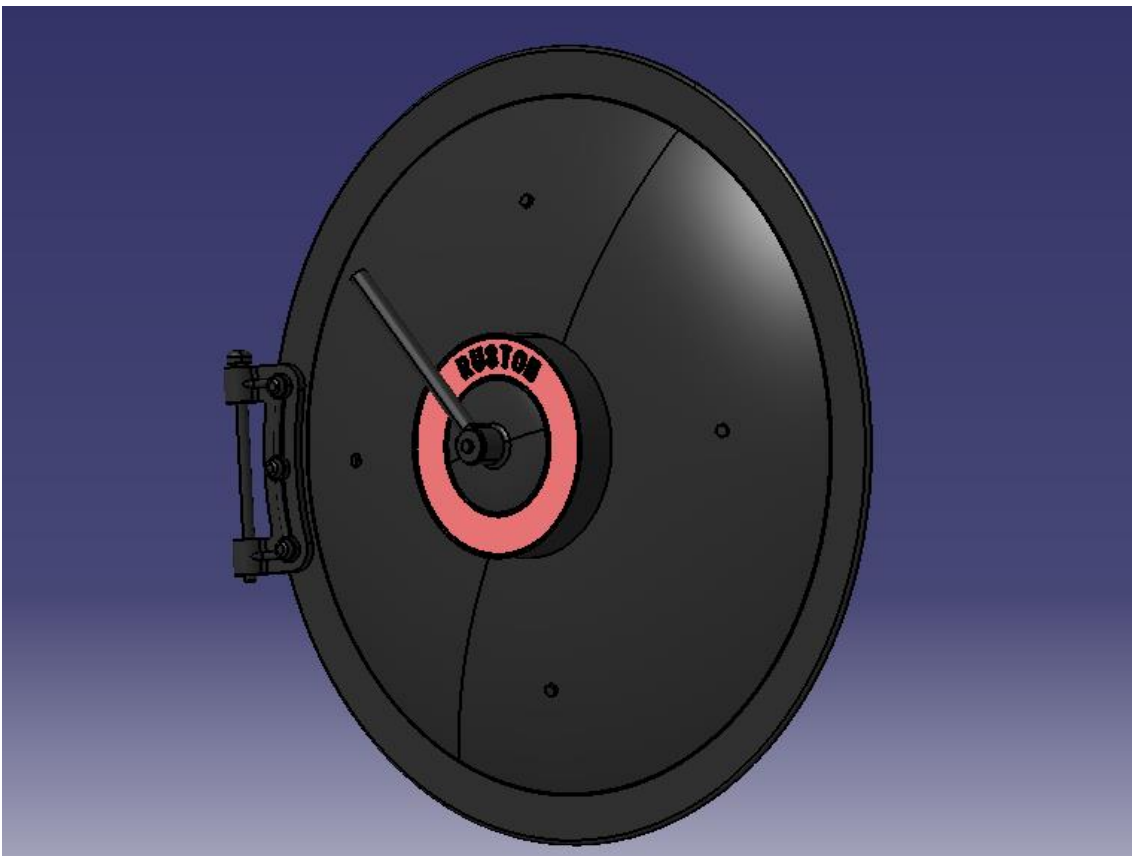


Figura 154. Conjunto puerta delantera con restricciones



Figura 155. Conjunto puerta delantera real

CONJUNTO K PUERTA TRASERA

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

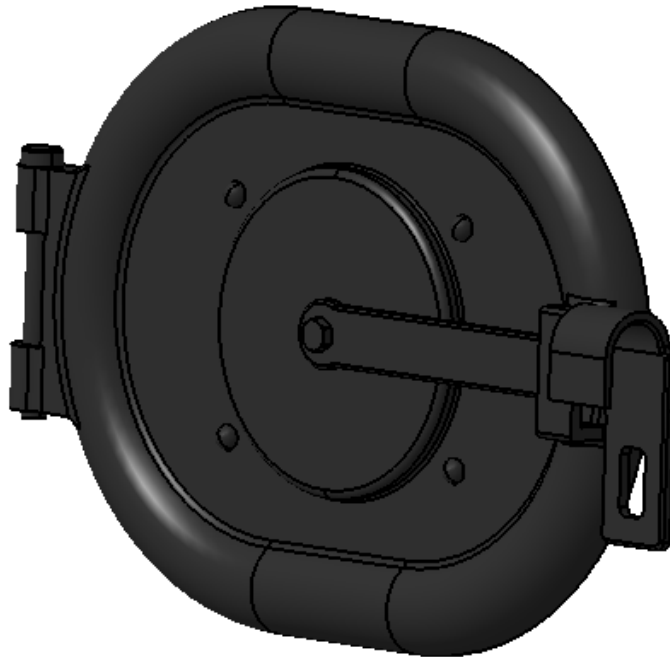


Figura 156. Conjunto puerta trasera

Al igual que en el caso anterior este conjunto al que llamaremos puerta *trasera*. *CATProduct* debe cumplir una serie de especificaciones funcionales además del correcto diseño de los componentes a nivel estructural, Para su diseño debemos pues tener en cuenta diferentes consideraciones.

La ubicación de la puerta será en el cuerpo trasero de la máquina, tapando el hueco que da acceso al interior de la estructura. Por lo cuál el conjunto se debe ajustar dimensionalmente a estas características.

Se deberán tener como requisitos adicionales que la puerta sea capaz de rotar en torno a la bisagra, con la posibilidad de abrirse o cerrarse, así como un mecanismo de cierre adaptado a las necesidades.

En el cuerpo trasero de la estructura se ubica la caldera o cámara de combustión de la máquina, y es precisamente esta puerta la que da acceso a esta zona.

Por todo ello, además de lo expuesto anteriormente también se deberá proteger en la medida de lo posible tanto la puerta como el sistema de apertura y cierre de las altas condiciones térmicas a las que se verá expuesta durante el funcionamiento de la máquina.

En primer lugar, se modelarán las piezas que constituyen lo que podemos denominar el cuerpo o estructura del conjunto. Se hará uso de *Base_puerta_trasera.CATPart* la cual se representa en la [Figura 157](#)

Geométricamente es una pieza compleja, que además posee una bisagra sobre la cual rotas y parte del mecanismo de la cerradura, que para esta puerta será de tipo externa.

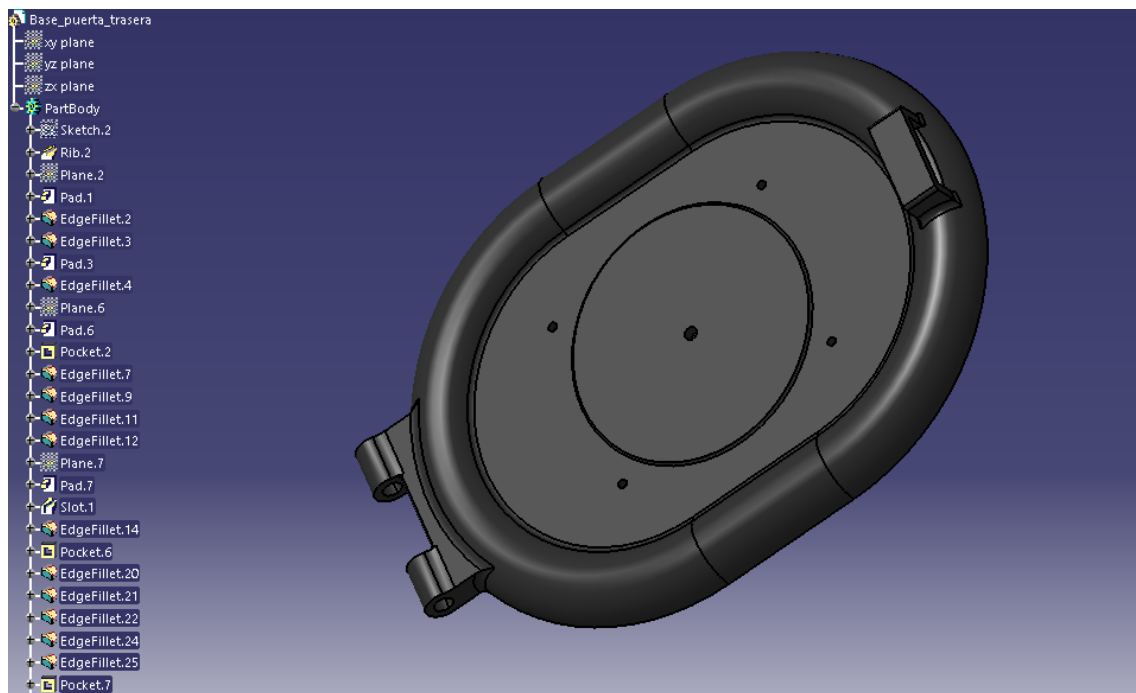


Figura 157. Base puerta trasera

A continuación, se modelará la otra pieza que compone la estructura principal que denominaremos *Base_puerta_trasera2.CATPart* y que irá solapada a la anterior a través de una unión soldada.

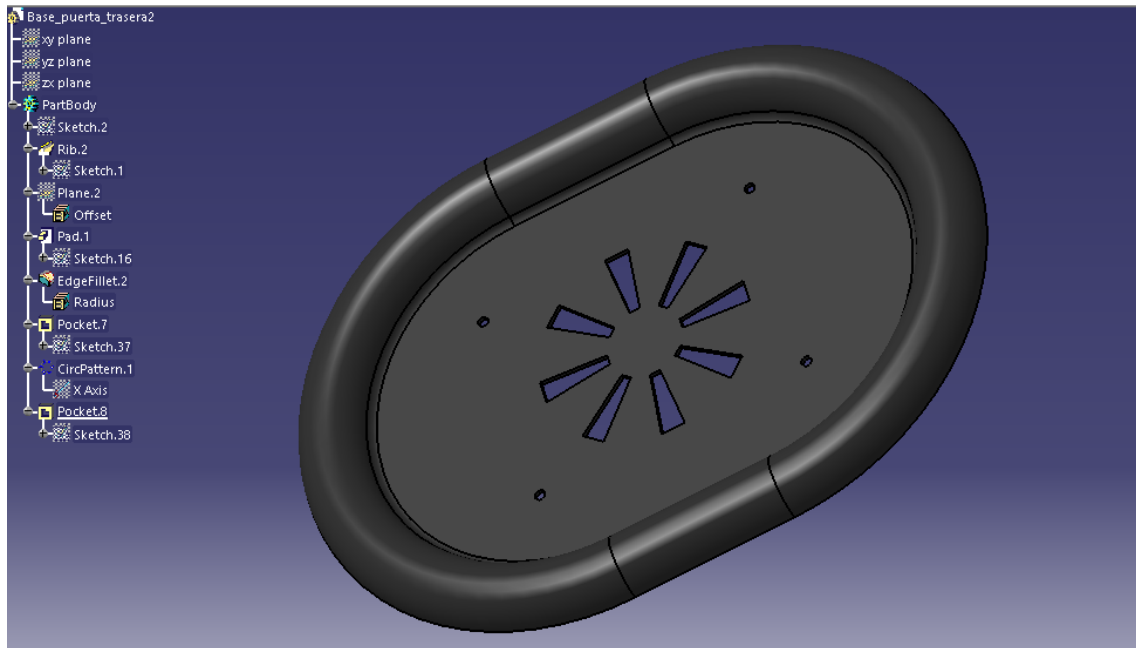


Figura 158. Base puerta trasera 2

En la *Figura 158* se observa como geoméricamente esta pieza debe ajustarse a la anterior, así como servir de soporte al protector del calor que se explicará mas adelante.

La siguiente pieza a modelar será *base_eje_cerradura_trasera.CATPart* la cuál servirá como soporte principal para el eje de la cerradura y se representa en la *Figura 159*

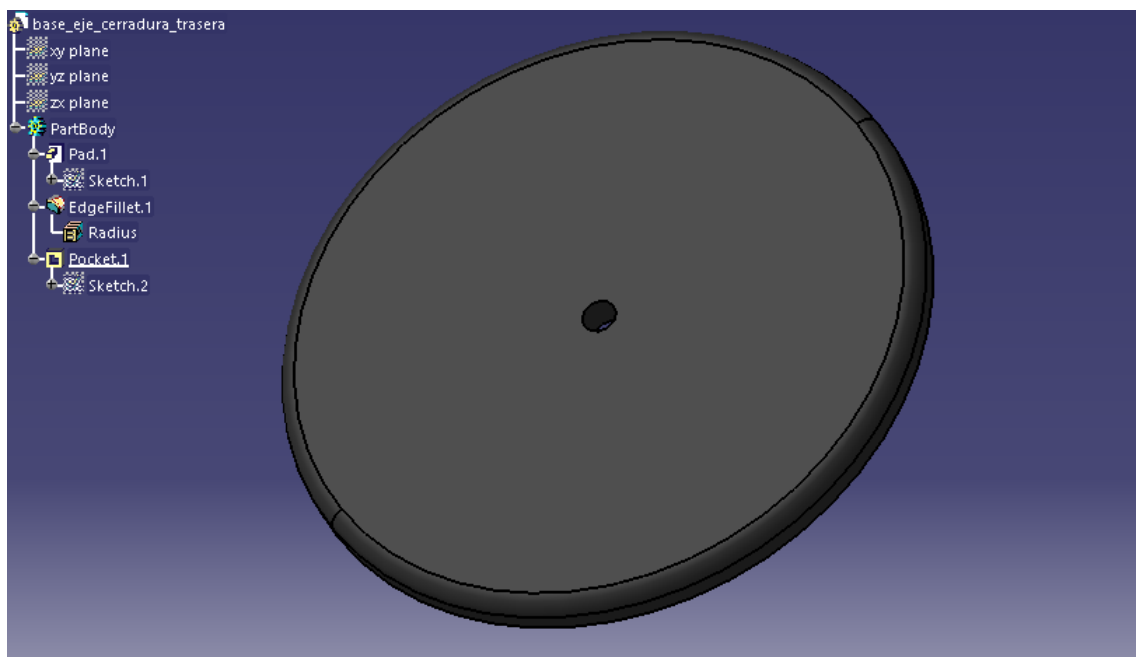


Figura 159. Base eje cerradura trasera

A continuación, se modelará la pieza *cerradura_trasera.CATPart* representada en la *Figura 160*

Funcionalmente esta pieza deberá rotar sobre un eje, para así generar el movimiento que da lugar a la activación del cierre de la puerta. Además, deberá poseer un sistema de cierre el cuál impida que la puerta se abra.

Finalmente deberá a su vez poseer un sistema de activación manual que ponga en funcionamiento el sistema.

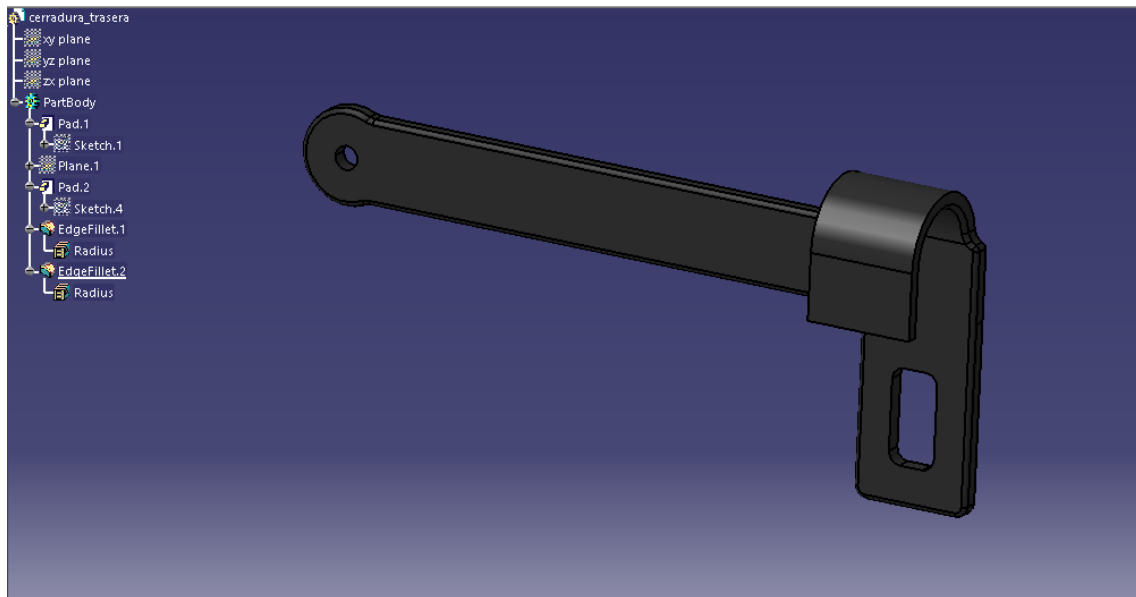


Figura 160. Cerradura trasera

A continuación, se describe la pieza que denominaremos *eje_cerradura_puerta_trasera.CATPart* y que representaremos en la *Figura 161*

Esta pieza servirá como eje a todo el conjunto de la cerradura de la puerta trasera.

Geoméricamente observamos que consta de un cilindro de sección circular en cuyos extremos se ubican dos topes para evitar que el eje se salga.



Figura 161. Eje cerradura trasera

El punto de unión de la puerta trasera y el resto de la estructura será el eje de la bisagra que encajará tanto en *Base_puerta_trasera.CATPart* como en *cuerpo_trasero2.CATPart*.

Esta pieza que denominaremos *eje_puerta_trasera.CATPart* se representa en la [Figura 162](#)



Figura 162. Eje puerta trasera

Finalmente se modelará la pieza *protectora_calor_puerta_trasera.CATPart* representada en la [Figura 163](#)

Como se ha indicado, durante el funcionamiento de la máquina, el Conjunto Puerta Trasera deberá estar sometido a condiciones de altas temperaturas, dada la cercanía de la caldera, por lo que se usa esta pieza como protector de la puerta y la cerradura, haciendo la función de parapeto.

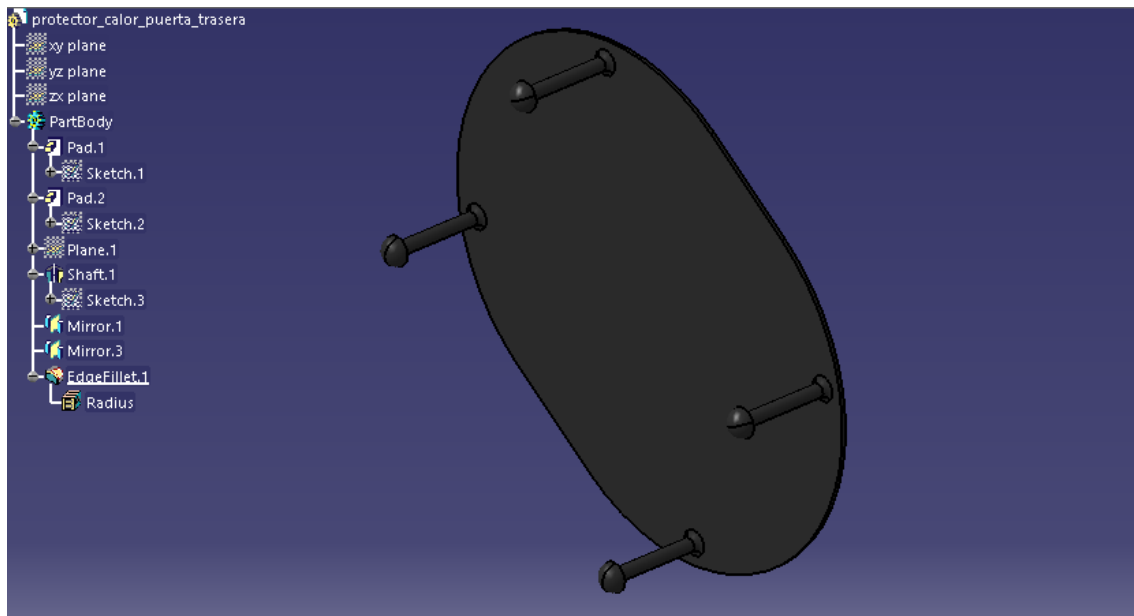


Figura 163. Protector de calor puerta trasera

En lo referente a elementos de unión de este conjunto únicamente encontramos uniones soldadas por lo que no será necesario exponer ninguno de estos elementos.

Una vez detalladas todas las piezas estructurales que forman parte de este conjunto se procederá a modelar el correspondiente PRODUCT, denominado *puerta trasera.CATProduct*, con sus piezas explosionadas [Figura 164](#), con las restricciones impuestas a todas sus piezas [Figura 165](#) y finalmente la [Figura 166](#) que es una comparativa de la realidad.

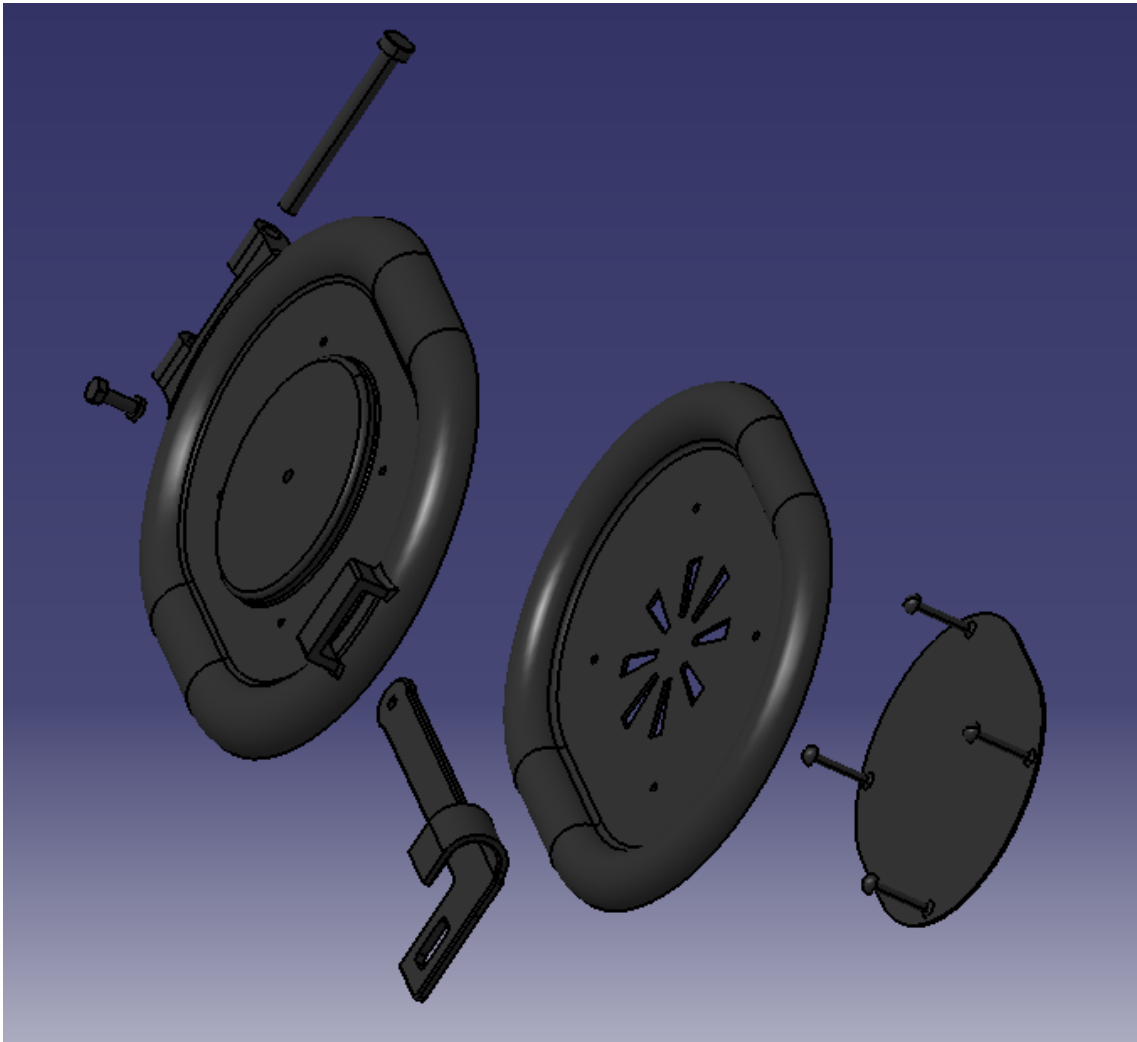


Figura 164. Conjunto puerta trasera explosionado

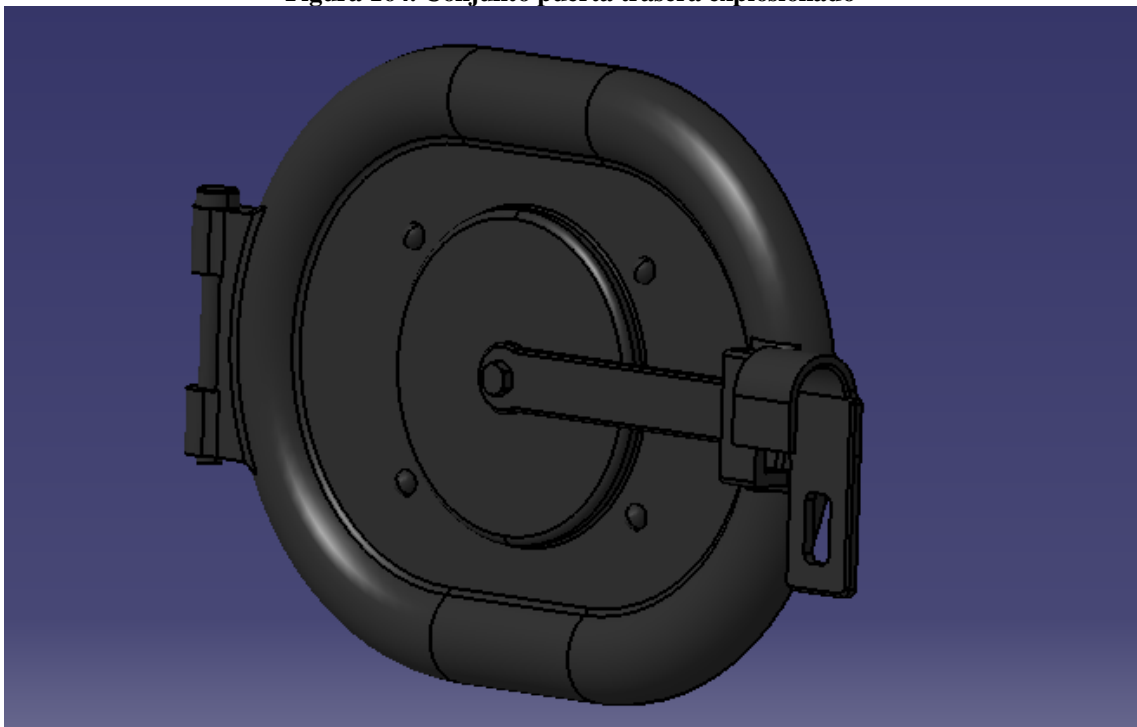


Figura 165. Conjunto puerta trasera con restricciones



Figura 166. Conjunto puerta trasera real

CONJUNTO L GRIFO DESAGÜE (ÍNDICE DE CONJUNTOS)

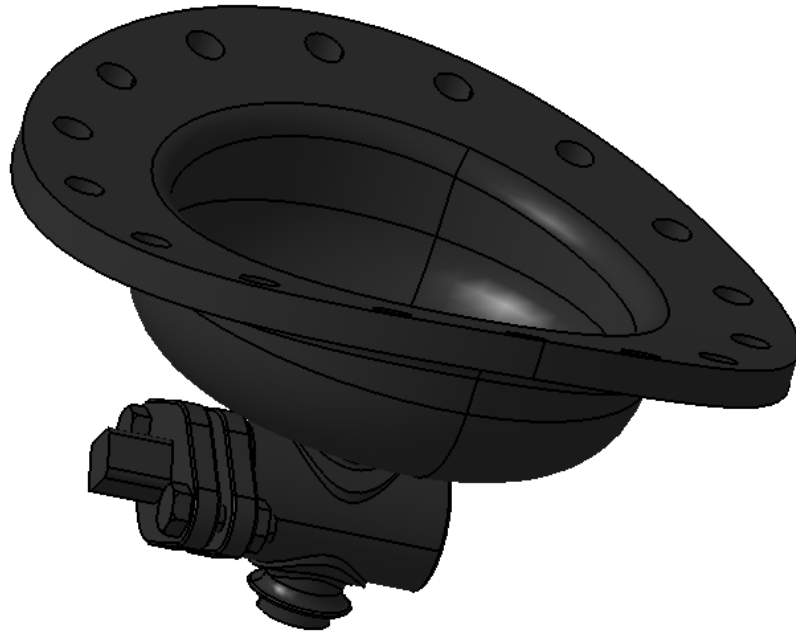


Figura 167. Conjunto grifo desagüe

Como ya se indicó con anterioridad el cuerpo central de la máquina que estamos desarrollando en el presente documento tiene como característica funcional la misión de almacenamiento de agua y vapor a gran presión. Es por ello que resulta necesario por razones de mantenimiento establecer un dispositivo para controlar el vaciado de esta estructura de forma controlada, y a su vez, que durante el funcionamiento sea capaz de resistir las condiciones operativas necesarias.

Se crea por tanto el conjunto *Grifo_desague.CATProduct* que consta de un conjunto de piezas ubicada en la parte inferior del cuerpo central, y que consiste principalmente en un sistema de desalojo de agua (grifo) capaz de soportar grandes presiones.

La primera pieza que se va a modelar será el punto de enlace entre el cuerpo central y el grifo de desagüe, la cuál se denominará *base_grifo_desague.CATPart* la cuál irá remachada herméticamente en la parte inferior del *cuerpo_central.CATPart*.

Geométricamente esta pieza tiene una forma compleja ya que debe adaptarse con una forma elíptica al contorno de sección cilíndrica del cuerpo central. A su vez el remachado tiene una complicación añadida ya que debe dimensionalmente hablando ajustarse perfectamente en ambas piezas para su posterior ensamblaje.

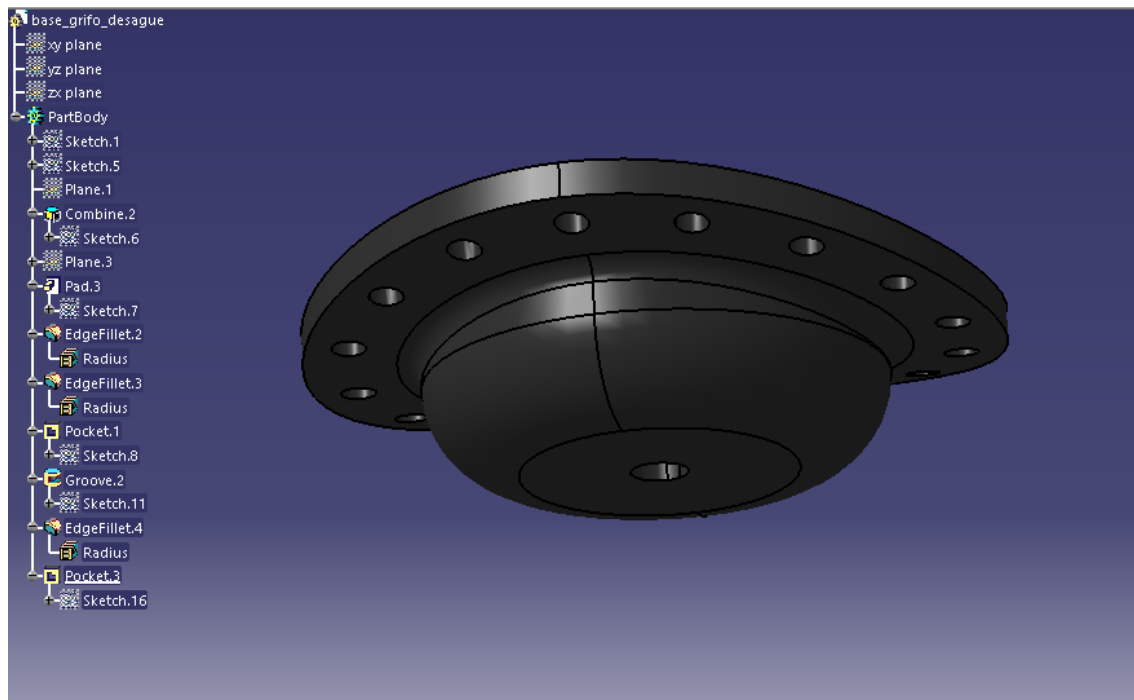


Figura 168. Base grifo desagüe

A continuación, se procederá a modelar y representar la parte correspondiente al grifo del conjunto, al que denominaremos *grifo.CATPart*.

Este grifo representado en la [Figura 169](#) irá atornillado a la parte inferior de la *base_grifo_desague.CATPart* y dispondrá del mecanismo necesario para la apertura y cierre del caudal de agua.

Geométricamente es una pieza muy compleja que dispone de una entrada superior de agua de sección circular, que a su vez va atornillada. Este agujero de sección circular se intersecta con otro de sección con forma de rombo, dispuesto perpendicular al anterior.

Este último hueco ciego de sección en forma de rombo será el que al taponarlo cierre el paso del caudal del tubo circular.

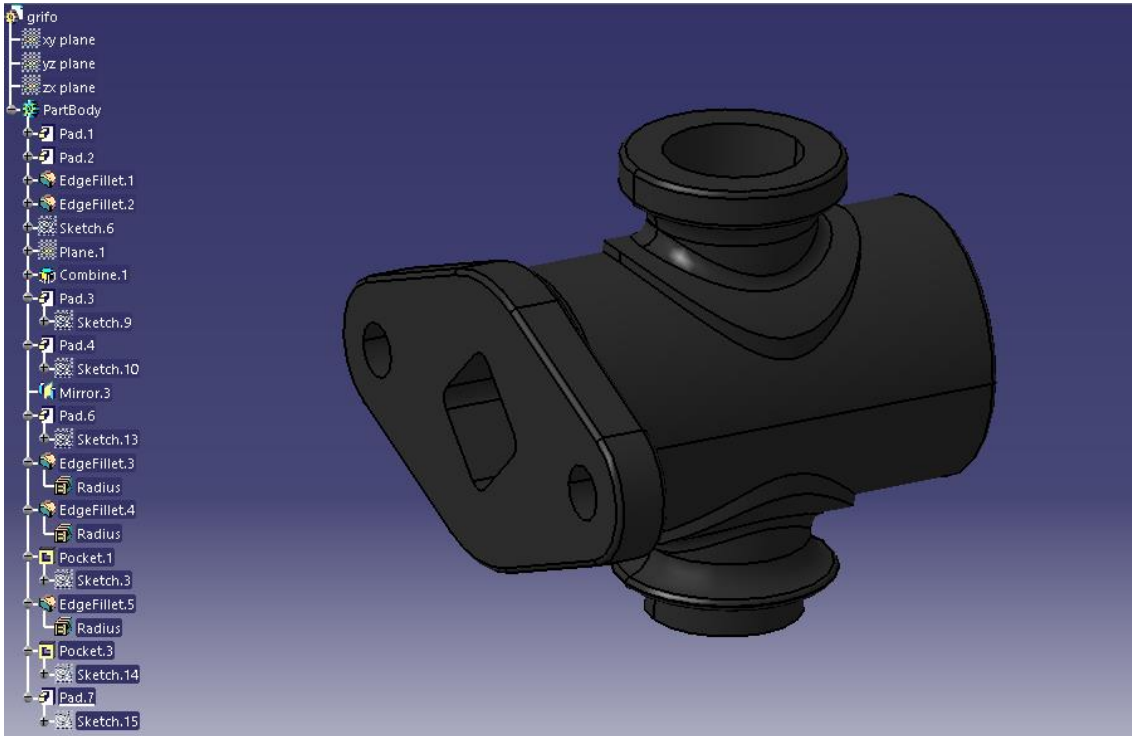


Figura 169. Grifo

Para entender mejor el funcionamiento de esta pieza bastante compleja se ha realizado un corte longitudinal para esclarecer el funcionamiento anteriormente expuesto.

En la *Figura 170* se puede observar como el hueco de entrada de caudal (pintado de azul) queda cerrado al taponar el hueco ciego de sección con forma de rombo (hueco rojo)

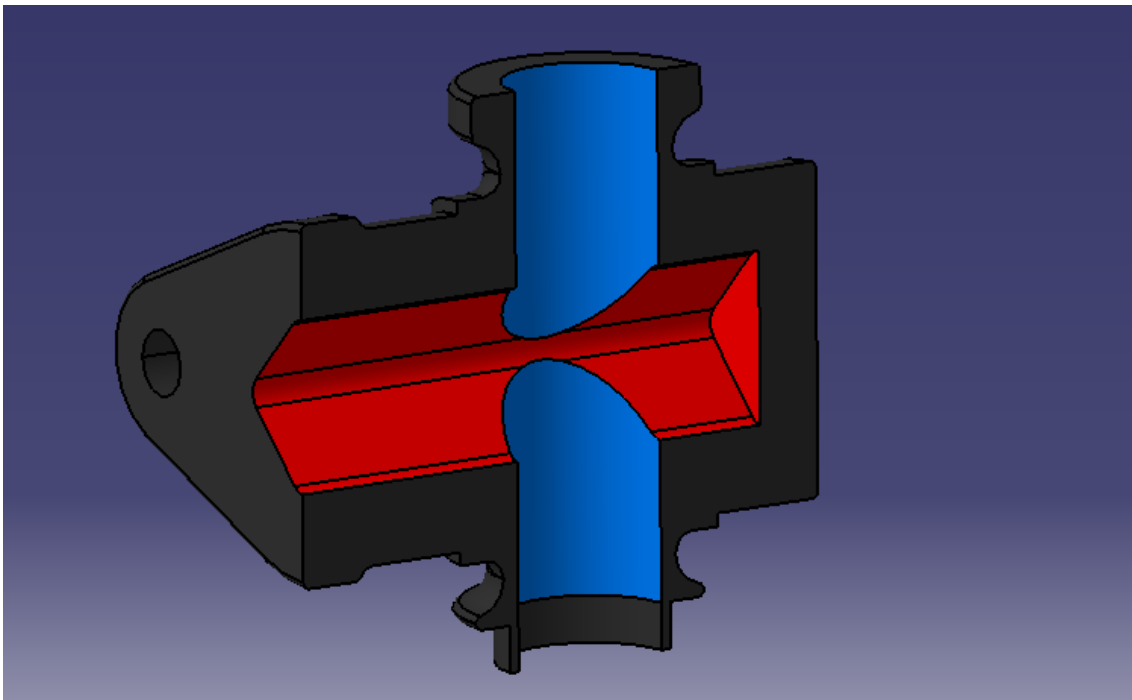


Figura 170. Corte explicativo de funcionamiento del grifo

Por último, se modelará la pieza que actúa como llave de paso y que encajará en el hueco con forma de rombo de la pieza anterior, a la cuál irá atornillada para soportar las condiciones de presión a las que se verá sometido el conjunto.

En la *Figura 171* se ha hecho la representación gráfica de esta pieza a la que se ha denominado *cierre_grifo.CATPart*

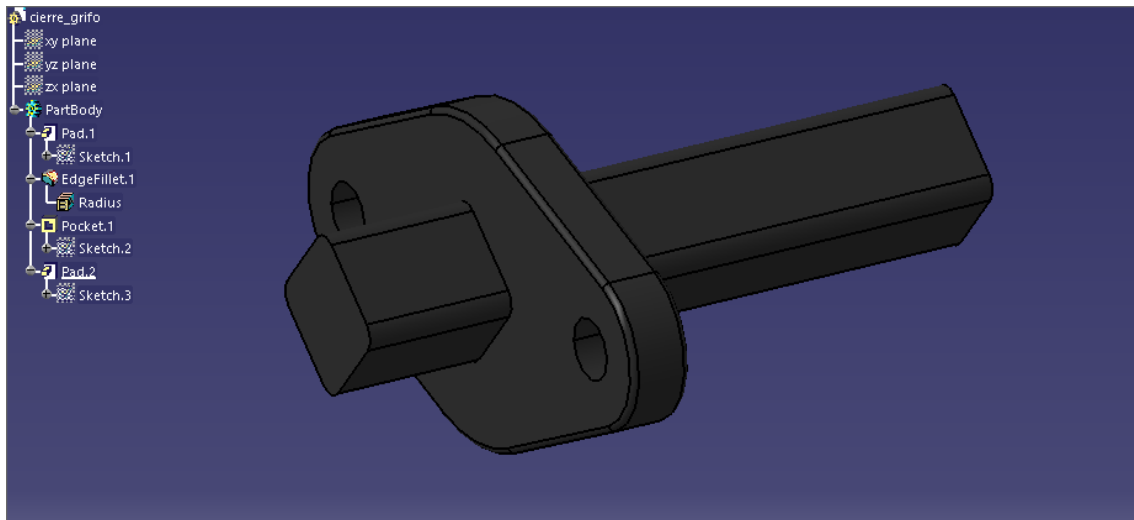


Figura 171. Cierre del grifo

En cuanto a los elementos de unión, en la *Tabla 14* se recogen todos aquellos empleados en la elaboración de este conjunto, así como las piezas entre las que se realiza la unión.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>grifo.CATPart</i>	<i>cierre_grifo.CATPart</i>	<i>tornillo_grifo.CATPart</i> <i>tuercaM12.CATPart</i>

Tabla 14. Elemento de unión del conjunto grifo desagüe

Por último, se representará como es costumbre tres imágenes, *Figura 172, 174 y 175* donde se apreciará el conjunto *Grifo_desague.CATProduct* con sus piezas explosionadas, con todas las restricciones impuestas, y finalmente el objeto modelado en la realidad, respectivamente.

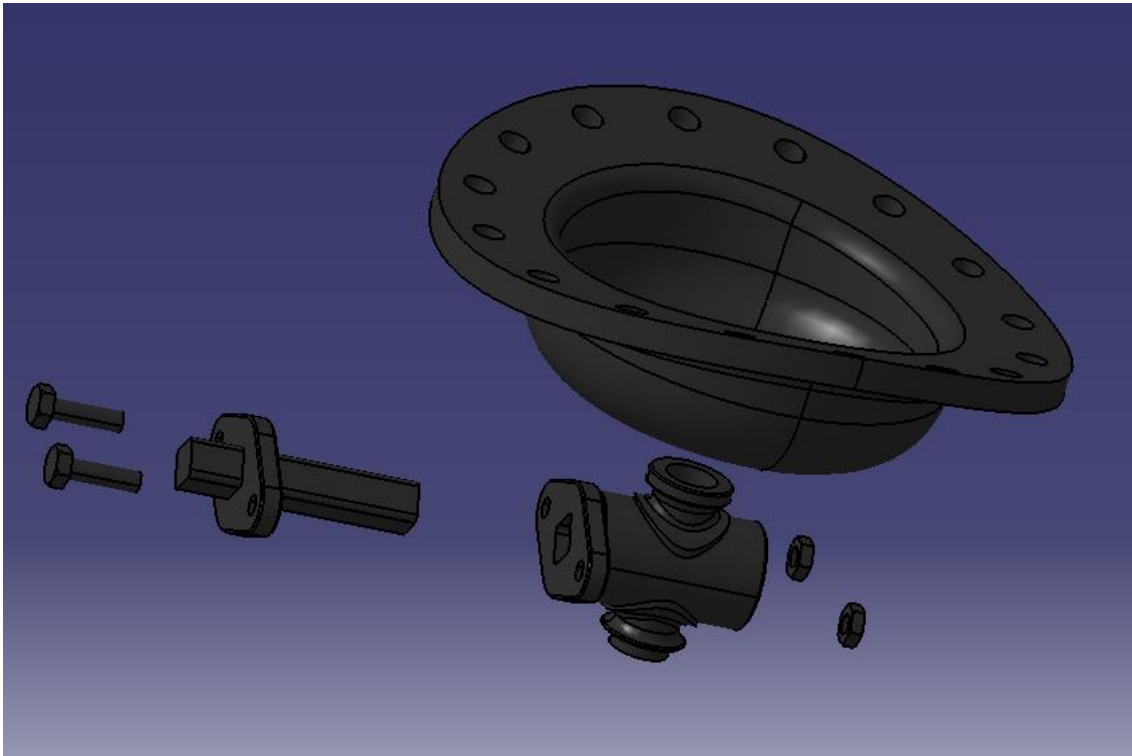


Figura 172. Conjunto grifo desagüe explosionado

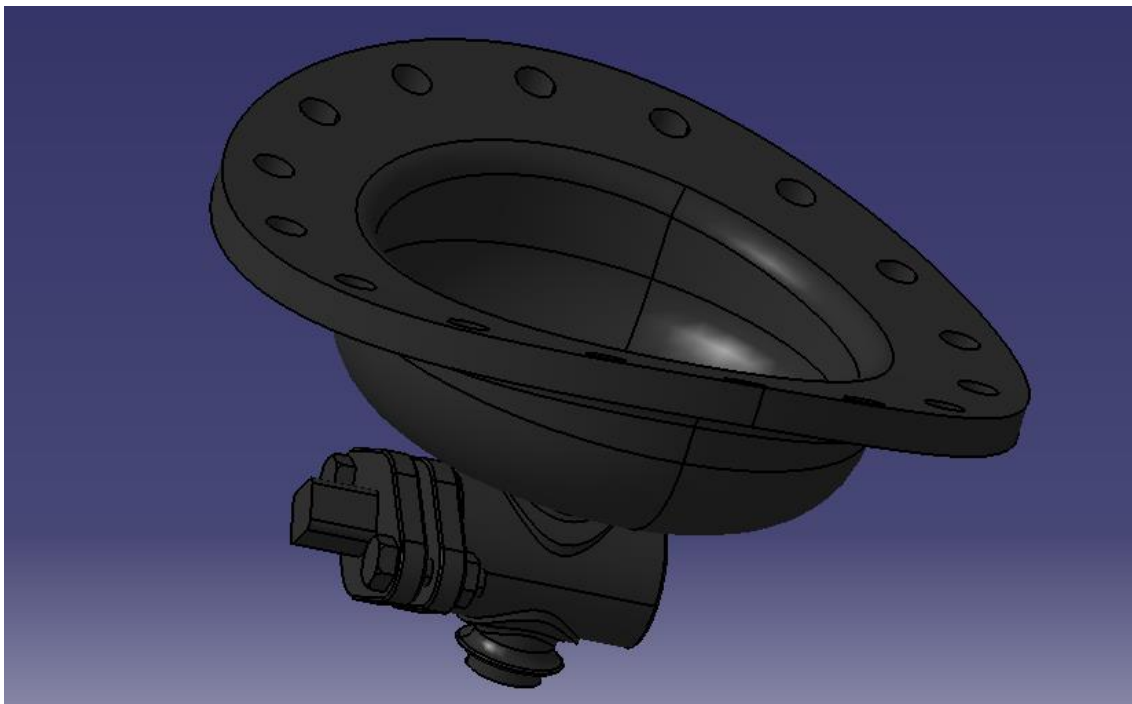


Figura 173. Conjunto grifo desagüe con restricciones



Figura 174. conjunto grifo desagüe real

CONJUNTO M CHIMENEA

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)



Figura 175. Conjunto chimenea

Tras el quemado de combustible en la caldera, los humos y el calor pasan a través de los tubos por el interior de la estructura hasta desembocar en el cuerpo delantero de la estructura. Dicho humo debemos alejarlo en la medida de lo posible del ser humano ya que además de complicar las tareas de trabajo durante el funcionamiento también puede llegar a ser perjudicial para la salud del operario.

Es aquí donde entra en juego el conjunto que se describirá en este apartado, y al que denominaremos *chimenea.CATProduct*.

El humo que ha llegado al cuerpo delantero se reconduce a través de una cavidad superior en dicha estructura y va a parar a la chimenea, que no, es más, que un cilindro hueco de gran longitud dispuesto verticalmente por donde el humo circula hasta salir al exterior en una cota relativamente alta evitando así que el operario lo respire.

Empezaremos describiendo dos piezas similares, aunque con longitudes diferentes y que constituyen lo que podemos denominar la parte estructural más importante de este conjunto.

Estas piezas se denominan *chimenea_parte_inferior.CATPart* y *chimenea_parte_superior.CATPart* y se representan en las [Figuras 176 y 177](#)

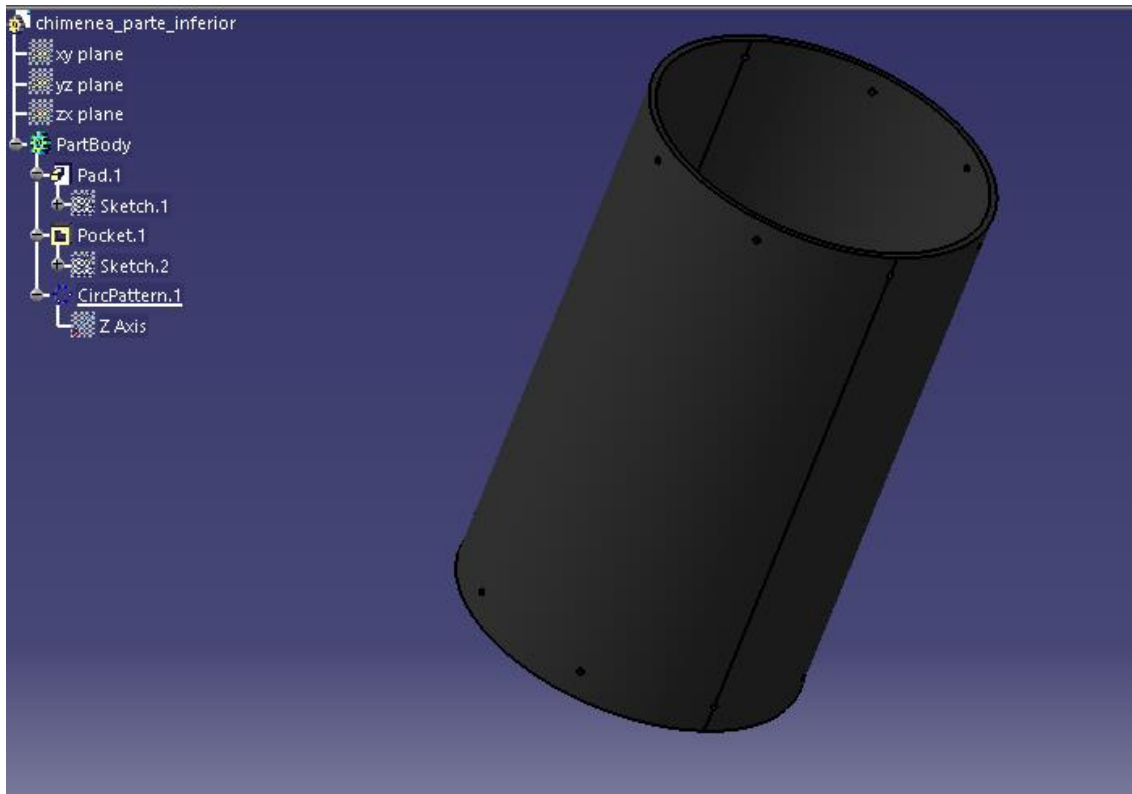


Figura 176. Chimenea parte inferior

Geoméricamente son tubos huecos de sección circular en cuyos extremos se disponen pequeños agujeros para anclarnos con una unión atornillada.



Figura 177. Chimenea parte superior

Este tubo de grandes dimensiones se ha dividido en dos partes entre las cuales se colocará una bisagra, por motivos de comodidad en el transporte y mantenimiento, ya que, de esta forma podemos plegar el tubo en torno a la bisagra y así facilitar el

transporte de la máquina, así como su almacenaje reduciendo las dimensiones globales de la estructura.

Se modelarán por tanto las dos partes que componen la bisagra a las cuales denominaremos *abrazadera1_chimenea.CATPart* y *abrazadera2_chimenea.CATPart* las cuales se representan en las [Figuras 178 y 179](#)

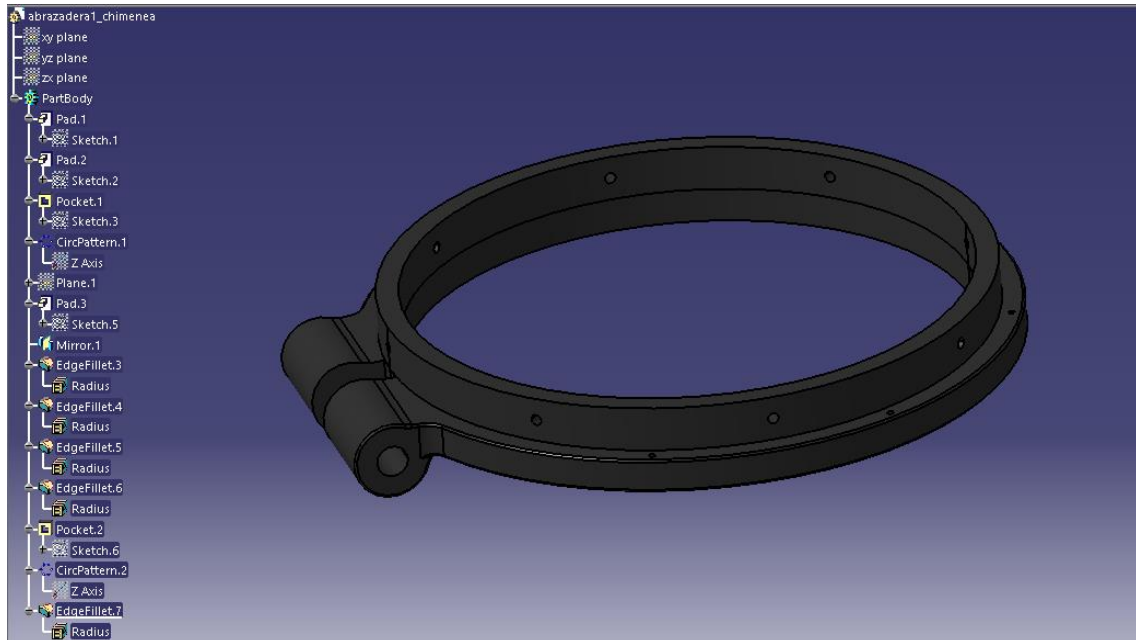


Figura 178. Abrazadera 1 Chimenea

Estas piezas irán atornilladas cada una al tubo correspondiente a través de una unión tornillo-tuerca, y a su vez entre ellas también estarán atornilladas para evitar que la chimenea se pliegue durante el funcionamiento de la máquina.

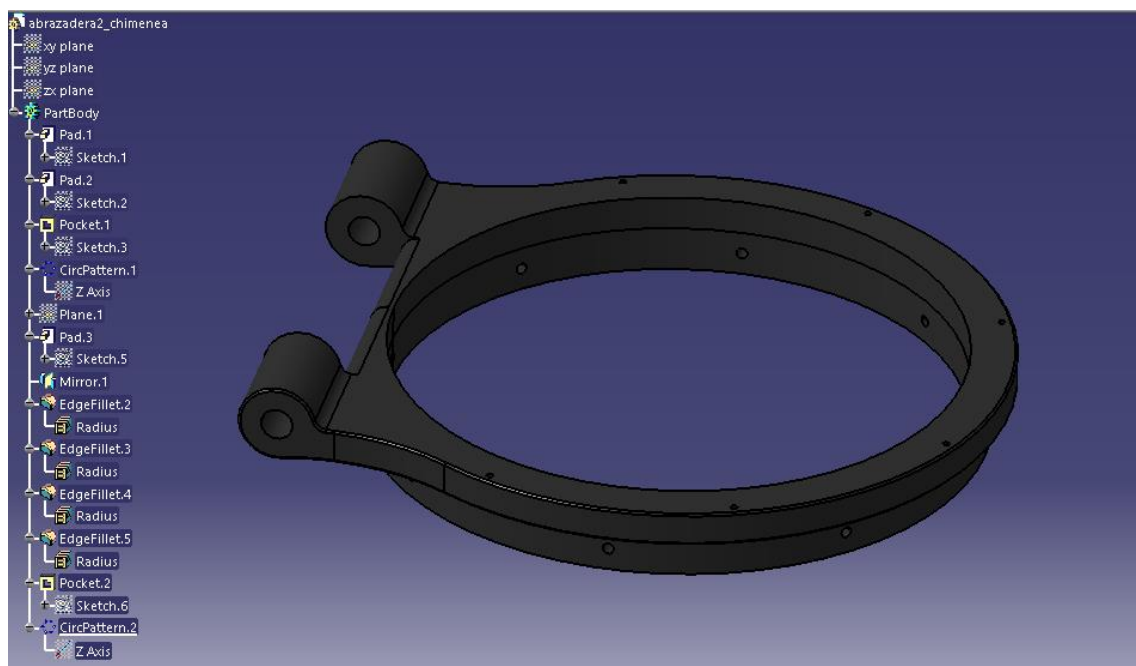


Figura 179. Abrazadera 2 Chimenea

A continuación, se representará la pieza *eje_abrazadera_chimenea.CATPart* el cuál se representará en la *Figura 180* y se

Esta pieza servirá como punto de enlace entre ambas abrazadera o partes de la bisagra y sobre la cuál rotarán los elementos de la chimenea.



Figura 180. Eje abrazadera Chimenea

A continuación, en la *Tabla 15* se detallan los elementos de unión empleados en el conjunto anterior junto con las piezas que fijan.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>abrazadera1_chimenea.CATPart</i>	<i>chimenea_parte_superior.CATPart</i>	<i>tornillo_chimenea.CATPart</i> <i>tuercaM6_chimenea.CATPart</i>
<i>abrazadera1_chimenea.CATPart</i>	<i>abrazadera2_chimenea.CATPart</i>	<i>remache_abrazadera_chimenea.CATPart</i>
<i>abrazadera2_chimenea.CATPart</i>	<i>chimenea_parte_inferior.CATPart</i>	<i>tornillo_chimenea.CATPart</i> <i>tuercaM6_chimenea.CATPart</i>
<i>chimenea_parte_inferior.CATPart</i>	<i>base_chimenea.CATPart</i>	<i>tornillo_base_chimenea.CATPart</i> <i>tuercaM6_chimenea.CATPart</i>

Tabla 15. Elementos de unión del conjunto chimenea

Finalmente, una vez representadas todas las piezas que forman este conjunto se procederá a representar la correspondiente chimenea.*CATProduct*.

En la *Figura 181* encontramos el conjunto con sus piezas explosionadas, en la *Figura 182* podemos ver el conjunto con todas las restricciones impuestas, mientras que en la *Figura 183* se observa el conjunto en la realidad.



Figura 181. Conjunto chimenea explosionado

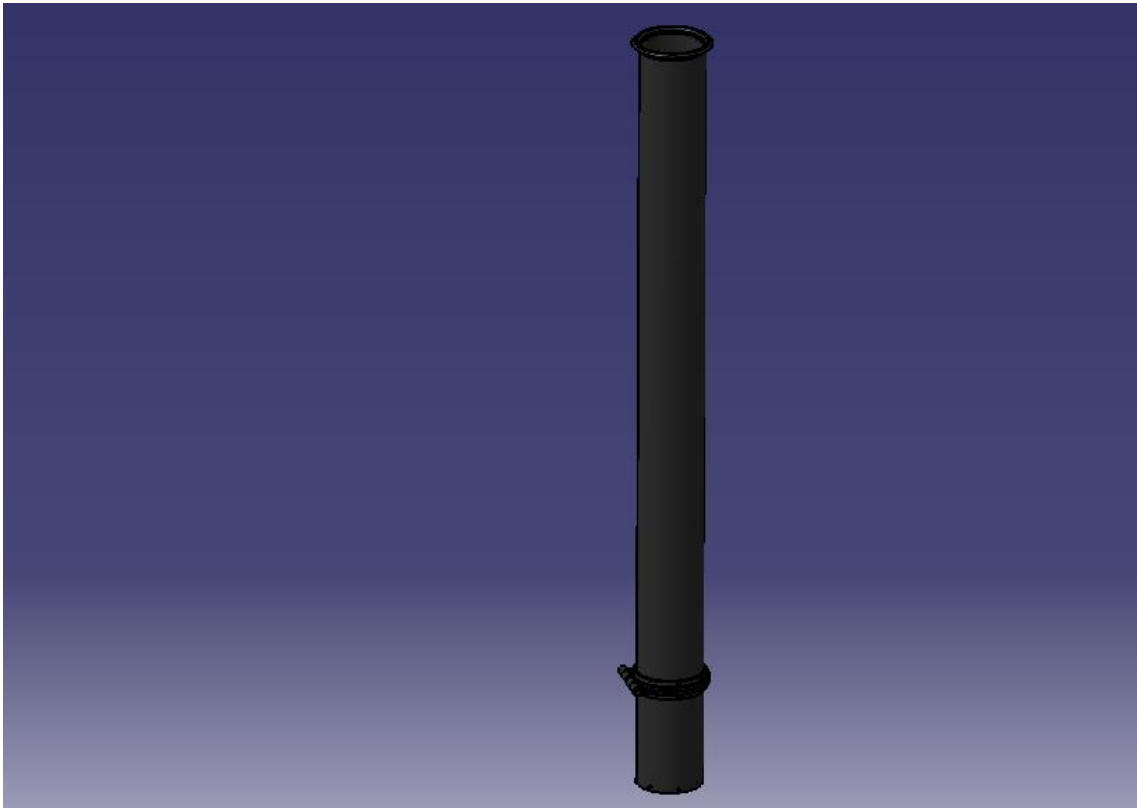


Figura 182. Conjunto Chimenea con restricciones



Figura 183. conjunto Chimenea real

CONJUNTO N FRENO TRASERO

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)



Figura 184. Conjunto freno trasero

Como ya se ha indicado esta máquina, aunque no es autopropulsada tiene la capacidad de moverse de un lugar a otro. A pesar de ello, durante su funcionamiento el bloque global deberá permanecer en reposo, para lo cuál necesitamos asegurarnos de que la estructura general no deslice gracias a sus ruedas, en suelos con cierta pendiente.

Es por ello por lo que se hace necesario un sistema de frenado que ancle las ruedas evitando así el movimiento de la máquina.

Este sistema se denominará *freno_trasero.CATProduct* e irá ubicado en el cuerpo trasero de la estructura, fijando a través de un mecanismo manual las ruedas traseras.

La primera pieza que modelaremos será el eje sobre el que se sustenta toda la estructura de este conjunto, *eje_freno.CATPart* y vendrá representada en la [Figura 185](#)

Geoméricamente comprobamos que esta pieza está formada por un largo cilindro de sección circular en cuyos extremos la sección es cuadrada con el objetivo de poder transmitir el movimiento a cada uno de los brazos del freno sin que deslicen sobre el eje.

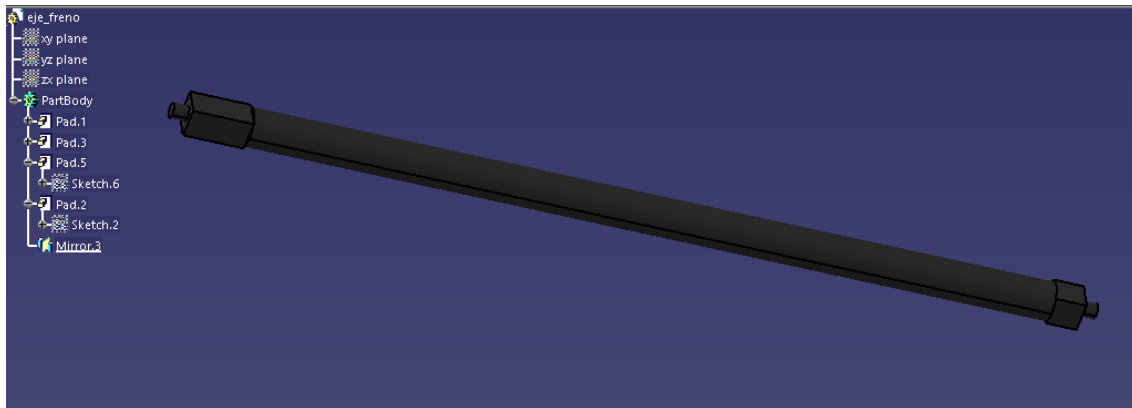


Figura 185. Eje freno

A continuación, se describe la pieza *union_freno_trasera.CATPart* la cual viene representada en la [Figura 186](#)

Este elemento sirve como punto de fijación entre el freno trasero y el cuerpo trasero de la estructura, la cuál se hará a través de una unión soldada

Cabe mencionar que esta pieza en el conjunto final se empleará dos veces, una a cada lado del eje del freno.

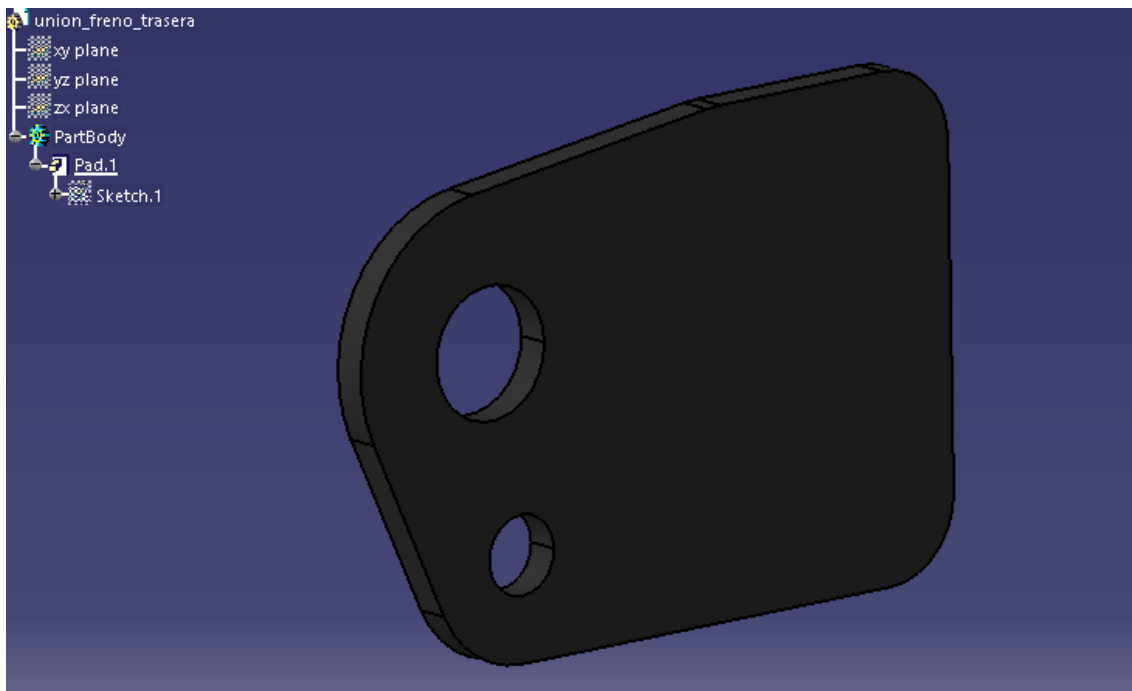


Figura 186. Unión freno trasera

A continuación, se modelarán dos de los elementos más complejos de este conjunto y que servirán como punto de enlace a multitud de elementos.

Estas piezas se denominan *brazo_freno_derecha.CATPart* y *brazo_freno.CATPart* y se representarán gráficamente en la *Figuras 187 y 188* respectivamente.



Figura 187. Brazo freno derecha

Ambos brazos tienen la misión, tras un mecanismo de activación que se explicará más adelante, de presionar un trozo de madera contra la cubierta de la rueda y así impedir que ésta se mueva.

Este movimiento se transmite a través del eje con una sección cuadrada para evitar que el par de rotación transmitido al eje deslice.

Además, como observamos gráficamente, el *brazo_freno.CATPart* que se ubicará en la parte izquierda del cuerpo trasero tiene a su vez unido parte del dispositivo de activación del freno.



Figura 188. Brazo freno

El elemento que evitará directamente el movimiento de la rueda gracias al contacto por fricción será la *pastilla_freno.CATPart*, que viene representado en la [Figura 189](#)

Este elemento de madera, estará fijado a cada brazo explicado anteriormente a través de un enlace tornillo-tuerca de dimensiones adecuadas, y se adaptará perfectamente al contorno de la cubierta de la rueda.

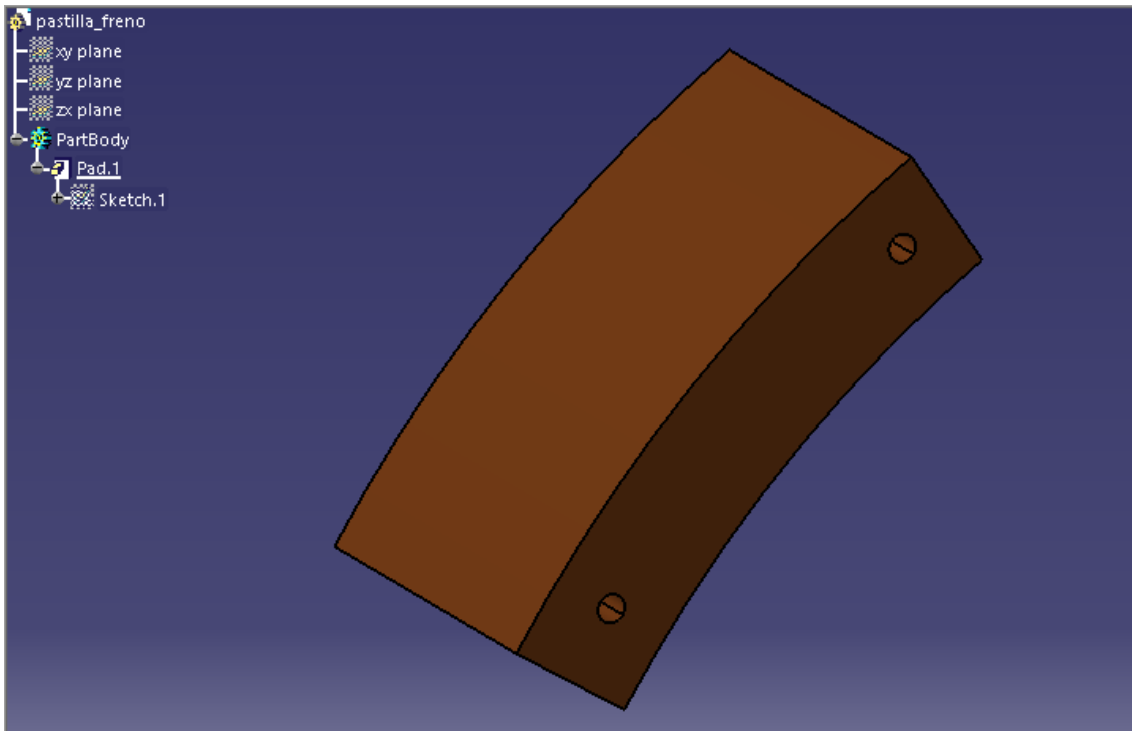


Figura 189. Pastilla freno

El siguiente elemento que definiremos será *eje_brazo.CATPart* y que estará ubicado en el extremo del *brazo_freno.CATPart*, sobre el cuál rotará

Gráficamente se representa en la [Figura 190](#) y debemos tener en cuenta, aunque no esté representado que el agujero central se encuentra roscado con un paso de rosca algo mayor que una rosca convencional. Esto se debe a que en este orificio se alojará el eje del volante del freno que será la base del mecanismo de activación de este dispositivo.

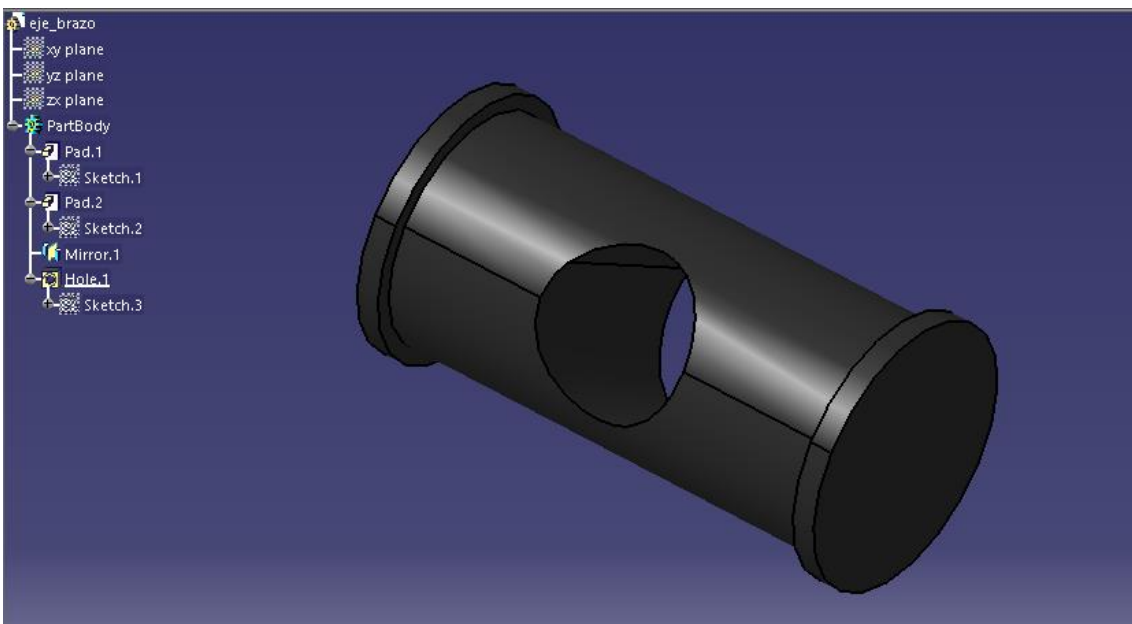


Figura 190. Eje brazo

Tal y como se ha indicado procedemos a modelar una pieza de geometría compleja y que será crucial en la activación del dispositivo de freno.

Se denominará *volante_freno.CATPart* el cuál se representará en la [Figura 191](#)

Consta de un dispositivo manual con forma de volante el cuál tras aplicar un par de rotación se roscará en torno al *eje_brazo.CATPart* y hará que los brazos avancen.

Además, en el otro extremo de la pieza se observa un dispositivo que irá fijado al cuerpo trasero y que permitirá la rotación del volante

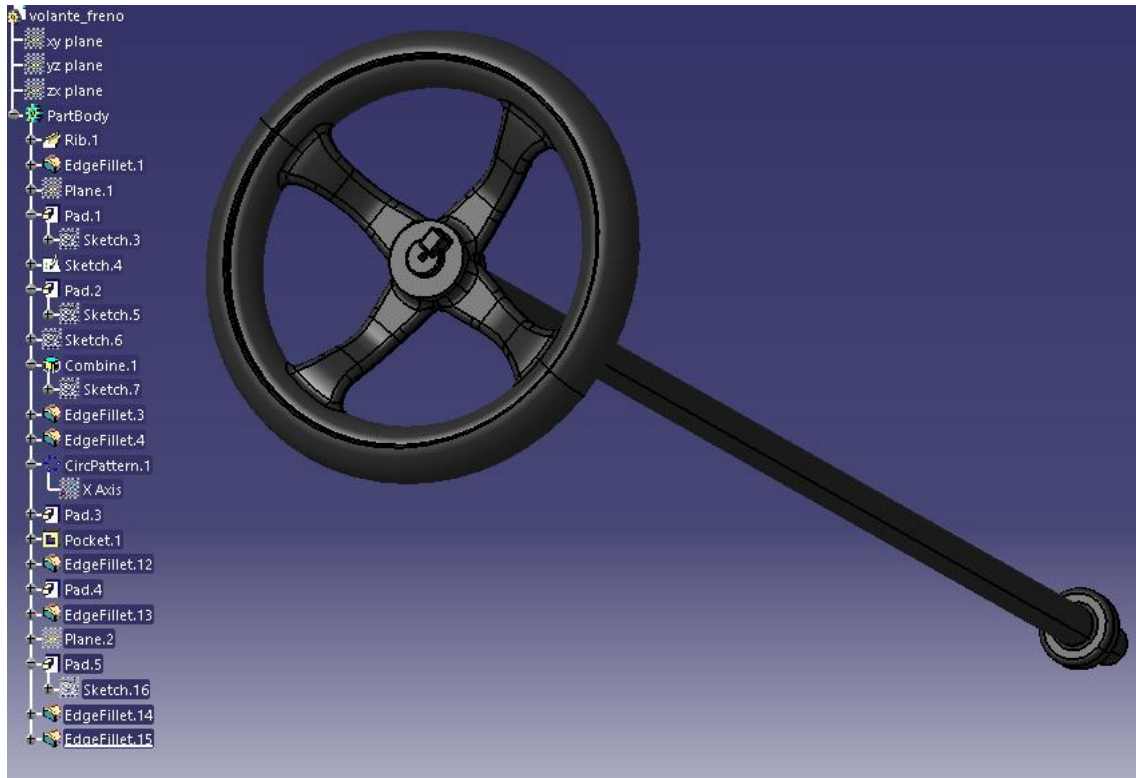


Figura 191. Volante freno

Finalmente, el último elemento que se describirá dentro de este conjunto será el enlace anteriormente especificado que unirá el volante con el cuerpo trasero de la estructura.

Este dispositivo al que denominaremos *enlace_volante_trasera.CATPart* se representa en la [Figura 192](#) y dispondrá de una unión remachada con la estructura y de un dispositivo a modo de bisagra que permitirá el grado de libertad de rotación del eje del volante.

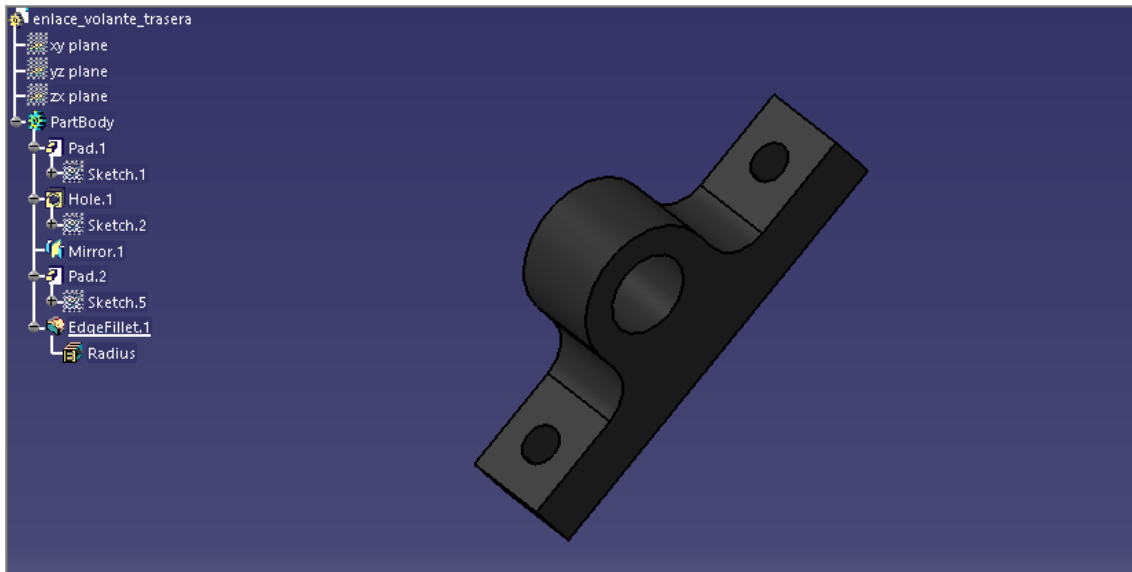


Figura 192. Enlace volante-trasera

Los elementos de unión empleados en este conjunto vendrán dados en la [Tabla 16](#) donde como siempre se especifica las piezas que se unen y el elemento de unión que realiza la fijación.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>brazo_freno.CATPart</i>	<i>eje_freno.CATPart</i>	<i>tuerca_eje.CATPart</i> <i>arandela_eje.CATPart</i>
<i>brazo_freno_derecha.CATPart</i>	<i>eje_freno.CATPart</i>	<i>tuerca_eje.CATPart</i> <i>arandela_eje.CATPart</i>
<i>brazo_freno.CATPart</i>	<i>pastilla_freno.CATPart</i>	<i>tornillo_freno.CATPart</i> <i>arandela_freno.CATPart</i>
<i>brazo_freno_derecha.CATPart</i>	<i>pastilla_freno.CATPart</i>	<i>tornillo_freno.CATPart</i> <i>arandela_freno.CATPart</i>
<i>volante_freno.CATPart</i>	<i>enlace_volante_trasera.CATPart</i>	<i>tuerca_volante.CATPart</i>

Tabla 16. Elementos de unión del conjunto freno trasero

Una vez descritos todos los elementos que componen el conjunto *freno_trasero.CATProduct* se procederá a representar en la [Figura 193](#) el conjunto con sus piezas explosionadas para una mejor visualización, en la [Figura 194](#) con las restricciones impuestas y finalmente [Figura 195](#) se representa el conjunto real para su comparación con el modelo desarrollado.

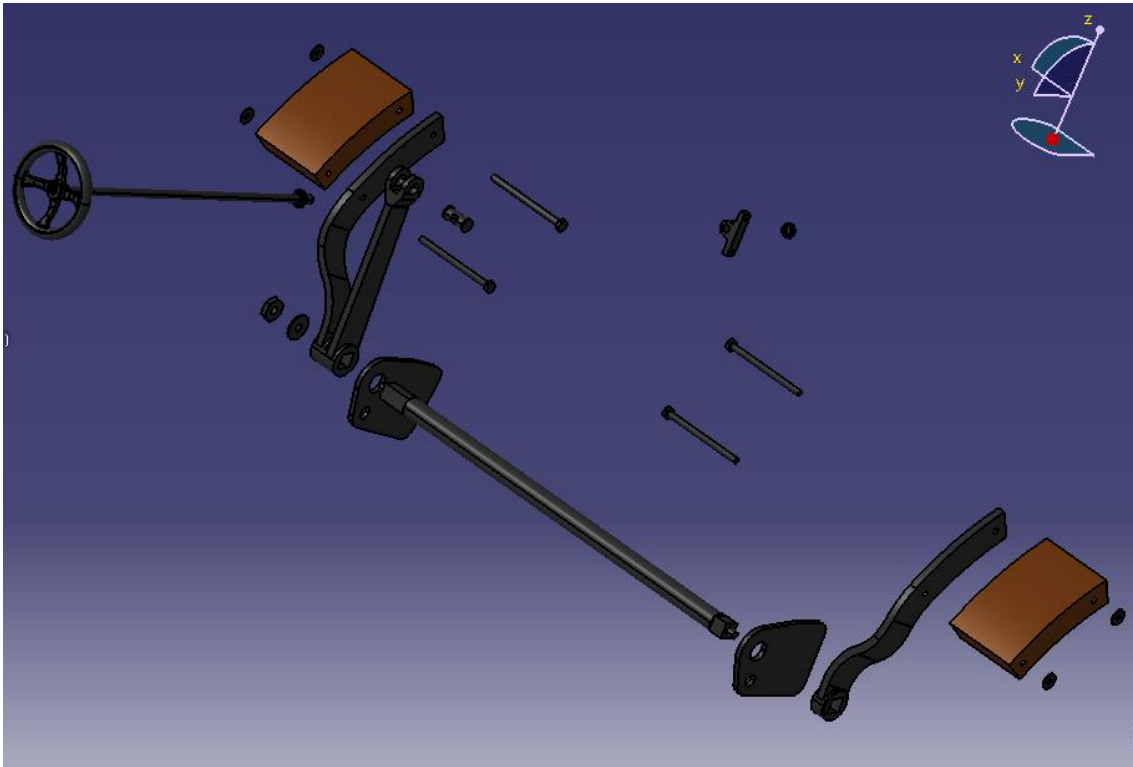


Figura 193. Conjunto freno trasero explosionado

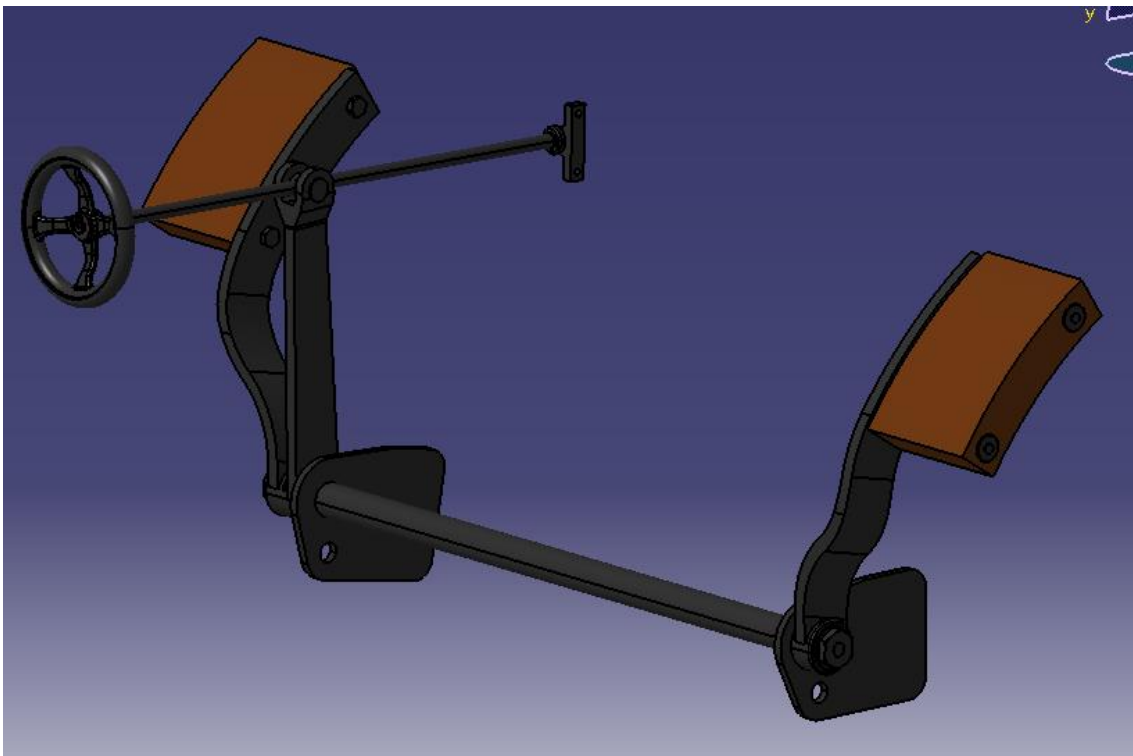


Figura 194. Conjunto freno trasero con restricciones



Figura 195. Conjunto freno trasero real

CONJUNTO O CIGÜEÑAL Y VOLANTE DE INERCIA (ÍNDICE DE CONJUNTOS)



Figura 196. Conjunto cigüeñal y volante de inercia

Un cigüeñal es un eje acodado, con codos y contrapesos, presente en ciertas máquinas que, aplicando el principio del mecanismo de biela-manivela, transforma el movimiento rectilíneo alternativo en circular uniforme y viceversa.

En la máquina de vapor del presente documento también encontramos este mecanismo al que denominaremos *Parte_superior_delantera.CATProduct*, dado que se encuentra ubicado en la parte superior delantera de la estructura, junto con el volante de inercia solidario al eje del cigüeñal y que explicaremos más adelante.

Las primeras piezas que definiremos de este conjunto serán los ejes del cigüeñal, en los cuales se irán colocando los diferentes elementos del conjunto.

Estas piezas vienen dadas por *eje_ciguenal.CATPart* y *eje_ciguenal2.CATPart* y se representarán en las [Figuras 197 y 198](#) respectivamente.

Como características geométricas encontramos un cilindro de sección circular en cuyos extremos la sección cambia a cuadrada. Esta característica junto con la pequeña elevación en puntos intermedios del eje tienen el objetivo de transmitir movimiento sin que la pieza unida gire alrededor del eje.

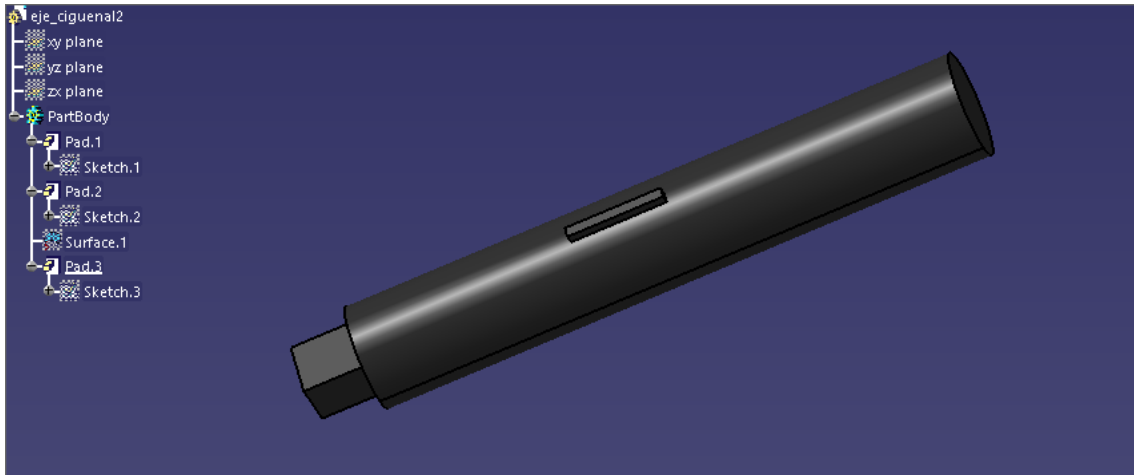


Figura 197. Eje cigüeñal2

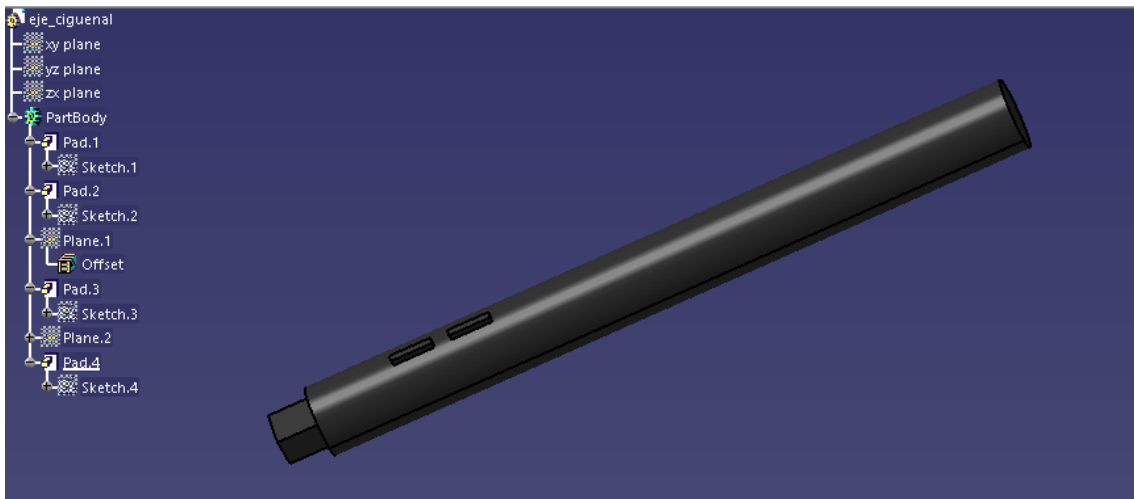


Figura 198. Eje cigüeñal

Otra de las partes que componen el cigüeñal será el brazo, que denominaremos brazo_ciguenal.CATPart

Éste es un elemento que se une al eje y genera varios codos con respecto a la línea media a 90 grados.

En la *Figura 199* se representa una de estas piezas en la que podemos observar que la sección de unión es de nuevo un hueco cuadrangular con el fin de transmitir el movimiento correctamente.



Figura 199. Brazo cigüeñal

A continuación, se modela la muñequilla del cigüeñal que se denomina *munequilla_ciguenal.CATPart* que se une a los brazos o codos y sirve como eje de la biela.

En la *Figura* se representa este elemento descrito

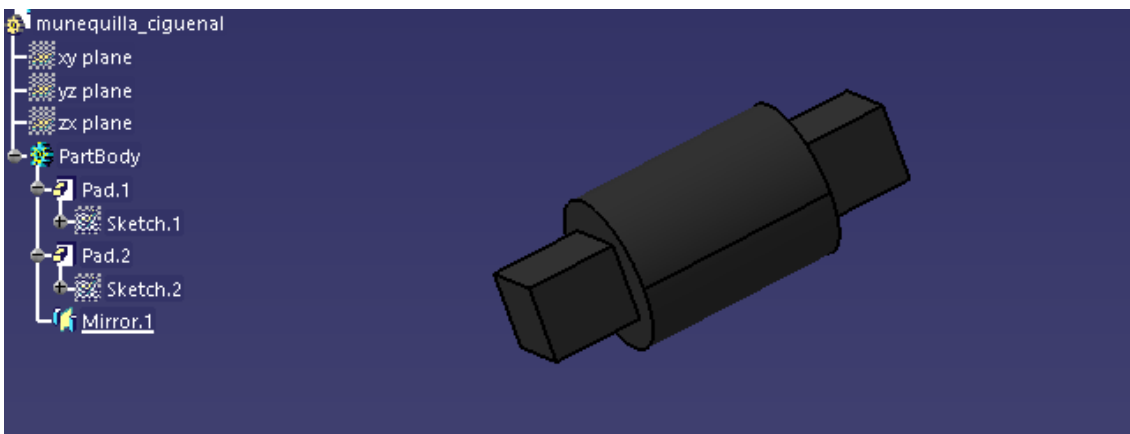


Figura 200. Muñequilla cigüeñal

Los elementos descritos constituyen el cigüeñal de la máquina que estamos modelando.

A continuación, se definen varios elementos con diferentes funcionalidades cuya característica común es que todos giran solidarios al eje del cigüeñal.

El primero de estos elementos es una pieza crucial en el funcionamiento de la máquina y se denomina volante de inercia, *volante_de_inercia.CATPart*.

Un volante de inercia o volante motor es un elemento totalmente pasivo que únicamente aporta al sistema una inercia adicional de modo que le permite almacenar energía cinética. Este volante continúa su movimiento por inercia cuando cesa el par motor que lo propulsa. De esta forma, el volante de inercia se opone a las aceleraciones bruscas en un movimiento rotativo. Así se consiguen reducir las fluctuaciones de velocidad angular. Es decir, se utiliza el volante para suavizar el flujo de energía entre una fuente de potencia y su carga.

Además, este elemento evita que el sistema se pare cuando el pistón y la biela están alineados.

En la [Figura 201](#) se muestra la representación gráfica de este elemento de grandes dimensiones.



Figura 201. Volante de inercia

La siguiente pieza que se definirá *base_correal.CATPart* y que se representa en la [Figura 202](#) también girará solidaria al eje del cigüeñal y su objetivo será transmitir a través de una correa el par del eje a un regulador de Watt, Elemento que se desarrollará más adelante.

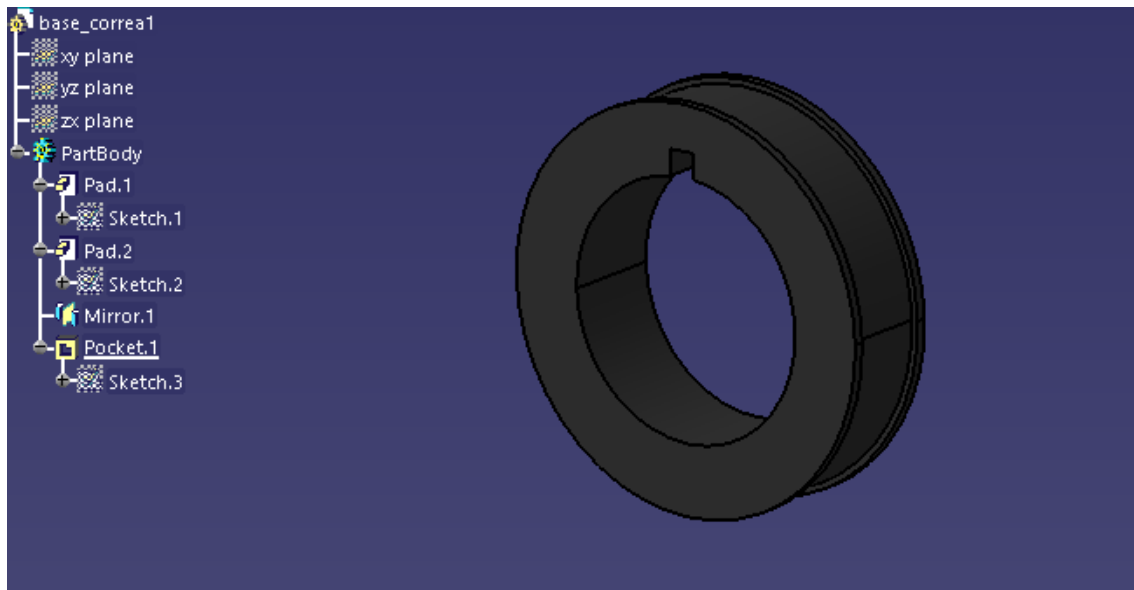


Figura 202. Base correa 1

La siguiente pieza que modelaremos será *abrazadera1_eje_principal.CATPart* y cuya característica principal radica en girar solidaria al eje, pero de manera descentrada, es decir el centro de gravedad de la pieza no coincide con su centro geométrico lo que da lugar a la conversión del par rotacional en un movimiento rectilíneo alternativo.

Esta pieza se representa geoméricamente en la [Figura 203](#)

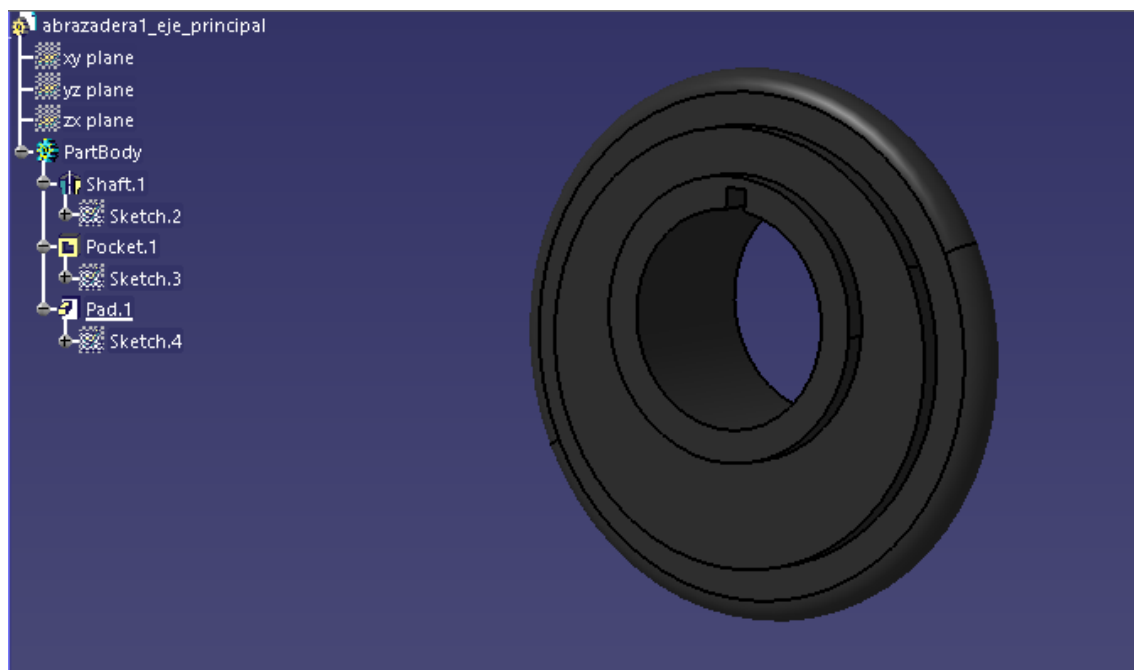


Figura 203. Abrazadera 1 eje principal

Finalmente, las últimas piezas que se representarán de este conjunto serán una variante de la anterior y se denominarán *abrazadera2_eje_principal.CATPart* y *abrazadera2_eje_principal4.CATPart* representadas en las [Figuras 204 y 205](#).

Esta diferencia con respecto a la anterior se introduce con motivos de montaje de la estructura y ajuste en el funcionamiento. La pieza *abrazadera2_eje_principal.CATPart* al tener dos agujeros como ejes, ambos descentrados, permite un ajuste del movimiento longitudinal alternativo que genera y que como veremos posteriormente servirá para mover la válvula de distribución de entrada de caudal dentro del pistón.

A su vez la pieza *abrazadera2_eje_principal4.CATPart* sirve para, una vez ajustada la anterior correctamente, fijarla al eje del cigüeñal a través de una unión tornillo-tuerca.

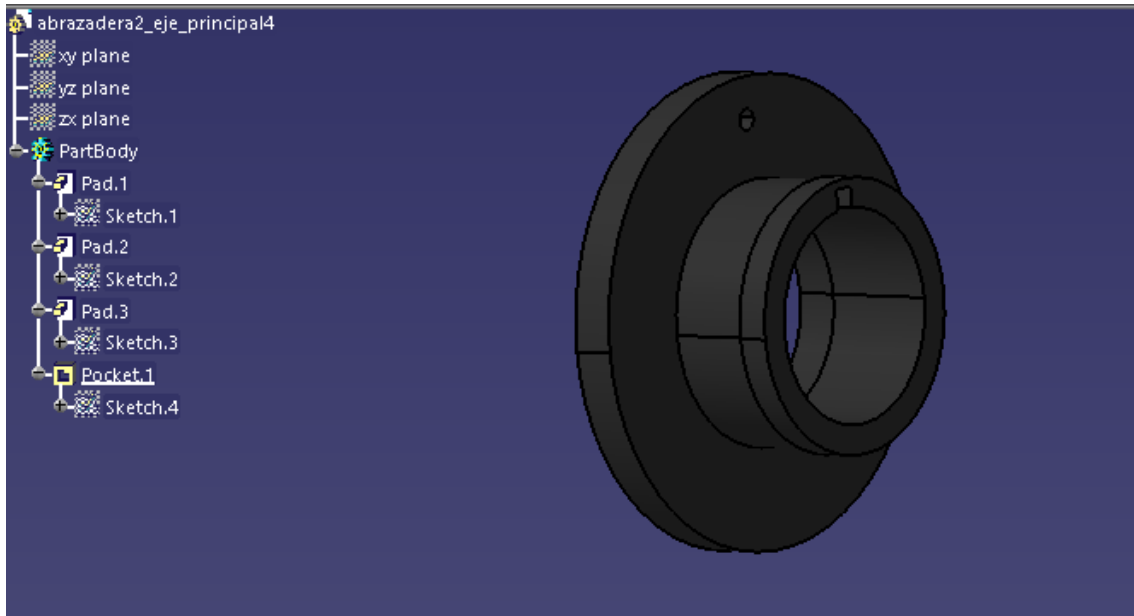


Figura 204. Abrazadera2 eje principal4

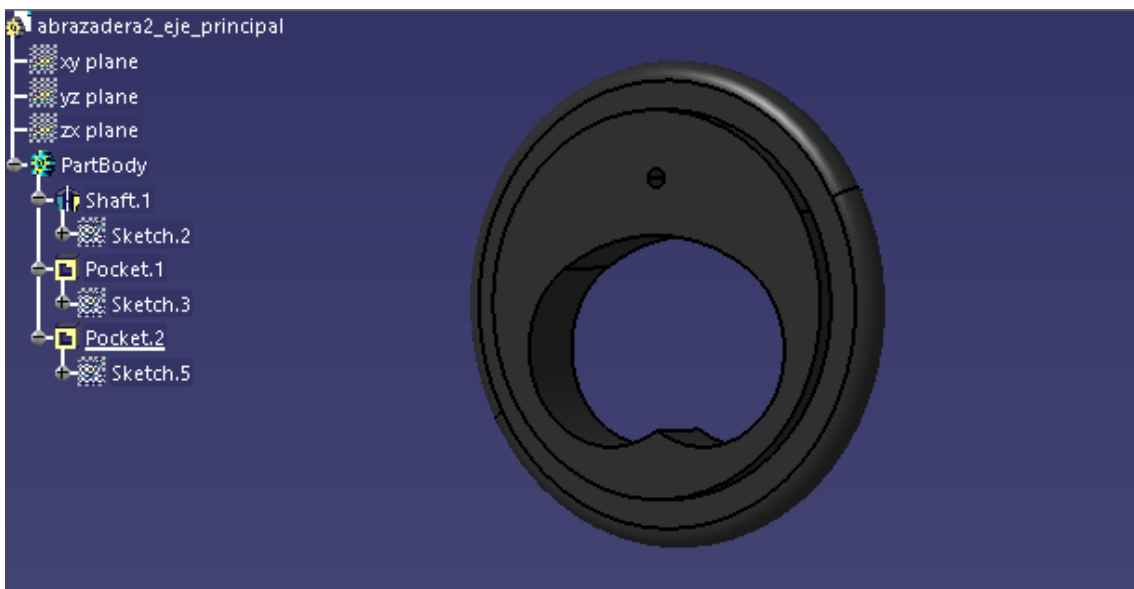


Figura 205. Abrazadera2 eje principal

En cuanto a los elementos de unión, en la [Tabla 17](#) se recogen todos aquellos empleados en la elaboración de este conjunto, así como las piezas entre las que se realiza la unión.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>abrazadera2_eje_principa</i> <i>l.CATPart</i>	<i>abrazadera2_eje_principal</i> <i>4.CATPart</i>	<i>tornillo_abrazadera_D10-</i> <i>M12.CATPart</i>
		<i>tuerca_abrazadera_M12.CAT</i> <i>Part</i>

Tabla 17. Elementos de unión del conjunto cigüeñal y volante de inercia

Por último, se representará como es costumbre tres imágenes, [Figura 206](#), [207](#) y [208](#) donde se apreciará el conjunto *Parte_superior_delantera.CATProduct* con sus piezas explosionadas, con todas las restricciones impuestas, y finalmente el objeto modelado en la realidad, respectivamente.

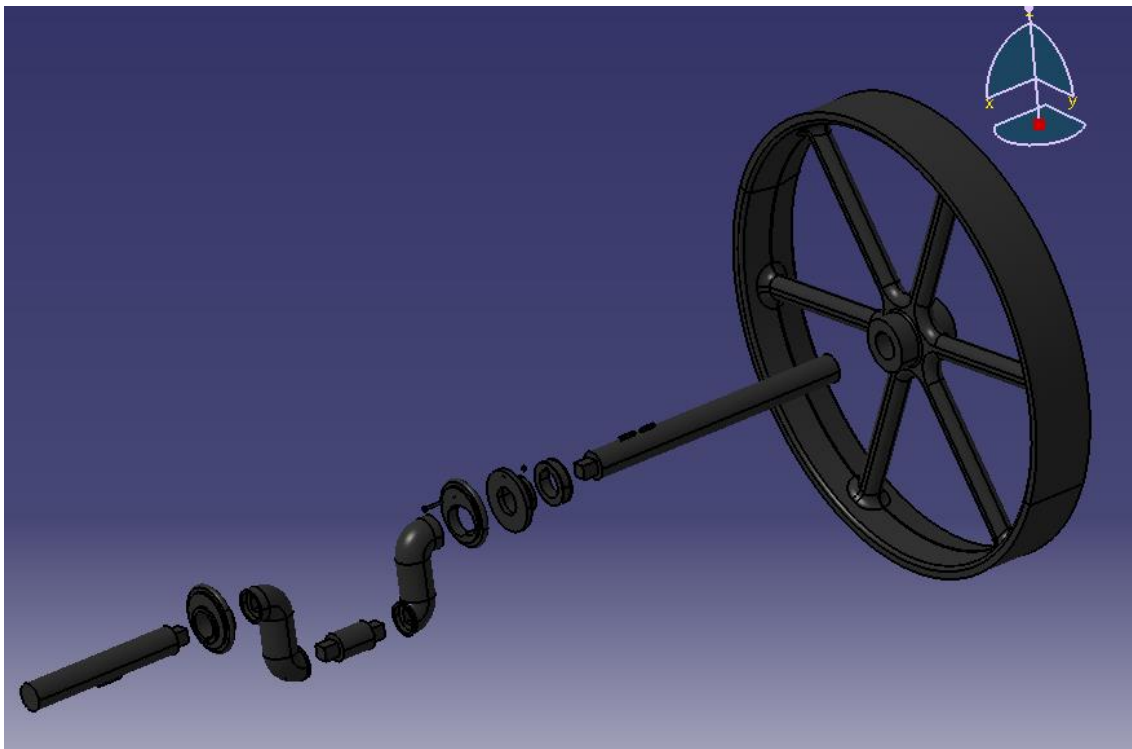


Figura 206. Conjunto cigüeñal y volante de inercia explosionado

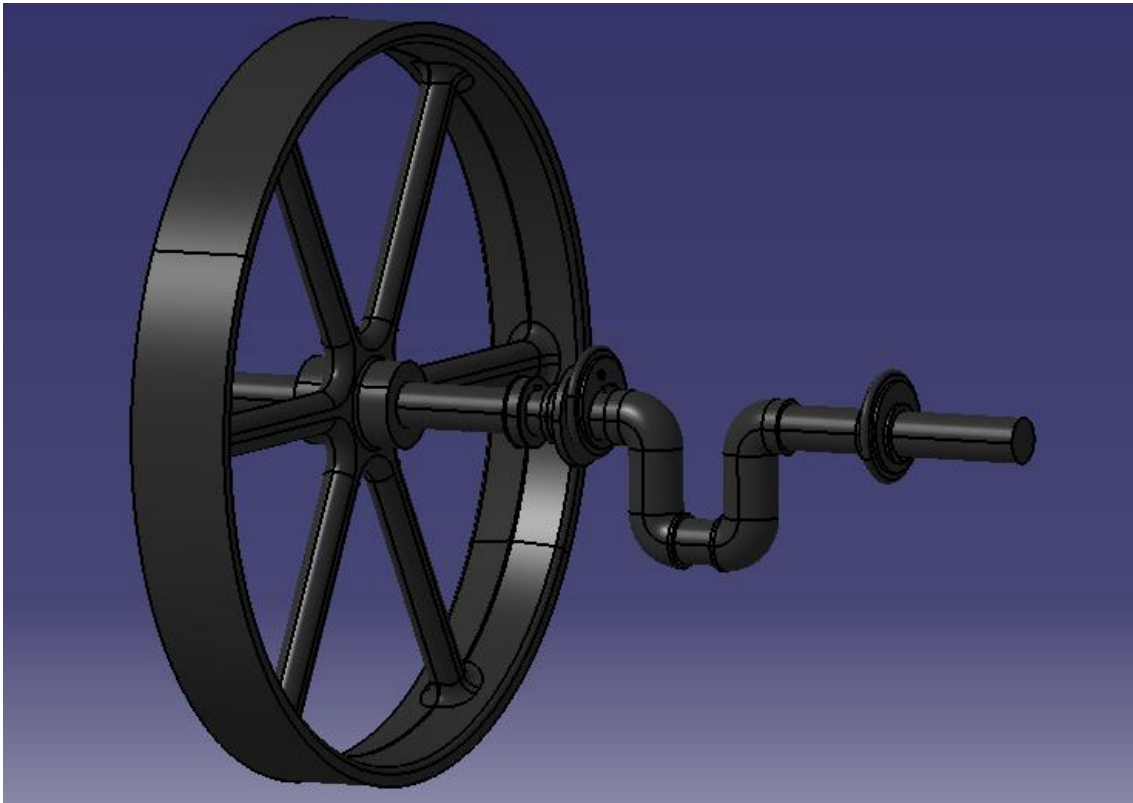


Figura 207. Conjunto cigüeñal y volante de inercia con restricciones



Figura 208. Conjunto cigüeñal y volante de inercia real

CONJUNTO P BIELA

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)



Figura 209. Conjunto biela

Siguiendo con los elementos que componen el funcionamiento de la máquina tenemos la Biela la cuál denominaremos *biela.CATProduct*.

Una biela es un elemento mecánico que, sometido a esfuerzos de tracción o compresión, transmite el movimiento articulando a otras partes de la máquina.

En este caso se transmite el movimiento rotacional del cigüeñal al pistón a través de la biela.

Este conjunto únicamente se compone de dos elementos que serán la propia biela [Figura 210](#) y un pequeño deposito que se llenará de aceite para facilitar la lubricación [Figura 211](#).

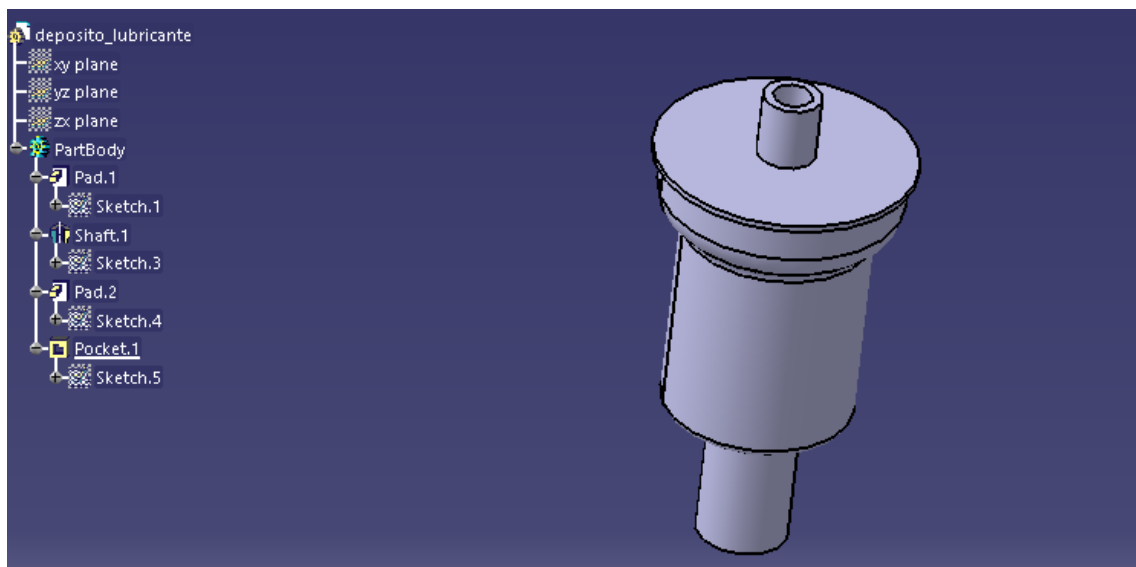


Figura 210. Depósito lubricante

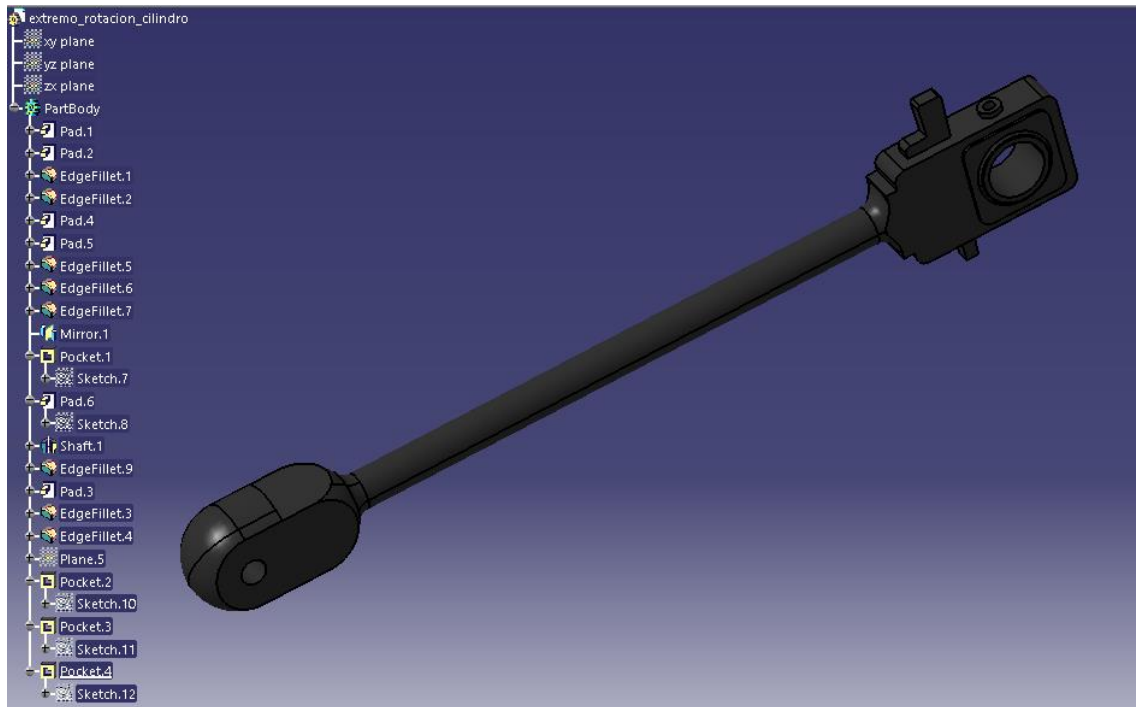


Figura 211. Extremo rotación cilindro

El conjunto en la realidad viene representado en la [Figura 212](#)



Figura 212. Conjunto biela real

CONJUNTO Q PISTÓN

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

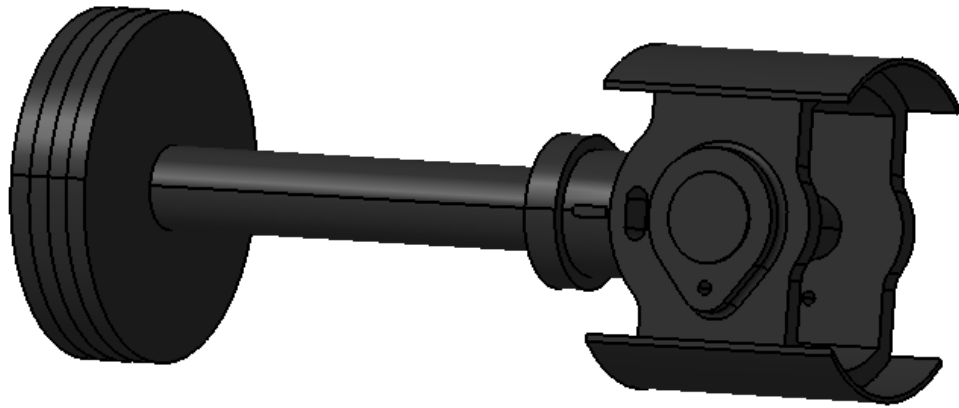


Figura 213. Conjunto Pistón

El pistón es el elemento final de la transformación del par rotacional generado en el cigüeñal en un movimiento rectilíneo alternativo.

El pistón, en este caso de doble efecto, se aloja en una cámara de sección circular y se mueve alternativamente en función de una entrada de vapor a alta presión

Consta de varios elementos los cuales definiremos a continuación:

El primero de estos elementos es el que sirve de enlace entre la biela y el propio pistón, y el cuál desliza alternativamente con un movimiento longitudinal sobre el cilindro.

En la [Figura 214](#) se representa esta pieza de enlace a la que hemos denominado `guia_cilindro2.CATPart`



Figura 214. Guía cilindro 2

La pieza de unión entre la biela anteriormente especificada y la guía del cilindro será un eje de sección circular que encajará en la pieza anterior, y que viene representado en la [Figura 215](#)

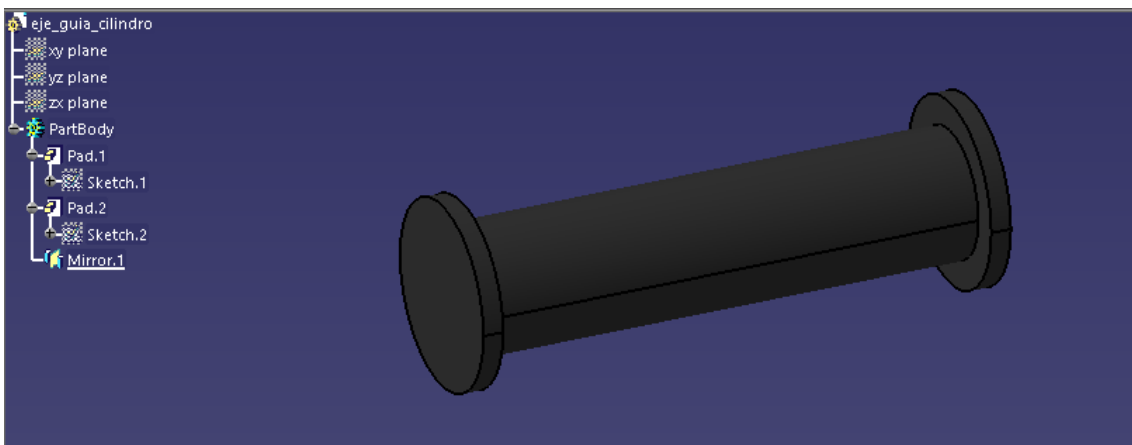


Figura 215. Eje guía cilindro

A continuación, se describirá el eje del pistón, que irá unido a la guía del cilindro a través de un tope el cuál fijará ambas piezas.

Este eje del pistón entrará dentro del cilindro y será el que generará el movimiento alternativo longitudinal.

Esta pieza denominada *eje_piston.CATPart* viene representada en la [Figura 216](#)

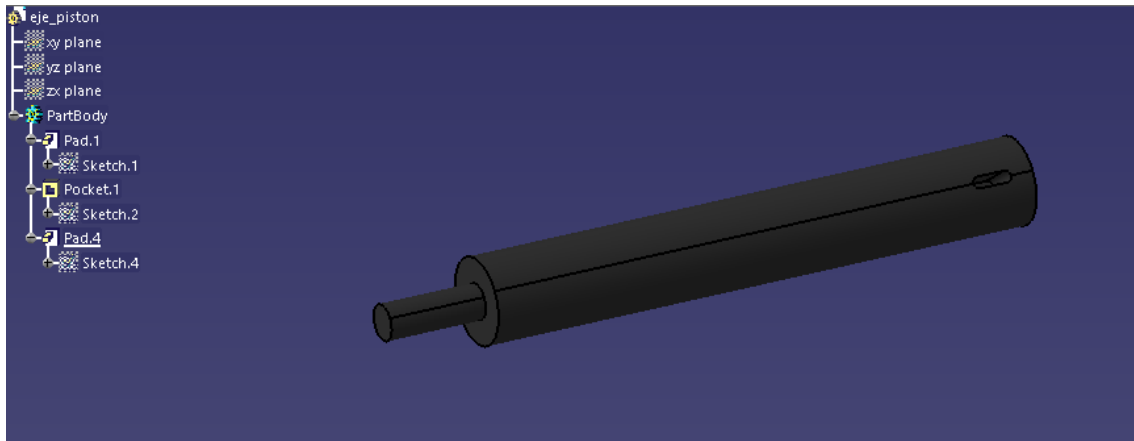


Figura 216. Eje pistón

A la pieza anteriormente descrita se unen varios discos de gran peso y resistencia que formarán la cabeza del pistón, los cuales se representan en la [Figura 217](#)

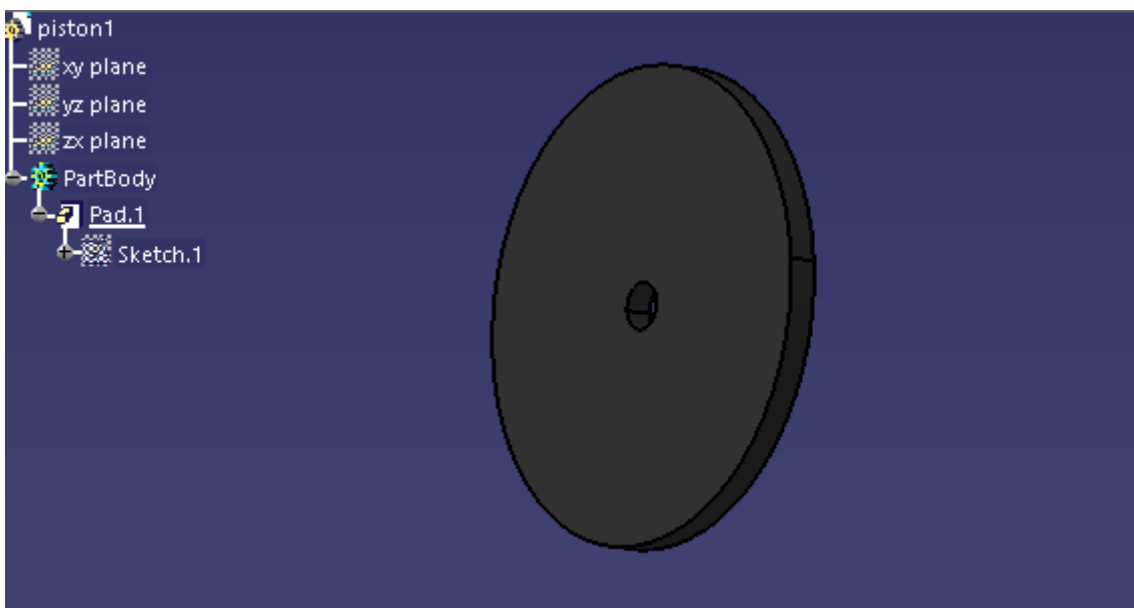


Figura 217. Pistón 1

Finalmente, una vez descritas los componentes estructurales que forman este conjunto se procederá como es costumbre a representar el *piston.CATProduct* con sus piezas explosionadas *Figura 218*, con todas las restricciones impuestas *Figura 219* y finalmente el conjunto en la realidad *Figura 220*

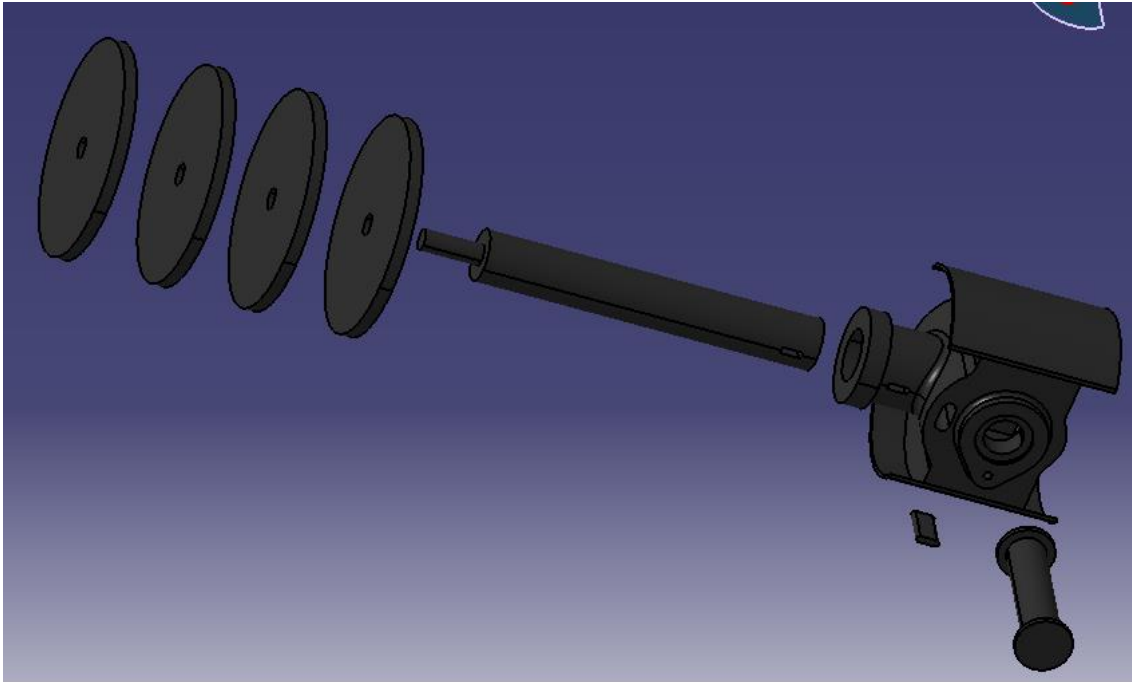


Figura 218. Pistón con las piezas explosionadas

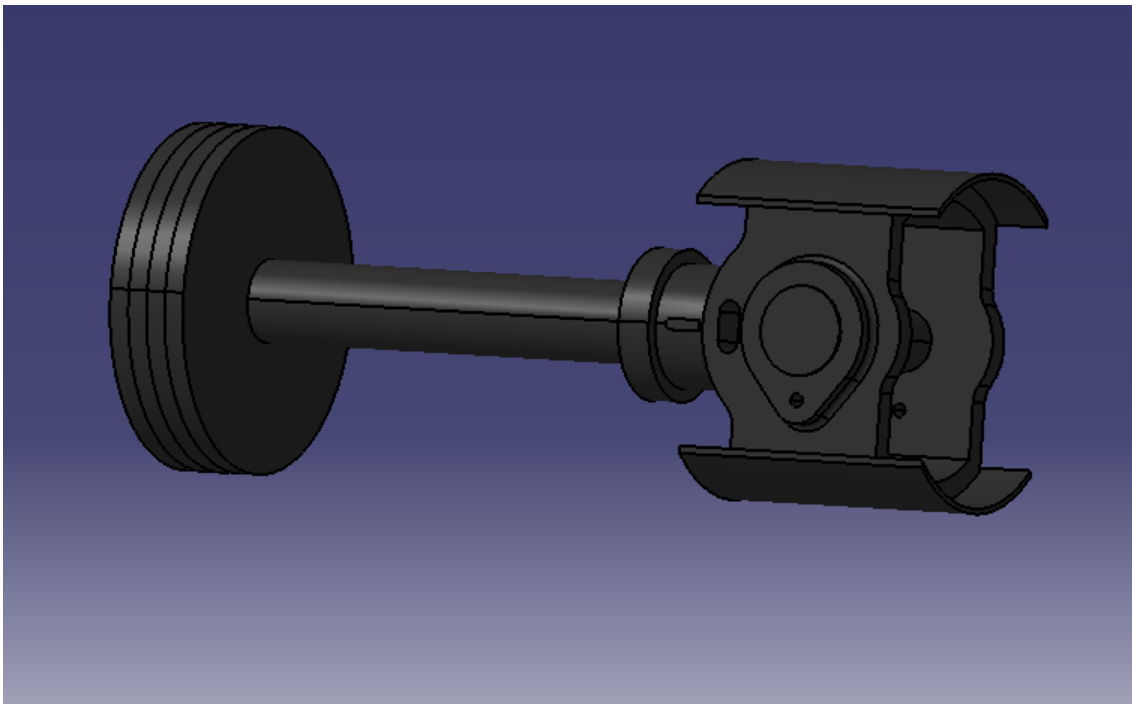


Figura 219. Pistón con las piezas restringidas



Figura 220. Pistón real

CONJUNTO R CARCASA TRASERA SUPERIOR

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

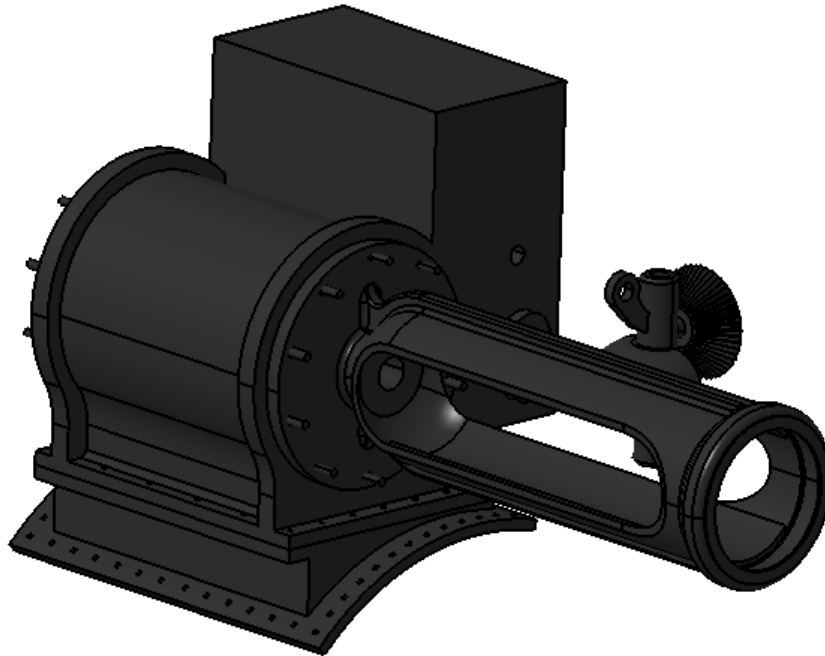


Figura 221. Conjunto carcasa trasera superior

Este conjunto constituye uno de los elementos estructurales más importantes en el funcionamiento de la máquina, ya que alberga, el cilindro del pistón o embolo, así como la guía para describir el movimiento rectilíneo alternativo. A su vez se compone de un elemento internamente muy complejo, que efectuará diferentes funciones simultáneamente.

Hay que mencionar que el elemento anteriormente especificado no se ha modelado, dada su complejidad, y la falta de datos reales en cuanto al número, forma y distribución de las piezas internas que lo componen. Es por ello que únicamente se explicará su funcionamiento en torno a los diferentes elementos ya modulados que llegan a esta pieza.

Éste complejo elemento se trata se encuentra solidario al cilindro que alberga el pistón y a el llegan:

- Una barra con movimiento alternativo proveniente directamente de las abrazaderas descentradas del cigüeñal que controlará la válvula de distribución que reconduce el flujo dentro del cilindro.

- Una barra giratoria proveniente del regulador de Watt que explicaremos mas adelante, y que regulará el caudal de entrada de vapor caliente dentro del cilindro.

Una vez explicado todo esto se dispone a representar los elementos que se han modelado, comenzando con *base_superior_trasera.CATPart* representada en la [Figura 222](#) y donde se encuentra la pieza explicada, no modelada internamente junto con el cilindro que alberga el pistón.

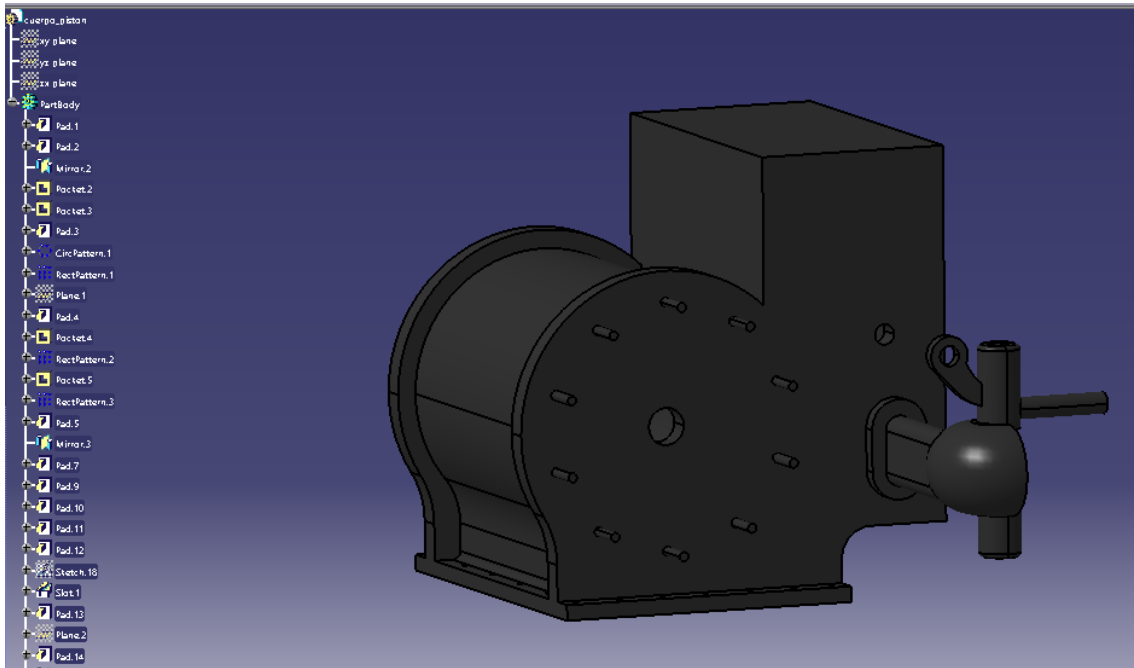


Figura 222. Cuerpo pistón

Para entender mejor lo explicado anteriormente se ha hecho un corte a la pieza por un plano medio el cuál se representa en la [Figura 223](#)

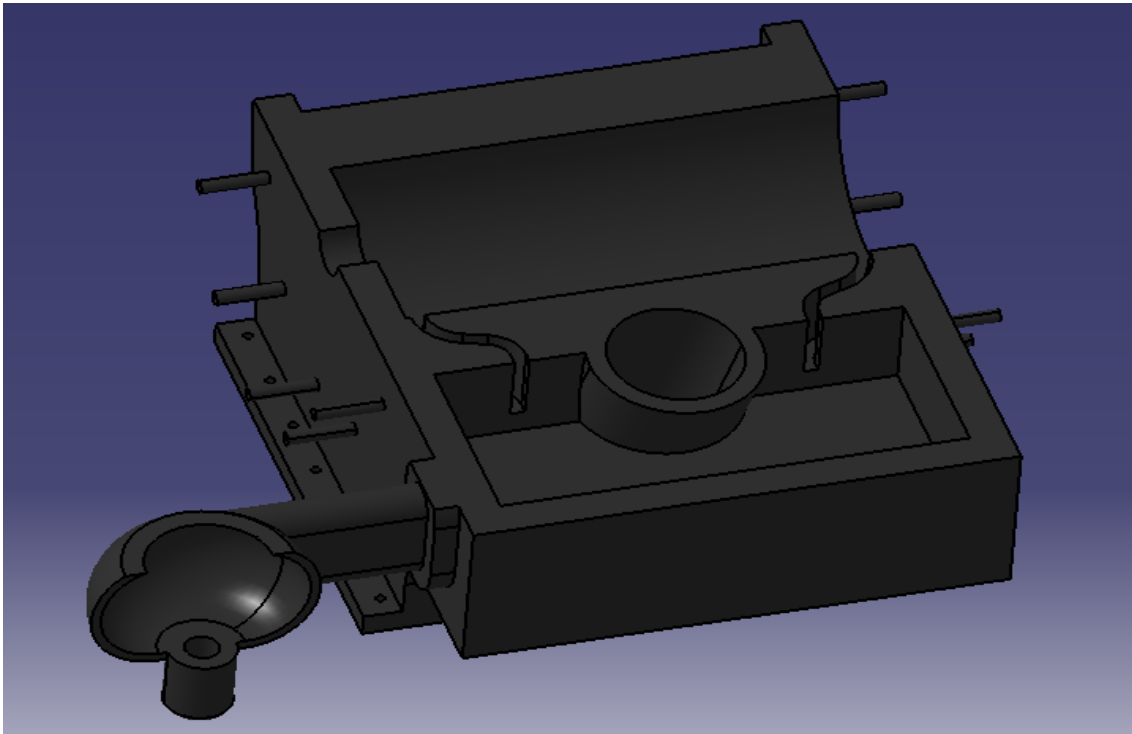


Figura 223. Detalle del corte del cuerpo del pistón

Un elemento anexo a este conjunto, y que se monta sobre el eje de la pieza anteriormente descrita es *engranaje_regulador_watt.CATPart* representado en la [Figura 224](#).

Esta pieza es uno de los engranajes que pertenecen al regulador de Watt que explicaremos más adelante el cuál junto con otro engranaje de similares características, traslada un movimiento de rotación 90 grados.

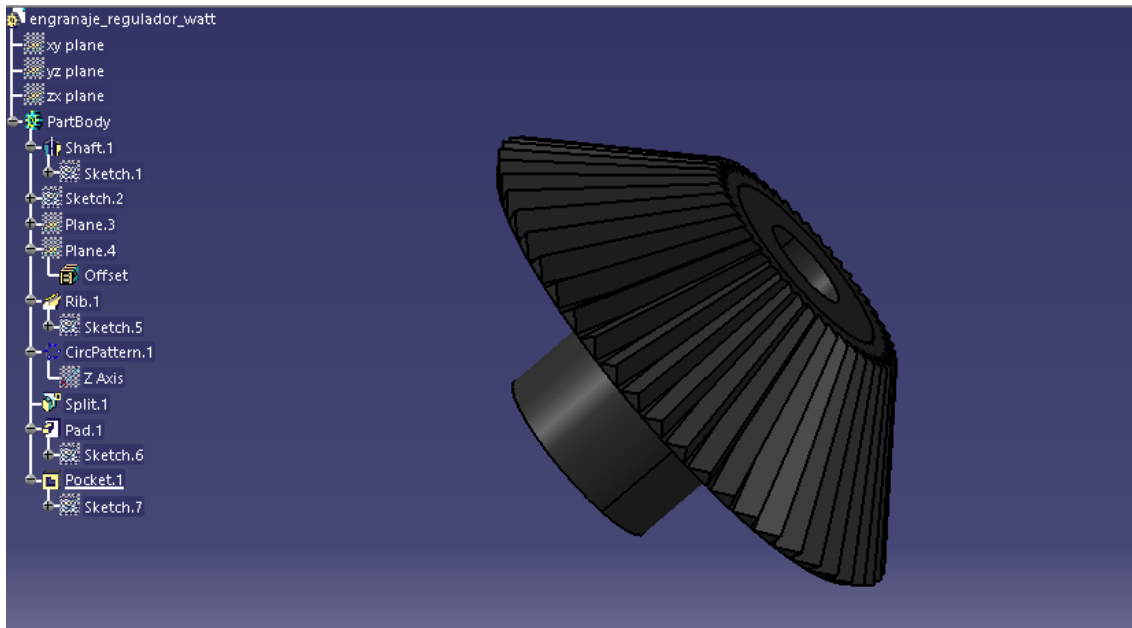


Figura 224. Engranaje del regulador de Watt

La siguiente pieza a modelar será el elemento de unión con el cuerpo trasero de la estructura, el cuál se denominará *base_superior_trasera.CATPart* representado en la [Figura225](#).

Este elemento servirá como soporte al cilindro del pistón y se amoldará a las características geométricas del cuerpo trasero de la estructura, al cuál irá unido a través de una unión remachada.

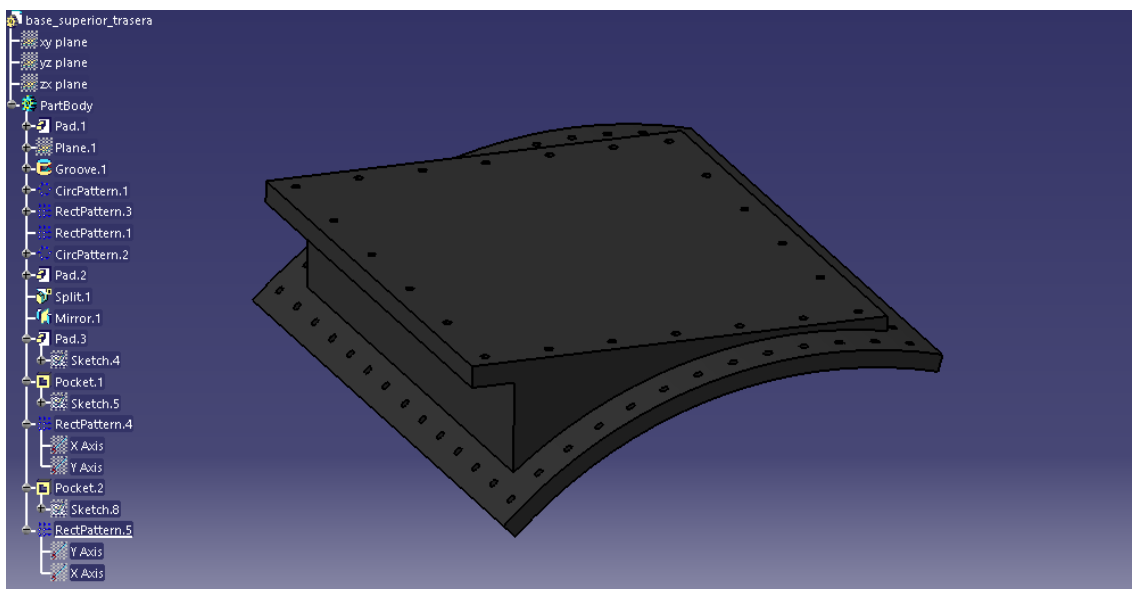


Figura 225. Base superior trasera

Para facilitar el montaje del pistón, así como para tareas de mantenimiento, el cilindro del pistón posee una abertura en su parte posterior el cuál se deberá tapan con la pieza *tapa_cuerpo_piston.CATPart* representada en la [Figura 226](#) y cuyas

características geométricas se adaptan al movimiento del pistón dentro del cilindro, al cuál ira atornillado.

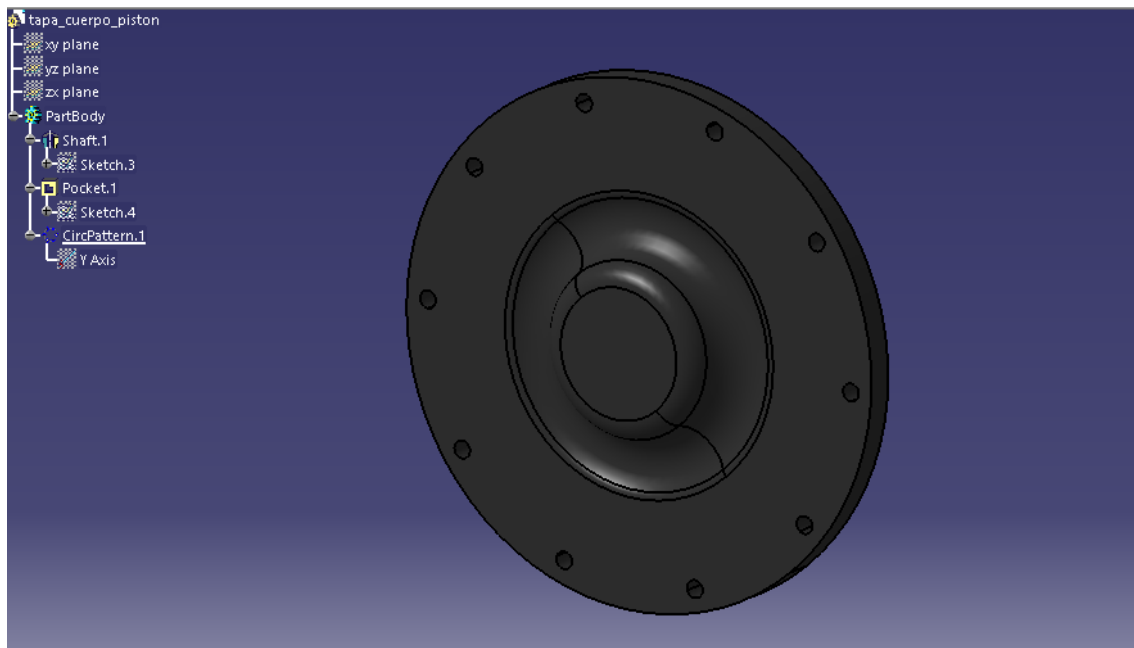


Figura 226. Tapa cuerpo pistón

Finalmente se representará la última de las piezas que compone el conjunto cilindro-pistón, *guia_cilindro.CATPart* la cuál sirve como guía para el movimiento longitudinal alternativo del pistón.

Geoméricamente es una pieza bastante compleja [Figura 227](#) que permite que el eje del pistón deslice sin salirse a la vez que permite el movimiento de la biela.

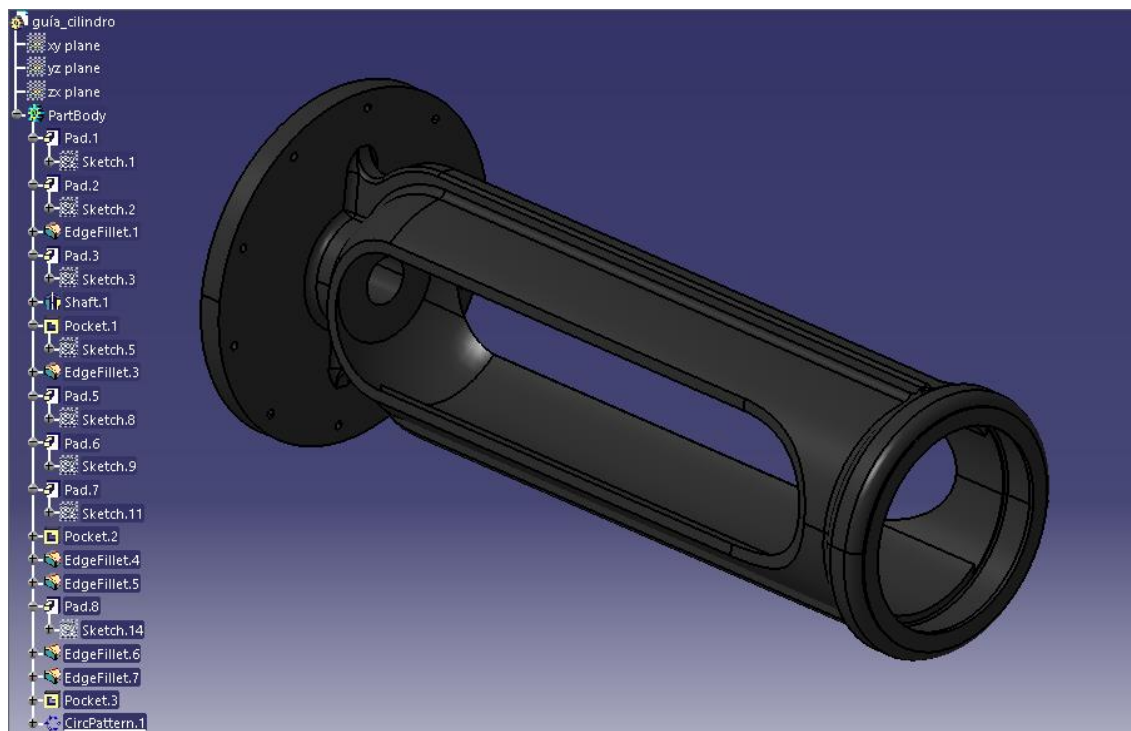


Figura 227. Guía del cilindro

Los elementos de unión empleados en este conjunto vendrán dados en la [Tabla 18](#) donde como siempre se especifica las piezas que se unen y el elemento de unión que realiza la fijación.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>base_superior_trasera.CATPart</i>	<i>Cuerpo_trasero3.CATPart</i>	<i>Remache_cuerpo_trasero.CATPart</i>
<i>tapa_cuerpo_piston.CATPart</i>	<i>cuerpo_piston.CATPart</i>	<i>Tuerca_M12.CATPart</i>
<i>cuerpo_piston.CATPart</i>	<i>Guia_cilindro.CATPart</i>	<i>Tuerca_M12.CATPart</i>

Tabla 18. Elementos de unión en el conjunto carcasa trasera superior

Una vez descritos todos los elementos que componen el conjunto se procederá a representar en la [Figura 228](#) el conjunto con sus piezas explosionadas para una mejor visualización, en la [Figura 229](#) con las restricciones impuestas y finalmente [Figura 230](#) se representa el conjunto real para su comparación con el modelo desarrollado.

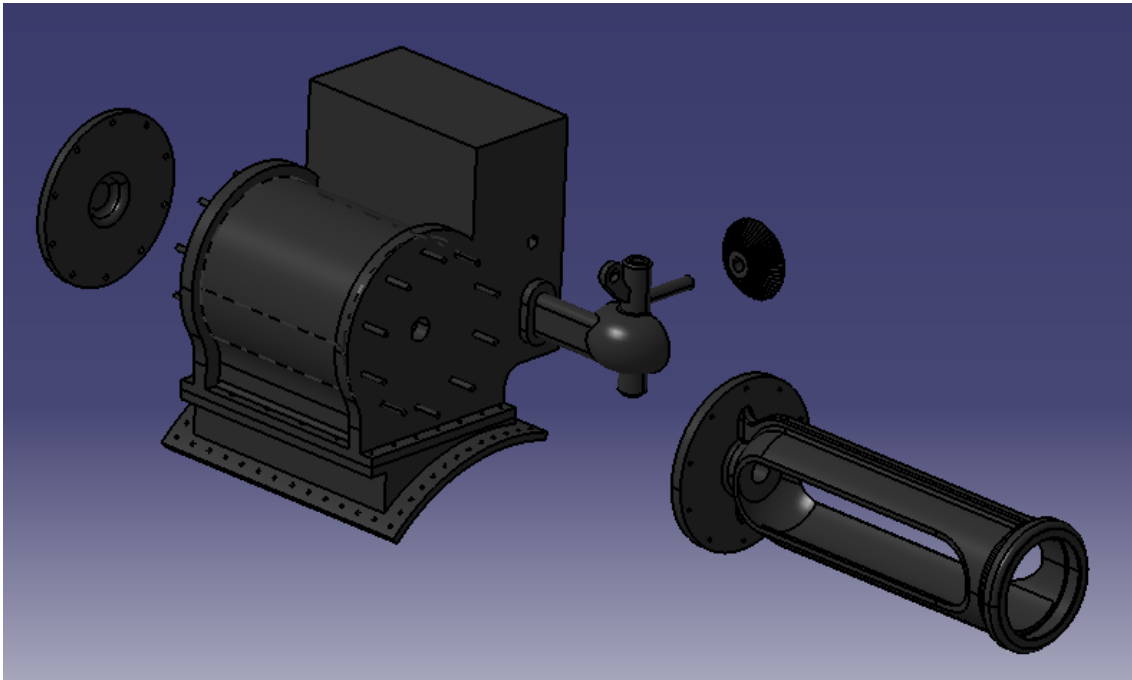


Figura 228. Conjunto carcasa trasera superior explosionada

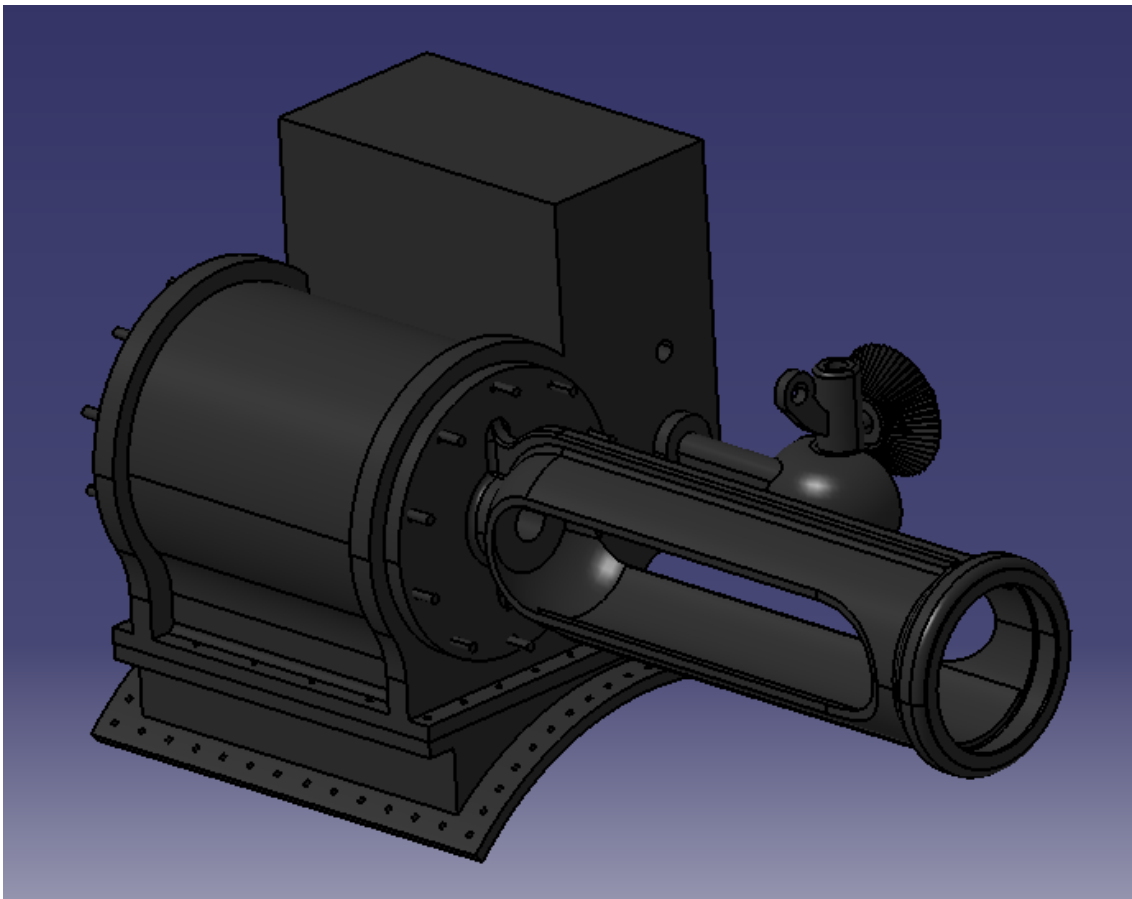


Figura 229. Conjunto carcasa trasera superior con restricciones



Figura 230. Conjunto carcasa trasera superior real

CONJUNTO T ACTIVADOR VÁLVULA DE DISTRIBUCIÓN

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

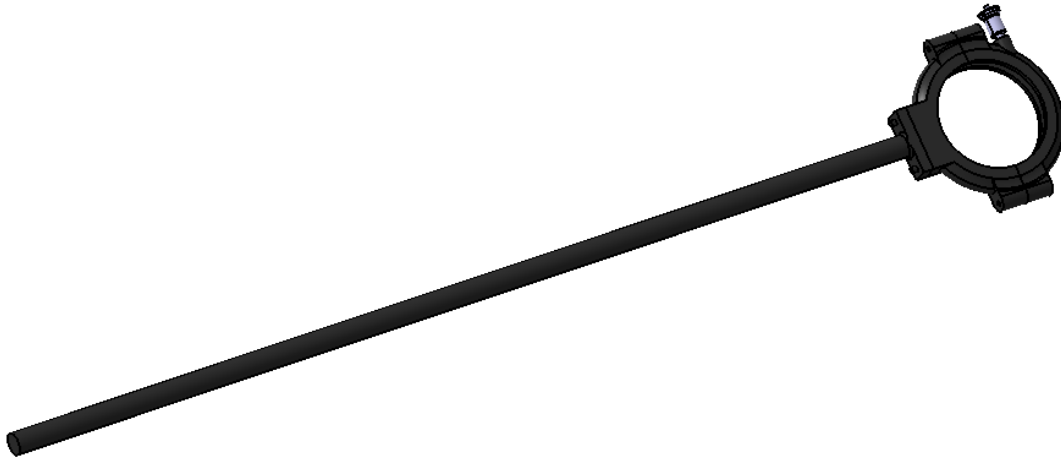


Figura 231. Conjunto activador de válvula de distribución

Como se ha indicado previamente, el movimiento del cigüeñal es utilizado, además de para generar el movimiento de la biela del pistón, gracias a unas abrazaderas o poleas descentradas solidarias al eje del cigüeñal se genera de nuevo a partir de un par rotacional un movimiento longitudinal.

Este movimiento llega hasta la parte trasera superior de la máquina y con ese movimiento alterna el vapor a cada lado del pistón dentro del cilindro gracias a una válvula de distribución.

A continuación, se representan las abrazaderas que van solidarias al eje del cigüeñal formadas por dos partes unidas a través de una unión tornillo-tuerca. Que denominaremos *abrazadera1_eje_principal2.CATPart* y *abrazadera1_eje_principal3.CATPart* representadas en la *Figuras 232 y 233* respectivamente.

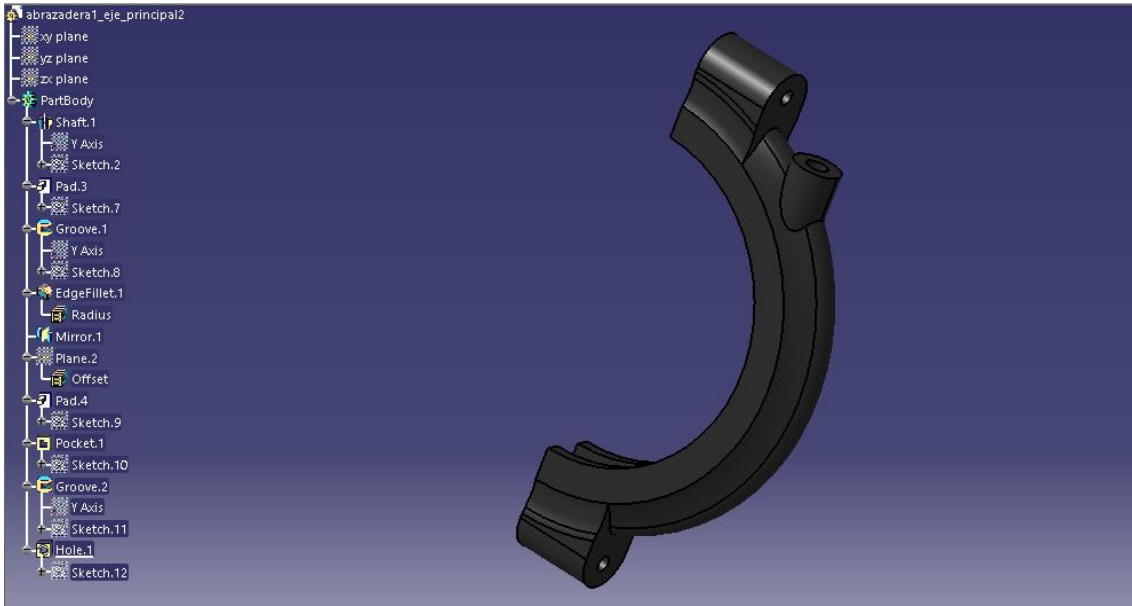


Figura 232. Abrazadera1 eje principal 2

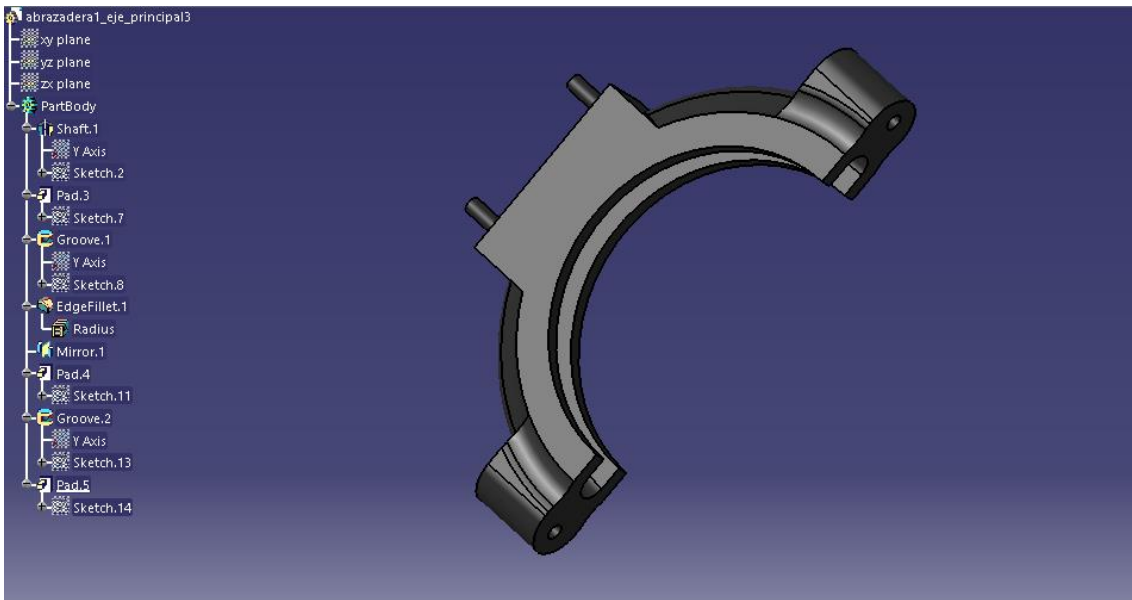


Figura 233. Abrazadera1 eje principal 3

Este conjunto también lo forma un eje que enlaza con la parte trasera de la máquina y por un depósito lubricante el cuál ya se ha explicado con anterioridad.

En lo referente a los elementos de unión en la [Tabla19](#) se recogen los elementos de unión empleados en este conjunto, así como las piezas que fijan estos elementos.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>abrazadera1_eje_principal2.CATPart</i>	<i>abrazadera1_eje_principal3.CATPart</i>	<i>Tornillo_abrazadera.CATPart</i> <i>Tuerca_M12.CATPart</i>

Tabla 19. elementos de unión del conjunto activador válvula de distribución

Una vez descritas las piezas que forman este conjunto se procederá a representar el correspondiente PRODUCT que denominaremos *valvula_distribucion.CATProduct*

En la *Figura 234* podemos ver el conjunto con todas las restricciones impuestas, mientras que en la *Figura 235* se hace una comparativa con la realidad.

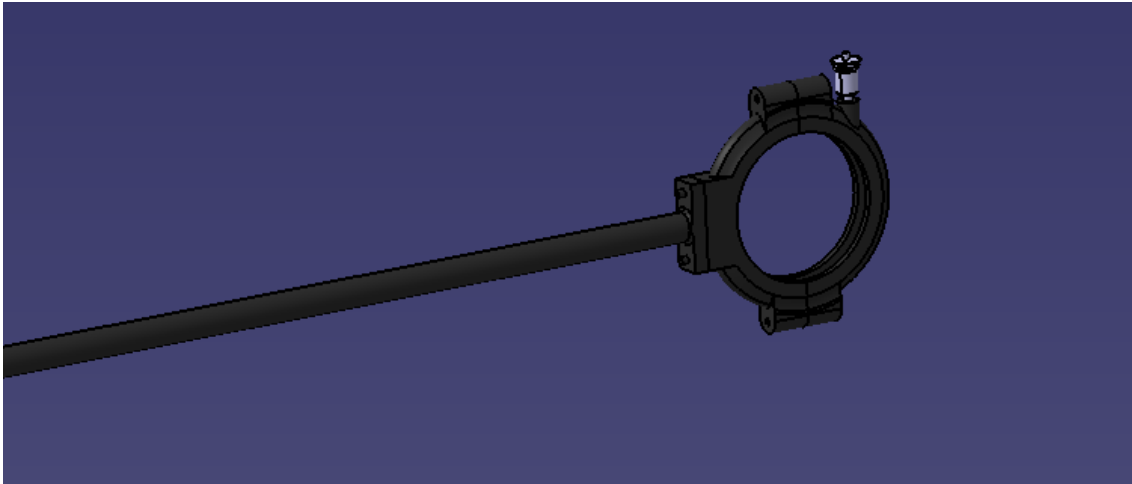


Figura 234. Modelo del conjunto activador de válvula de distribución



Figura 235. Conjunto activador de válvula de distribución real

CONJUNTO RETORNO DE CAUDAL

Este elemento se encarga de retornar el flujo de vapor procedente del pistón otra vez dentro de la máquina tras un proceso de condensación.

Debemos mencionar que este elemento no se ha incluido, dadas las dificultades que se ha tenido en la búsqueda de información, esquemas y planos que esclareciesen la forma y distribución de las piezas internas que componen el elemento.

Una imagen del elemento viene dada en la *Figura 236* cuyo funcionamiento y estructura interna queda pendiente para si en un futuro se obtuviese la información necesaria poder modelarlo.



Figura 236. Pieza retorno de caudal real

CONJUNTO U REGULADOR DE WATT

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

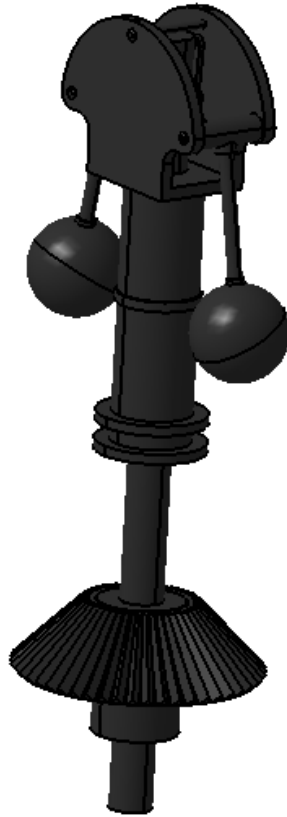


Figura 237. Conjunto regulador de Watt

Un regulador de Watt es un elemento capaz de reducir la entrada de flujo al pistón gracias a la detección de la velocidad centrifuga con elementos inerciales de masa considerable.

Consta de unas bolas de gran peso, suspendidas en un eje, que al generarse un movimiento de rotación provocan una gran inercia. Si la velocidad de rotación es suficientemente elevada gracias a un mecanismo interno la inercia provocada por la rotación de las bolas genera un movimiento longitudinal del eje de giro, el cual es empleado para regular la entrada de flujo.

En primer lugar, se debe indicar que la rotación se genera en el eje del cigüeñal y es transmitida a partir de una correa a un engranaje del regulador de watt.

Este engranada ya se ha definido previamente, el cual proporciona a la rotación un giro de 90 grado al unirse a otro engranaje de similares características.

Este engranaje gira en torno a un eje representado en la [Figura 238](#)



Figura 238. Eje regulador watt

Este eje gira en torno a lo que denominamos *cuerpo_regulador_watt.CATPart* que es donde van solidarios todos los elementos de este dispositivo, y se representa en la [Figura 239](#).

Esta pieza durante el funcionamiento, gracias a la inercia, se desliza longitudinalmente a la vez que rota sobre el eje anteriormente descrito.

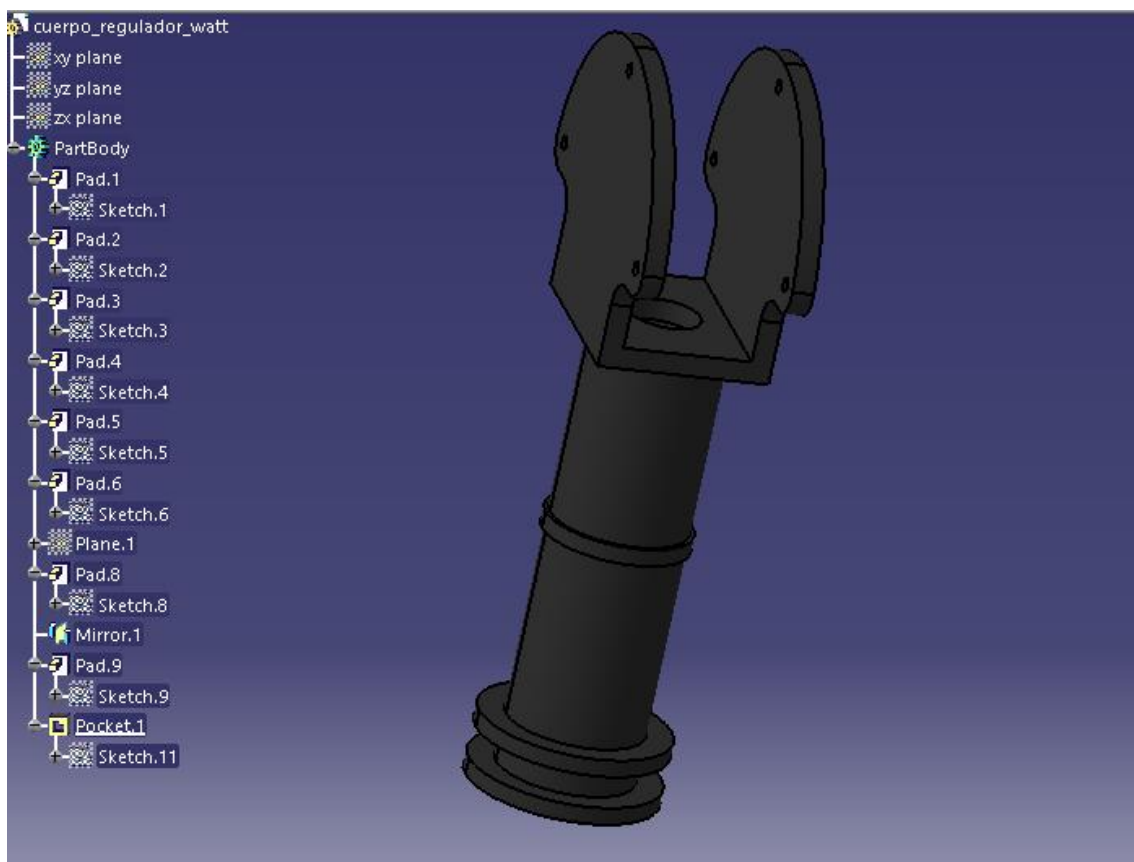


Figura 239. Cuerpo regulador Watt

A continuación, se describe la *bola_regulador_watt.CATPart* la cuál se representa en la *Figura 240*.

Esta pieza tiene la característica de aportar un gran momento inercial al generarse un par rotacional, teniendo a su vez un mecanismo que genera el movimiento del eje



Figura 240. Bola regulador Watt

A continuación, se modelará la pieza *enlace_regulador_watt.CATPart* cuyo objetivo es transmitir al eje el movimiento longitudinal



Figura 241. Enlace regulador Watt

Finalmente cuando el dispositivo sube como consecuencia de la inercia una pieza recoge ese movimiento ascendente y lo traslada dentro del distribuidor de flujo junto al cilindro del pistón. Este elemento se representa en la *Figura 242*

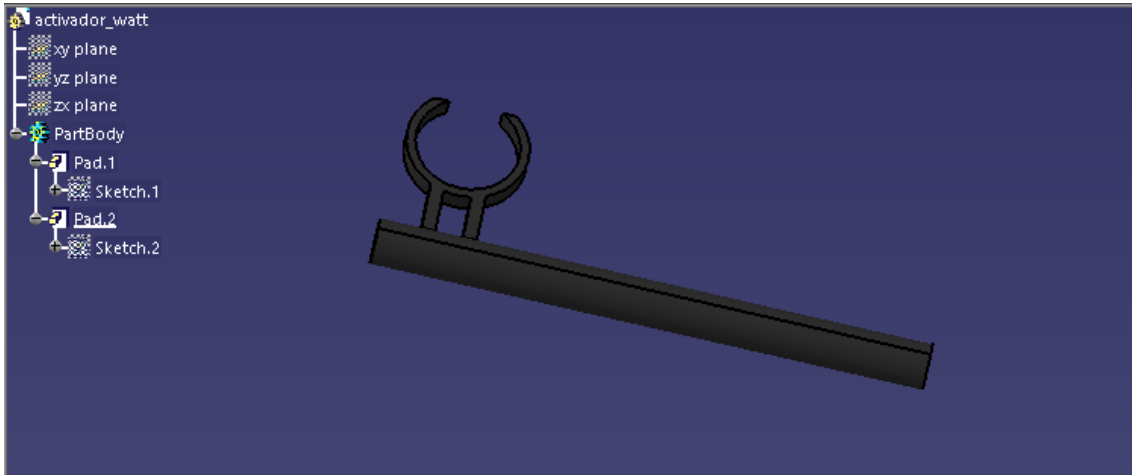


Figura 242. Activador Watt

En cuanto a los elementos de unión, en la [Tabla 20](#) se recogen todos aquellos empleados en la elaboración de este conjunto, así como las piezas entre las que se realiza la unión.

PIEZA 1	PIEZA 2	ELEMENTO DE UNIÓN
<i>cuerpo_regulador_watt.CATPart</i>	<i>bola_regulador_watt.CATPart</i>	<i>remache_watt.CATPart</i>
<i>enlace_regulador_watt.CATPart</i>	<i>bola_regulador_watt.CATPart</i>	<i>Remache2_watt.CATPart</i>

Tabla 20. Elementos de unión del conjunto regulador de Watt

Por último, se representará como es costumbre tres imágenes, [Figuras 243, 244 y 245](#) donde se apreciará el conjunto *Regulador_de_Watt.CATProduct* con sus piezas explosionadas, con todas las restricciones impuestas, y finalmente el objeto modelado en la realidad, respectivamente.

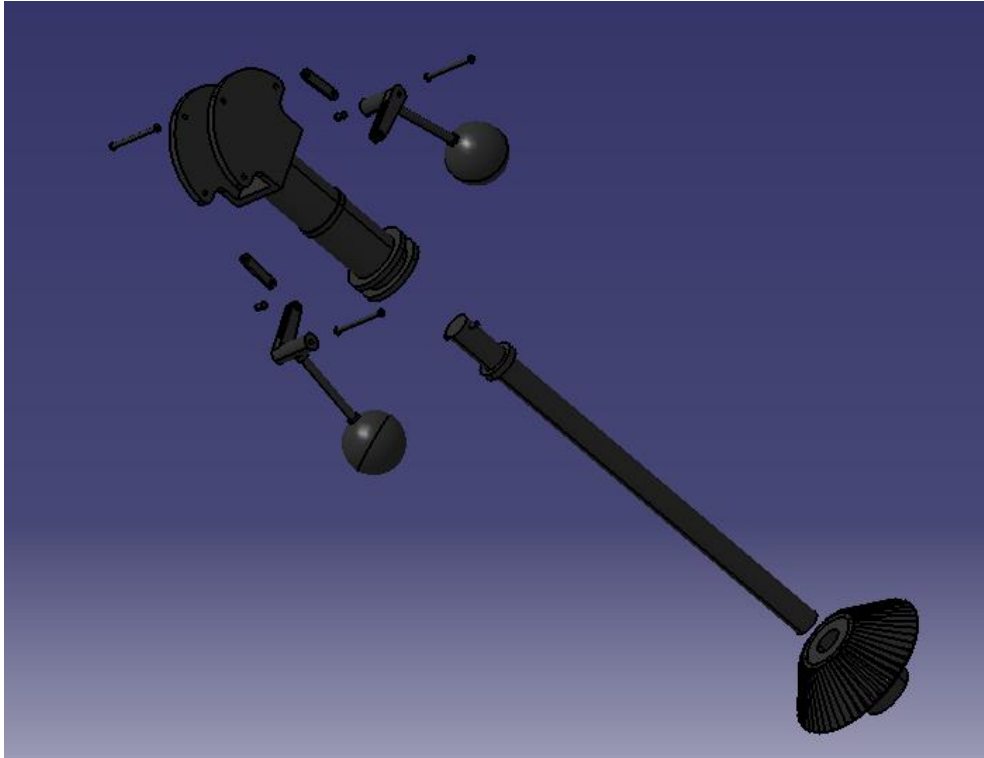


Figura 243. Conjunto regulador Watt explosionado

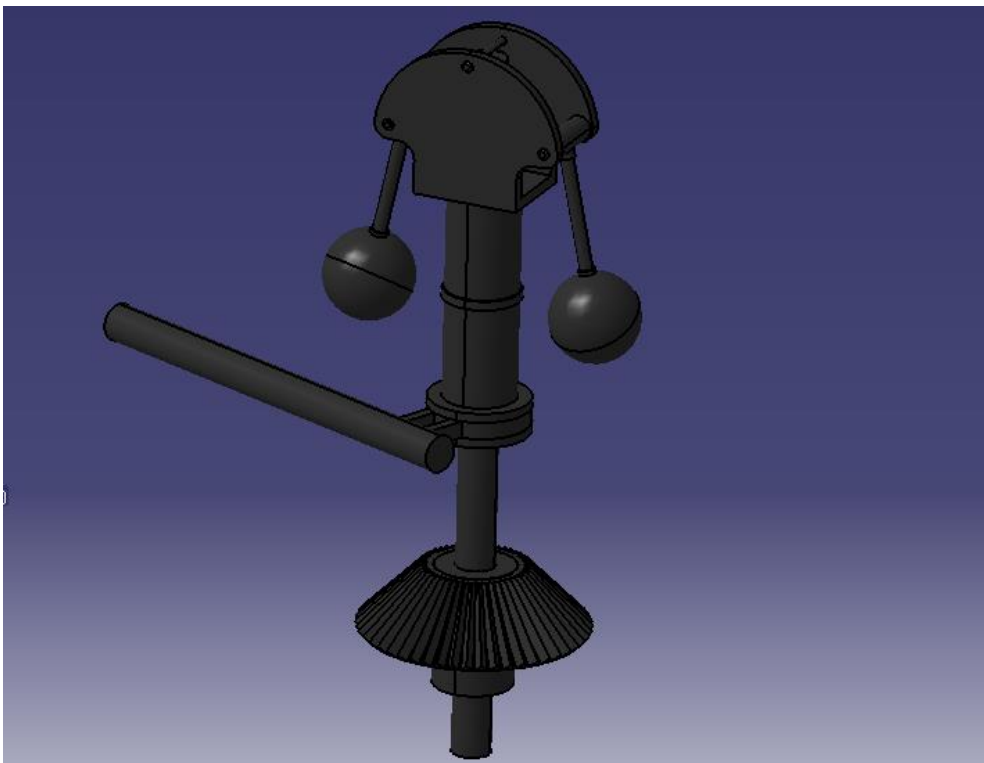


Figura 244. Conjunto regulador Watt con restricciones



Figura 245. Conjunto regulador Watt real

CONJUNTO V INDICADOR NIVEL DE AGUA

(ÍNDICE DE CONJUNTOS)

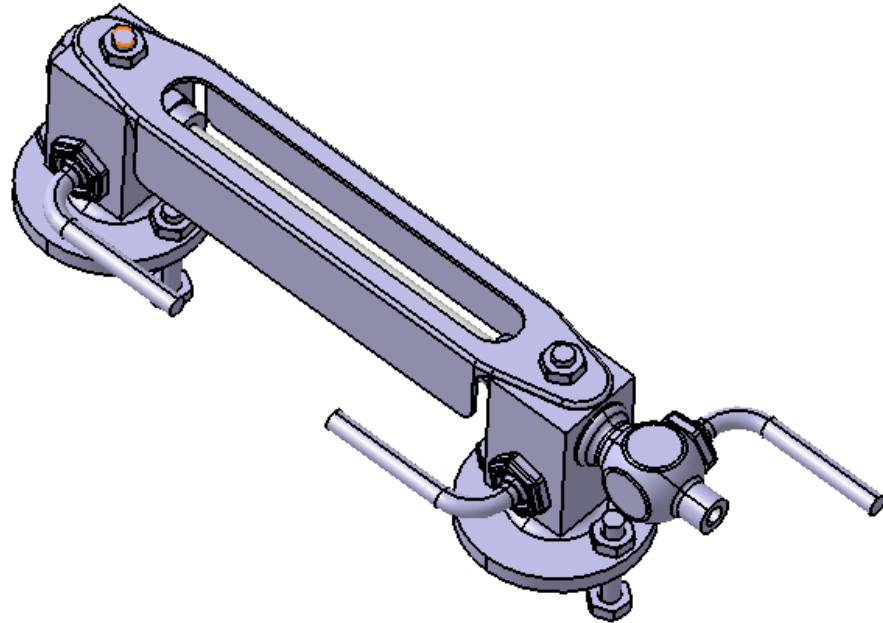


Figura 246. Conjunto indicador de agua

Este conjunto se basa en un dispositivo conectado al cuerpo trasero de la máquina capaz de mantener las altas condiciones de presión y temperatura ofreciendo una medida de la cantidad de agua que prevemos habrá dentro de la máquina.

Dado que es un mecanismo externo a la máquina, sin formar parte de la estructura real, no se hará mucho hincapié en explicar todas las piezas que componen este conjunto.

Las más relevantes se enumeran a continuación:

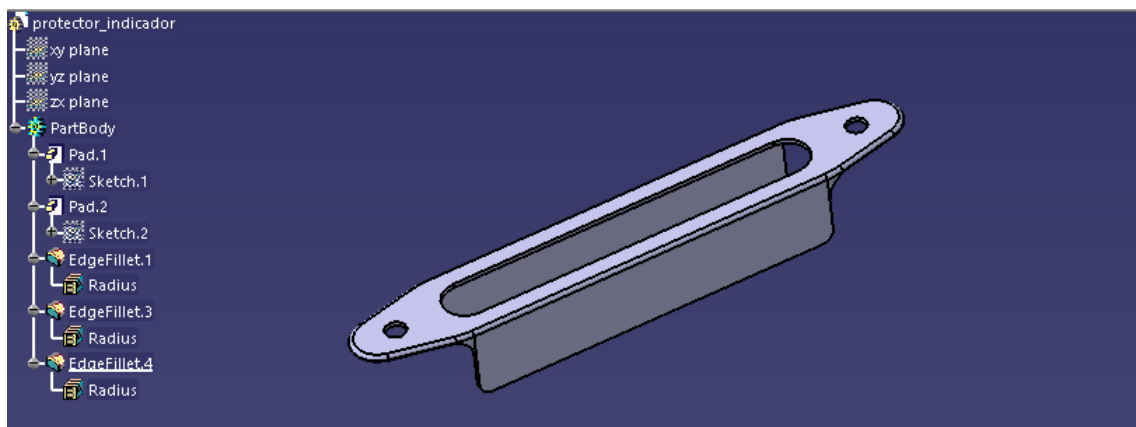


Figura 247. Protector indicador

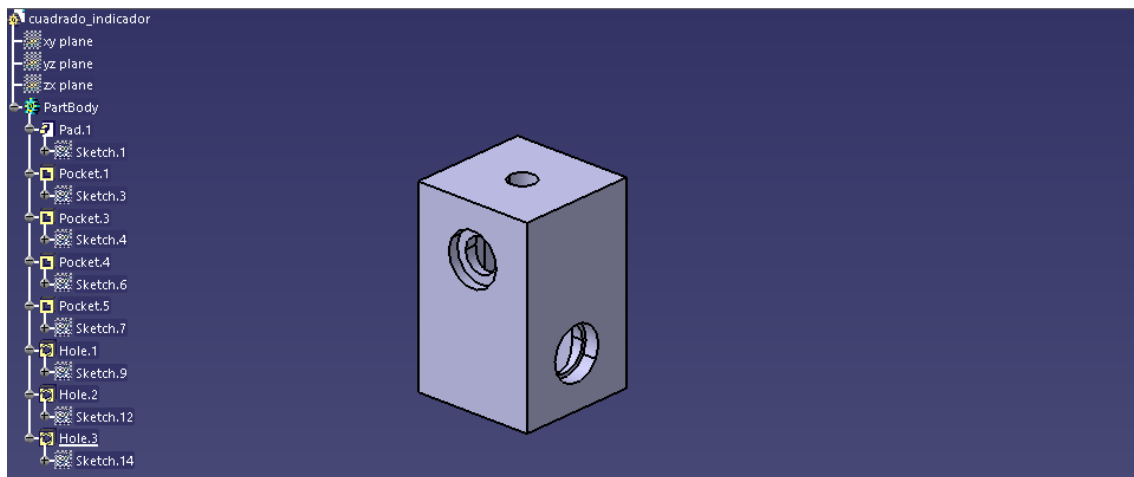


Figura 248. Cuadrado indicador

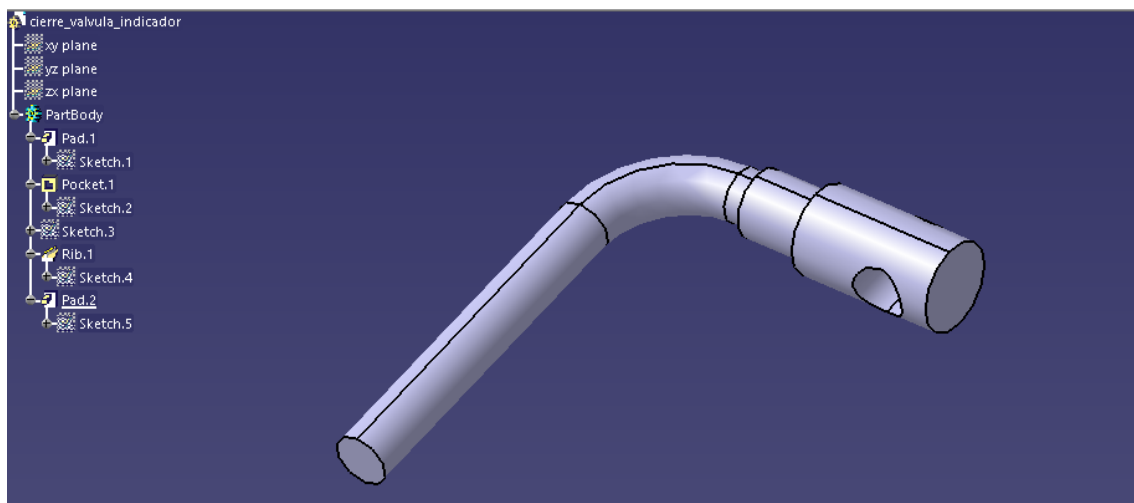


Figura 249. Válvula de cierre del indicador

Accionando los mecanismos de cierre permitimos, la circulación de agua a través de un agujero en el cilindro del mecanismo de cierre.

Esta agua circula por todo el indicador y se queda al mismo nivel que nos encontramos en el interior de la máquina

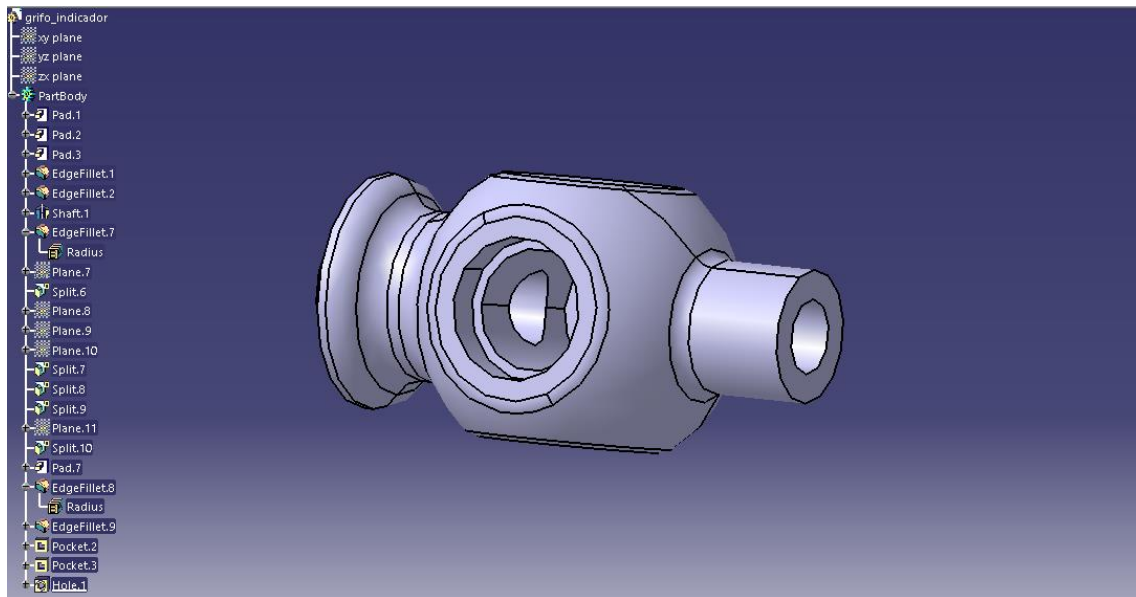


Figura 250. Grifo indicador

Éste grifo se emplea fundamentalmente para el vaciado del indicador con objeto de que el indicador no actúe mientras la maquina está en funcionamiento.

Varios esquemas con las distribuciones de estas piezas los encontramos en las siguientes figuras:

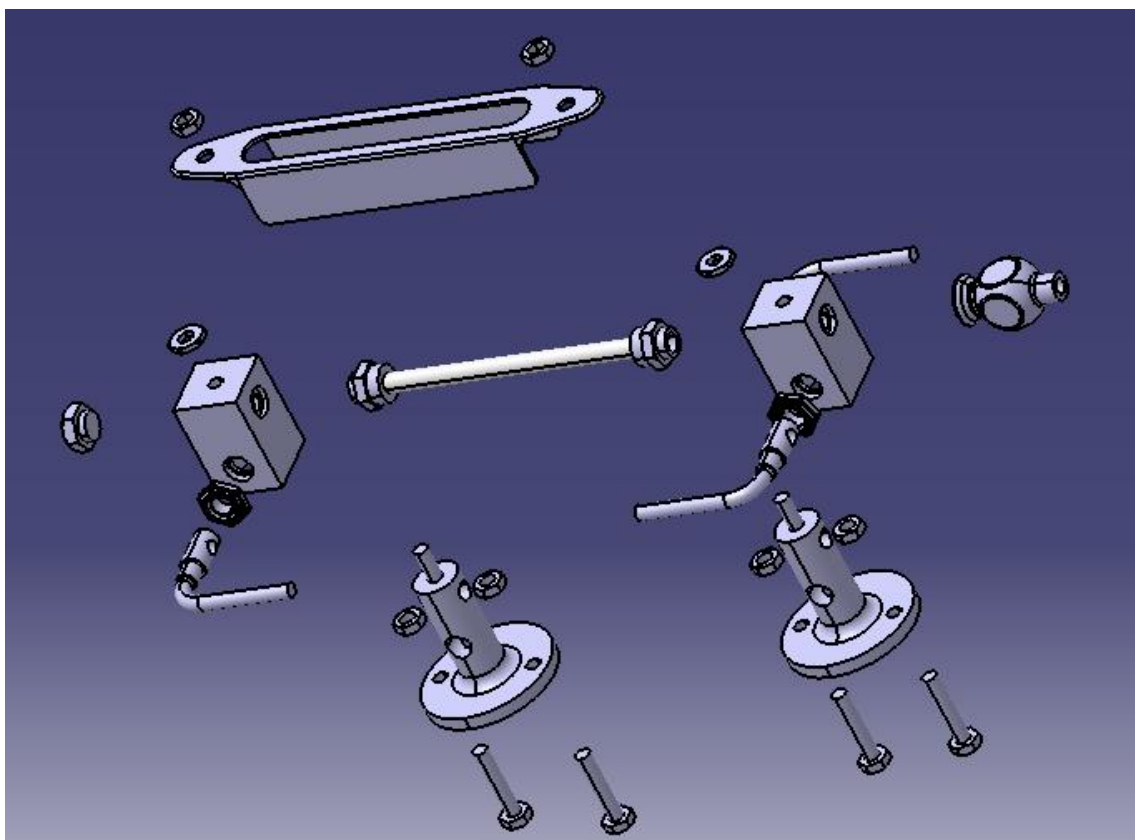


Figura 251. Indicados de agua explosionado

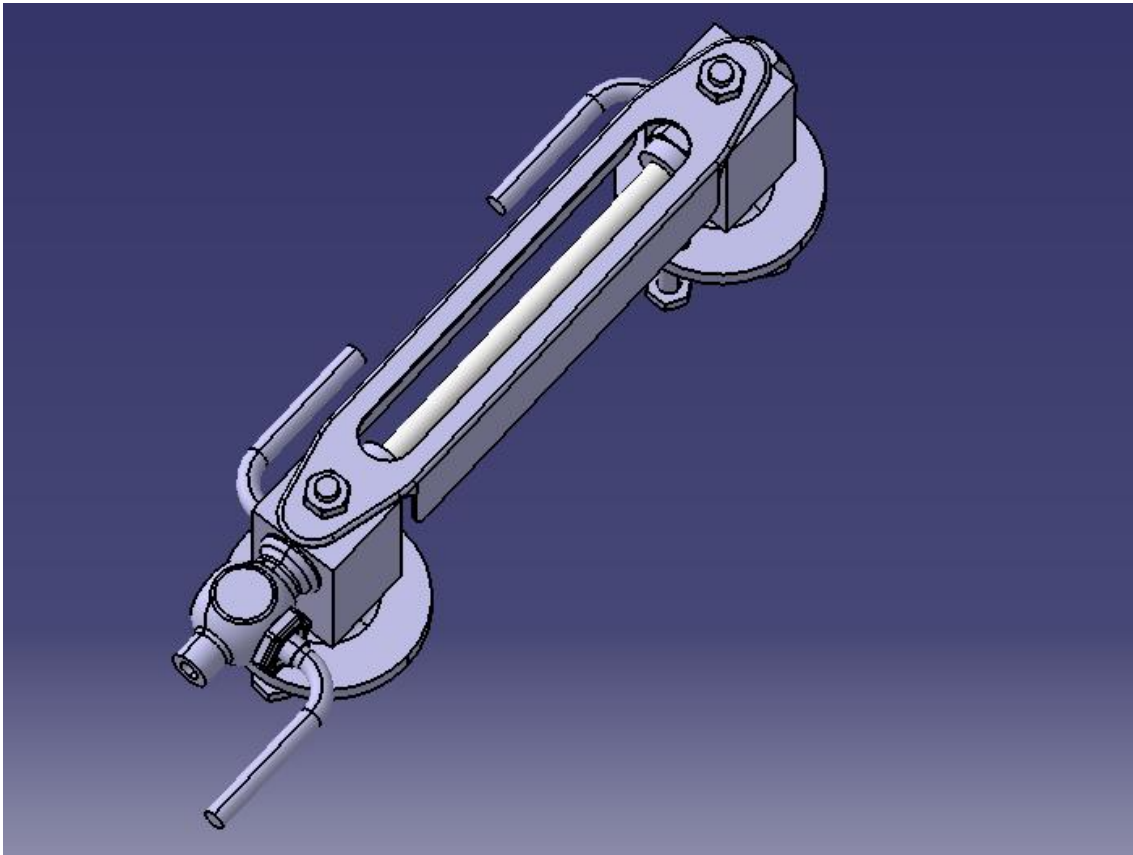


Figura 252. Indicador de agua con las restricciones impuestas



Figura 253. Indicador de agua real

CONCLUSIÓN

[\(ÍNDICE DE CONTENIDOS\)](#)

Antes de nada, se debe indicar que el objetivo principal de este documento era el montaje y modelado de la máquina de vapor Ruston Hornsby, hecho que ha quedado ampliamente desarrollado. Es por ello que se han adquirido una serie de conocimientos y sobre todo una gran destreza en el diseño y fabricación asistido por ordenador con la herramienta CATIA.

Dicho esto, a lo largo del proceso de desarrollo y fabricación se han encontrado una serie importante de dificultades que se han intentado subsanar en la medida de lo posible.

En primer lugar, nos hemos tenido que desplazar al lugar donde se encontraba la máquina, así como pedir los permisos pertinentes, ya que su ubicación se encuentra en una propiedad privada.

El segundo escollo importante que debimos sortear fue la falta de información en lo referente a esquemas y planos que facilitasen el proceso de modelado posterior, por lo que debimos dedicarle muchas horas a la realización de bocetos y croquis, tomando medidas in situ en la propia máquina. Éste hecho, aunque parece trivial, dada la enorme cantidad de piezas, así como las dimensiones de la máquina, resultó realmente dificultoso.

Otro de los Handicap encontrados durante este proceso fue la dificultad de acceso a determinados lugares de la máquina, hecho que tuvimos que subsanar investigando durante el montaje como podrían funcionar los diferentes mecanismos necesarios en los conjuntos de la máquina, a partir de una importante búsqueda de información, poniéndonos al corriente de multitud de sistemas empleados en la época de creación de la máquina.

Gracias a todo esto, es satisfactorio comprobar que se han adquirido los conocimientos y sobre todo las aptitudes necesarias para abordar un proyecto de estas características.

BIBLIOGRAFÍA

[\(ÍNDICE DE CONTENIDOS\)](#)

<https://es.slideshare.net/universidadpopularc3c/aprovechamiento-de-energa-e-intercambios-de-calor-y-trabajo-en-la-vida-cotidiana>

<https://www.lifeder.com/tipos-de-maquinas-de-vapor/>

<https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUK EwidrYuOy7HdAhVPUhoKHc1JBtCQjhx6BAgBEAM&url=https%3A%2F%2Fbairesdigital.com%2Fpagina-de-noticias.php%3Fnoticia%3D28102&psig=AOvVaw3poeFFeEZVU9lbWeIdjNhk&ust=1536708360034309>

https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_de_vapor

http://enciclopedia.us.es/index.php/M%C3%A1quina_de_vapor

<http://maquinas-y-mecanismos.blogspot.com/p/maquinas-termicas.html>

<https://www.gracesguide.co.uk/File:Im1872EV14-p446.jpg>

https://en.wikipedia.org/wiki/Ruston,_Proctor_and_Company

[https://en.wikipedia.org/wiki/Ruston_\(engine_builder\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ruston_(engine_builder))

<https://books.google.es/books?id=FLXktUIAgx8C&pg=PT395&lpg=PT395&dq=fill+catia+utilidad&source=bl&ots=QbEVIkyMow&sig=MFC9cr01fFkmM-qtoUetYCdItiw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiFqZfMwrTdAhXLFywKHS25AQEQ6AEwCnoECAMQAQ#v=onepage&q=fill%20catia%20utilidad&f=false>