



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

MODELADO Y ENSAMBLAJE VIRTUAL DE LA PRIMERA MOTOCICLETA DE LA HISTORIA

Alumno: Francisco Puertas Ruiz

Tutor: Prof. D. Miguel Ángel Rubio Paramio
Dpto: Ingeniería Gráfica

Julio, 2019



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Informática

Don **MIGUEL ÁNGEL RUBIO PARAMIO**, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: **MODELADO Y ENSAMBLAJE VIRTUAL DE LA PRIMERA MOTOCICLETA DE LA HISTORIA**, que presenta **FRANCISCO PUERTAS RUIZ**, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Julio de 2019

El alumno:

Los tutores:

Francisco Puertas Ruiz

Miguel Ángel Rubio Paramio

Índice

1. INTRODUCCIÓN.	3
2. ANTECEDENTES.	4
2.1. La máquina de vapor y su evolución.	4
2.2. Inicios de las primeras motocicletas.	5
2.3. Motor de combustión interna de cuatro tiempos.	7
2.3.1. Primera motocicleta con motor de ciclo Otto de cuatro tiempos.	8
2.3.2. La Petroleum Reitwagen.	9
2.3.3. Versiones.	14
2.3.4. Características técnicas de la Petroleum Reitwagen.	15
2.3.4.1. Motor.	16
2.3.4.2. Chasis.	17
2.3.4.3. Transmisión.	17
2.3.4.4. Dimensiones y peso.	18
2.3.5. Estudio cadena cinemática.	18
2.3.5.1. Versión de diseño.	18
2.3.5.2. Versión de fabricación.	20
2.4. Ciclos termodinámicos y principio de funcionamiento.	23
2.4.1. Ciclo Rankine.	23
2.4.2. Ciclo Otto.	24
3. OBJETIVOS.	25
4. MATERIAL UTILIZADO.	25
5. PROCESO DE MODELADO DESCRIPTIVO Y PROPUESTA DE MEJORA.	26
5.1. Modelado.	26
5.2. Resultados.	90
5.3. Propuesta de mejora en el sistema de cambio de velocidades.	93
6. CONCLUSIONES.	95
7. REFERENCIAS.	96

1. INTRODUCCIÓN.

La motocicleta que hoy todos conocemos, conformada por un bastidor, sistemas de freno, dos ruedas, un motor (generalmente de gasolina) cuyo par es transmitido a la rueda trasera mediante una cadena, correa o cardan ha evolucionado muchísimo desde que la idea de poder desplazarse sin necesidad de pedalear surgiese hace varias decenas de años.

La primera vez que se creó una motocicleta fue en el año 1869 por Silvester Howard Roper; una motocicleta con motor de vapor similar a la que, casi al mismo tiempo, crearían los hermanos Michaux y Perreaux o Lucious Coppeland en el año 1884.

En el año 1882, Enrico Bernardi crearía la primera motocicleta con motor de combustión interna de gasolina, se trataba de un motor de gasolina que adaptaría a la parte trasera de la bicicleta de su hijo, a cuyo invento se le conoció con el nombre de “Motrice Pia”. Sin embargo, para la mayoría de historiadores, la primera motocicleta con motor de combustión interna, la que realmente marcó el inicio de la motocicleta actual, fue creada por Wilhelm Maybach y Gottlieb Daimler en el año 1885 con el nombre de “Petroleum Reitwagen”, quienes más adelante desarrollarían y fabricarían motores para coches y barcos

Se trataba de una motocicleta de dos velocidades, transmisión por correa tensa mediante una polea, freno trasero, dos ruedas estabilizadoras laterales además de sus dos ruedas fundamentales con un motor de muy baja potencia, creado a partir de del motor Otto en el año 1867.

Dado que la motocicleta fue destruida en un incendio en Cannstatt, se crearon varias réplicas a partir de los planos originales y de imágenes de la época que se encuentran distribuidas en diferentes partes del mundo, aunque la reproducción más fiel a la original está expuesta en el Museo Mercedes-Benz de Stuttgart en Alemania.

Por ello, la intención de este TFG es modelar en 3D la mítica Reitwagen, estudiar la cadena cinemática y proponer algunas soluciones para mejorar el cambio de velocidades; tratando de acercar un poquito más esta moto a nuestros días.

2. ANTECEDENTES.

2.1. La máquina de vapor y su evolución.

James Watt, (1736-1819), mejoró el funcionamiento de la máquina de vapor de Thomas Newcomen, dando lugar a lo que sería la máquina de vapor, fundamental en el desarrollo de la primera Revolución Industrial.

Fue en 1781, con el invento del llamado engranaje satélite y planetario, mediante el cual el eje daba dos vueltas en cada ciclo del motor. En 1782 patentó el cilindro de doble efecto, que requeriría de un nuevo sistema para unir fuertemente la biela al pistón.

Cuatro años más tarde, añadió un sistema centrífugo para el control automático de la velocidad y en 1790, por sugerencia de Boulton, con el invento del manómetro completo el motor de vapor.

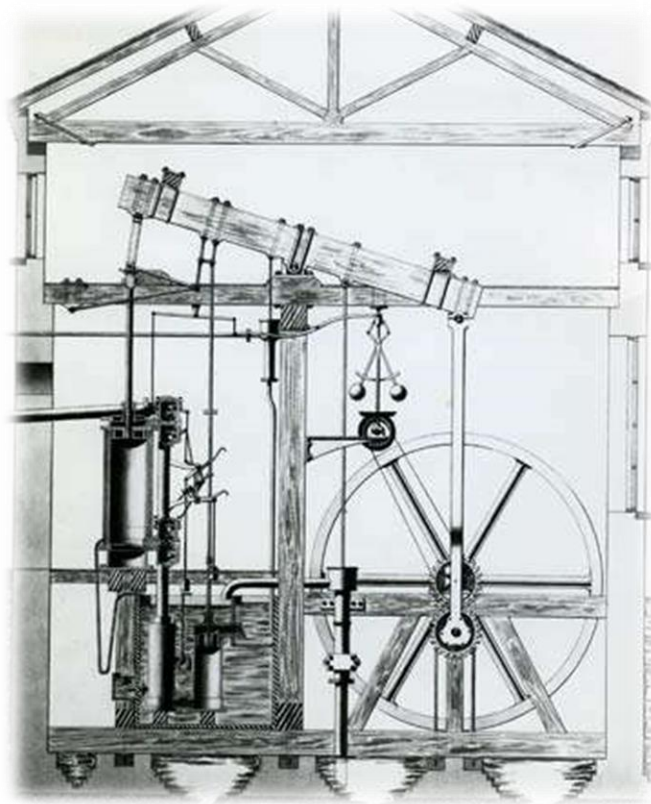


Ilustración 1. Dibujo original máquina de vapor rotativa con sistema de engranajes por satélite y planetario 1788.

El motor de Watt fue un invento sustancial en el desarrollo de la Revolución Industrial debido a la rápida incorporación de dicho motor en multitud de industrial. Como consecuencia de sus contribuciones a la ciencia e industrial, la unidad de potencia se le asignó el nombre de “Vatio” (W) en su honor.

2.2. Inicios de las primeras motocicletas.

La motocicleta ha jugado un papel muy importante en la sociedad, siendo en 1869, cuatro años después de la guerra civil americana, el primer vehículo motorizado de dos ruedas con motor de vapor creado por el estadounidense Silvester Howard Roper en la ciudad de Roxbury, Massachusetts.



Ilustración 2. Silvester Howard.

Casi al mismo tiempo que Roper; los hermanos Pierre Michaux y Louis-Guillaume Perreaux, fabricantes de bicicletas, consiguieron fabricar una motocicleta a vapor de un solo cilindro y transmisión trasera mediante correa.



Ilustración 3. Velocipedo de los hermanos Pierre Michaux y Louis-Guillaume Perreaux

El gran avance de la motocicleta fue en el año 1879; año en que se pasó del motor de vapor por el de combustión de hidrógeno y aire. El autor fue G. Murnigotti quien registró el invento y obtuvo la primera patente de la motocicleta de la historia para construir un vehículo de dos ruedas provisto de un motor de cuatro tiempos de 0.5 caballos. Pero jamás se construyó.

En 1884, el ingeniero Lucius Day Copeland nativo de Phoenix, Arizona, presentó en la Feria del Condado de Maricopa otra motocicleta con motor de vapor en 1884. Copeland, en 1881 construyó un motor de vapor con una pequeña y eficiente caldera que colocó en una bicicleta con una gran rueda delantera y otra más pequeña como rueda trasera a la que le llamó “La Estrella”.



Ilustración 4. “La Estrella”, con motor de vapor creada por Lucius Copeland

2.3. Motor de combustión interna de cuatro tiempos.

Nikolaus Otto, fue un científico, inventor e ingeniero Alemán conocido por haber creado el primer motor de combustión interna de cuatro tiempos, siendo una alternativa practica y eficiente de la antecesora máquina de vapor.

El motor de gas creado por Etienne Lenoir; se trataba de una alternativa a la máquina de vapor, muy ruidosa y cuyo combustible empleado de difícil almacenaje por estar en estado gaseoso, generaba mucho calor. Otto afirmó que sería mucho más eficiente si el combustible utilizado estuviese en estado líquido.

Demostró que el motor funcionaba con la mitad de energía que hasta la fecha empleaban los motores conocidos.

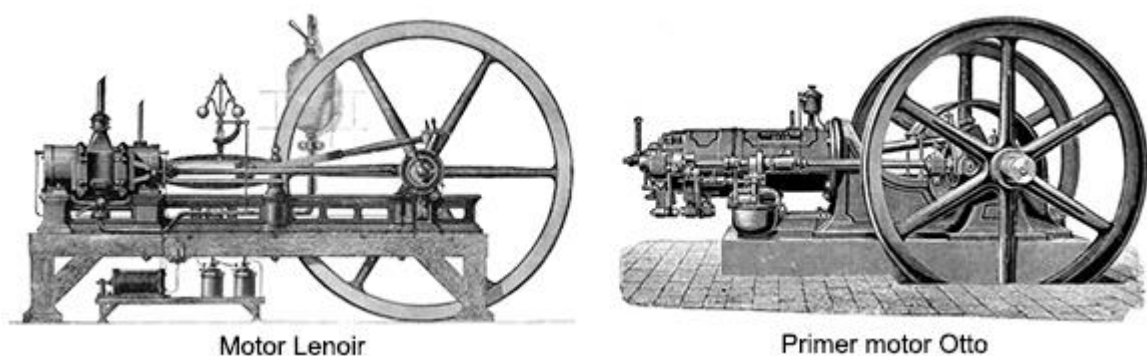


Ilustración 5. A la izquierda el primer motor de combustion interna Lenoir y a la derecha el motor de cuatro tiempos que Otto creó.

En 1876, lograron fabricar el primer motor inventado por Otto cambiando definitivamente los motores a combustión interna.

No obstante, los motores creados por Otto tenían demasiadas vibraciones y limitaciones en la energía generada, por lo que Otto implemento el uso de un pistón con cámara de combustión, con un proceso de 4 fases; admisión, compresión, expansión, y escape. También implemento el concepto de carga estratificada (inyección) lo que hacía que el motor fuese mucho menos ruidoso.

Daimler y Maybach, contratados por Otto, decidieron dejar la empresa en 1882 y crear una propia. Estos dos ingenieros crearon la llamada "Petroleun Reitwagen".

2.3.1. Primera motocicleta con motor de ciclo Otto de cuatro tiempos.

En 1882, Enrico Bernardi creó el “Motrice Pia”, el primer con motor de combustión interna alimentado por gasolina, casi al mismo tiempo que Wilhelm Maybach y Gottlieb Daimler.

El “Motrice Pia” es un motor de ciclo Otto de un solo cilindro, liviano, de cuatro tiempos con un cilindro de doble camisa de hierro fundido, 44 mm de diámetro, 80.5 mm de carrera, 122.5 cm³, 0.024 caballos a 200 rpm y 10 kg de peso. El motor es alimentado por gasolina desde un depósito de 20 litros ubicado en el cárter.



Ilustración 6. “Motrice Pia”, primer triciclo con motor de combustión interna de gasolina, creado por Enrico Bernardi .



Ilustración 7. Motrice Pia adaptado a la bicicleta del hijo de Enrico Bernardi.

En 1885 Wilhelm Maybach y Gottlieb Daimler, construyeron una motocicleta con cuadro y ruedas de madera accionada por un motor de cuatro tiempos de combustión interna de gasolina. La Petroleum Reitwagen.

2.3.2. La Petroleum Reitwagen

En 1872, Daimler y Maybach trabajaron para Nikolaus Otto en Deutz-AG-Gasmotorenfabrik en Colonia, Alemania, el mayor fabricante de motores estacionarios del mundo.

Nikolaus Otto, inventor del motor de combustión interna de cuatro tiempos, junto con Daimler, trabajaron en el desarrollo del motor y Maybach fue el jefe de diseño.

En 1882, Gottlieb y Wilhelm comenzaron a trabajar juntos; construyeron un taller en un antiguo invernadero en una finca de Taubenheimstraße en Cannstatt, Stuttgart.



Ilustración 8. Taller creado en un invernadero de Cannstatt, Stuttgart

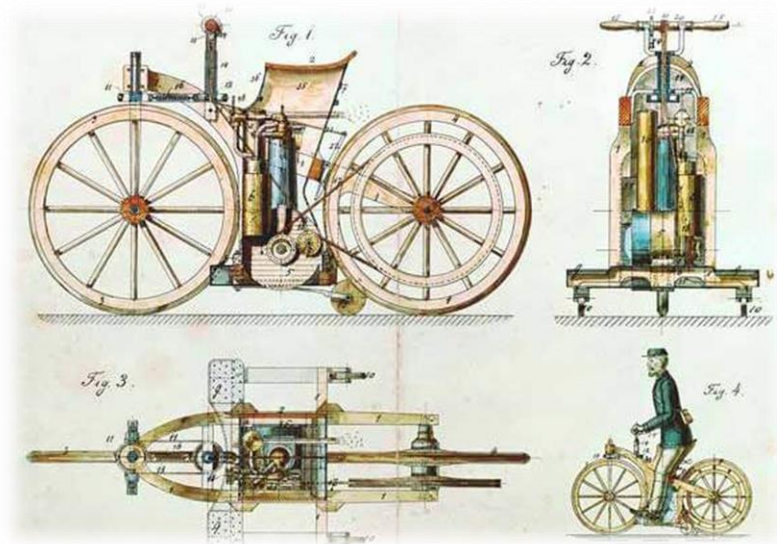


Ilustración 9. Planos realizados por Wilhelm Maybach del primer modelo ideado



Ilustración 10. Interior taller Cannstatt

Con los conocimientos que Daimler había adquirido trabajando para Otto y con la ayuda de Maybach, en 1883 crearon un motor horizontal de alta velocidad con un sistema de arranque por tubo caliente.

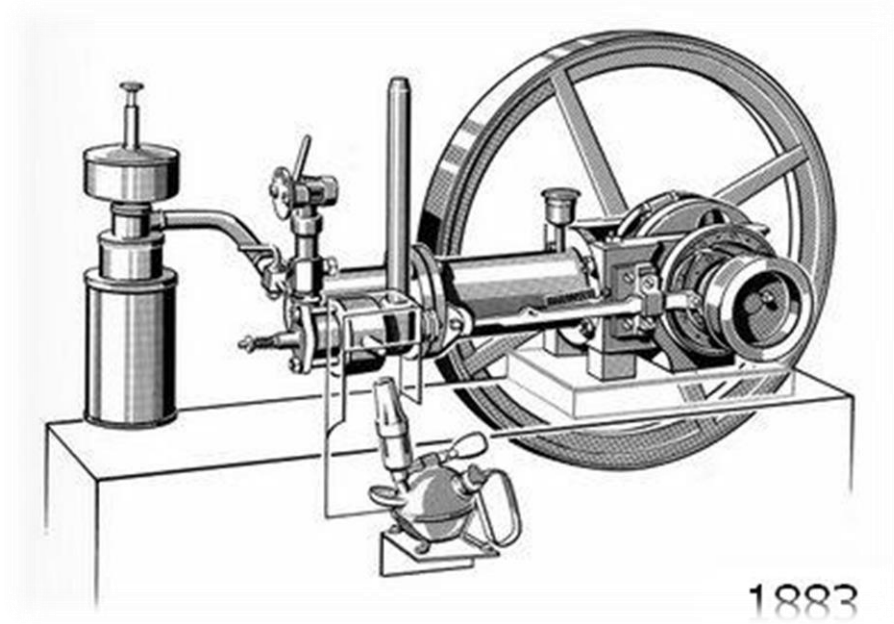


Ilustración 11. Motor horizontal de Daimler con sistema de arranque por tubo caliente

En abril de 1884, Daimler patentó el nuevo motor de gasolina, llamado “Reloj del abuelo”; compuesto por un cárter cerrado con un cilindro refrigerado por aire en posición vertical, tenía un peso de 60 kg, constaba de un cilindro con una cilindrada de 264 cm³ y una potencia de 0.5 caballos a 650 rpm.

La válvula de admisión funcionaba automáticamente por depresión del pistón, mientras que la válvula de escape se accionaba mediante un control de ranura curvada en el volante de inercia.

Gracias a su ligero peso y dimensiones, este motor fue muy adecuado para su adaptación en vehículos.

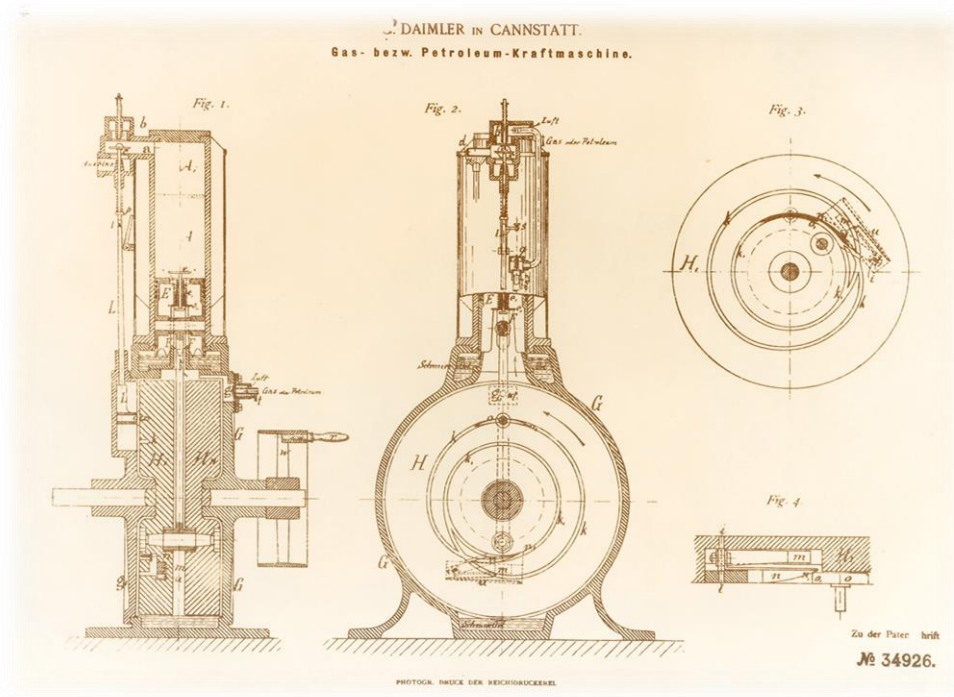


Ilustración 12. Planos del motor vertical “Reloj del abuelo”

Así, en 1885, Daimler construyó la primera motocicleta de gasolina llamada “Reitwagen” con dos ruedas adicionales para mantener el equilibrio. El motor se colocó en un chasis de madera de dos ruedas como banco de pruebas.



Ilustración 13. Primera y única Reitwagen construida con variaciones de su diseño inicial.

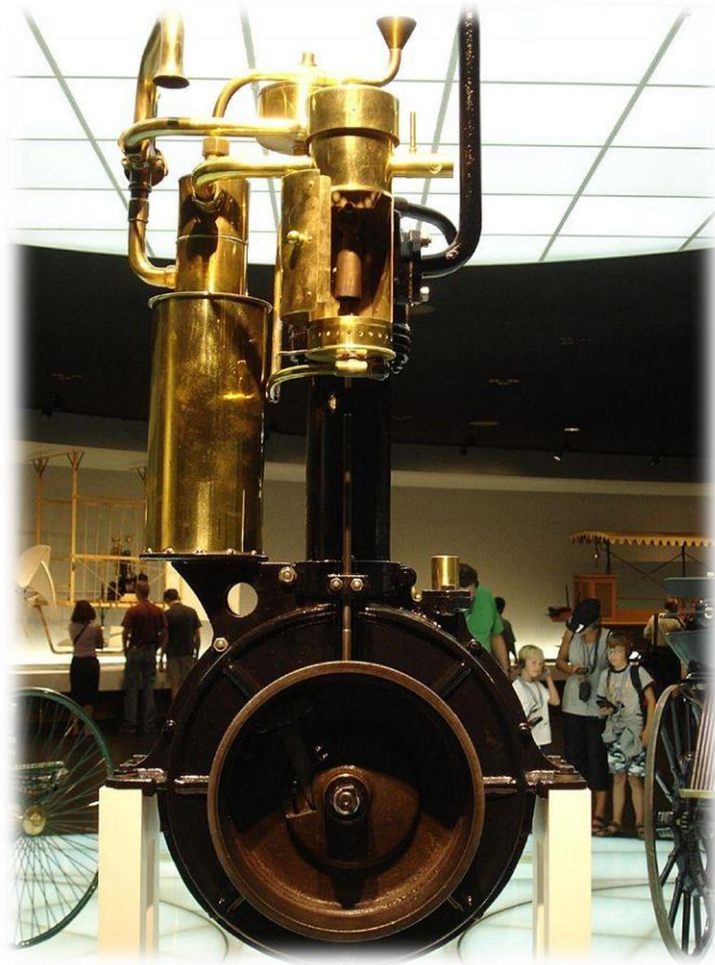


Ilustración 14. Motor “Reloj del abuelo” en el museo Mercedes-Benz de Stuttgart, Alemania.

El 10 de Noviembre de 1885, Adolf, el hijo de Daimler realizó un viaje desde Cannstatt hasta Unterturkheim de ida y vuelta (12 km) y el asiento de la moto comenzó a arder debido al calor del motor que se encontraba bajo el mismo.

Desafortunadamente, en un incendio que se produjo en la fábrica de Cannstatt en 1903, las instalaciones de producción, 90 vehículos (incluidos tres coches de carreras) y la “Reitwagen”, fueron destruidos. Por lo que a día de hoy solo existen algunas réplicas de ella, como las que están expuestas en el museo Mercedes-Benz de Stuttgart, el Deutsches Museum en Munich, el Honda Collection Hall en las instalaciones de Twin Ring Motegi en Japón, el Salón de La Fama de Motocicleta de AMA en Ohio y en Melbourne, Australia.



Ilustración 15. Incendio en la fábrica de Cannstatt

2.3.3. Versiones.

Más que versiones, se podría hablar de modificaciones, pues en 1884 con el motor de “Reloj del abuelo” desarrollado y patentado, Maybach realizó los planos con un diseño por transmisión por correa tensa desde el manillar y la dirección por piñón cremallera. Sin embargo, el sistema por el que se optó en 1885 fue un manillar simple con una manivela, la cual se accionaría hacia delante, para tensar la polea que transmitiría el movimiento a la rueda trasera y que, accionada hacia atrás, tensaría el cable que frenaría la rueda y destensaría la polea de transmisión.

Otro cambio realmente importante del que mas adelante se tratará, será la incorporación de una rueda de dos poleas con diferente diametro en el eje de salida del motor con una polea intermedia para la transmisión del par a la rueda trasera.

El motivo fue que con una sola polea, la velocidad y el par seria invariable, mientras que teniendo dos relaciones de transmisión diferentes, podria optarse por una velocidad corta y otra larga para poder adaptarse a las condiciones del terreno haciendo algo más versatil la Reitwagen. Sin embargo tenia el inconveniente que para cambiar de velocidad habia que parar la moto, quitar la rueda del eje del motor e

invertirla para cambiar a una polea diferente mientras que la correa seguía estando perfectamente alineada con la polea intermedia.

El accionamiento del gas, sería mediante una palanca adicional, cuyo objetivo era abrir y cerrar el paso de combustible en el carburador.

Cambios estéticos también los hubo, como por ejemplo el número de radios de las ruedas que inicialmente se ideó con doce radios, se terminó fabricando con diez. Los reposapiés pasaron de ser cuadrados a tener un diseño más estilizado acorde a la suela de los zapatos, el tipo de montura y soporte de ésta también varió, etc



Ilustración 16. Modelo definitivo que Maybach y Daimler fabricaron.

2.3.4. Características técnicas de la Petroleum Reitwagen.

En 1885, año en que apareció la Petroleum Reitwagen creada por Wilhelm Maybach y Gottlieb Daimler, los medios y tecnología empleada para su fabricación estaba muy limitada. Pues tanto el motor de ciclo Otto que adaptaron en el bastidor de madera de la moto, presentaba un diseño bastante robusto y una tecnología muy simple, aunque para ser el primer motor de combustión interna de cuatro tiempos con

motor de gasolina hasta el momento, supuso un importante avance para el desarrollo del transporte.

La Reitwagen estaba provista de un carburador con flotador con un pequeño depósito en su parte superior, un carter de aluminio y dos volantes de inercia.

La válvula de admisión funcionaba por depresión del propio pistón, mientras que la de escape lo hacía con un sistema de ranura en el volante del cigüeñal que mediante un empujador accionaba a esta válvula.

Para su funcionamiento era necesario un previo calentamiento de un tubo de platino que entraba en contacto con la cámara de combustión, esto se hacía mediante carbón en un pequeño quemador. Cuando la temperatura del tubo de platino era suficiente como para llevar a cabo el proceso de combustión, se accionaba con una manivela por el lado opuesto al eje de salida del motor para ponerlo en marcha.

El accionamiento del acelerador se hacía mediante una palanca en la parte delantera, debajo del manillar. Otra palanca se encargaría de tensar la correa de transmisión en un sentido, y de frenar la rueda trasera al accionarla en sentido contrario; de modo que cuando se tensaba la correa se destensaba el freno y viceversa.

2.3.4.1. Motor.

- Principio de combustión: 4 tiempos
- Configuración: vertical, bajo el asiento
- Nº de cilindros/disposición: 1 / disposición vertical
- Diámetro: 58 mm
- Carrera: 100 mm
- Cilindrada: 264 cm³
- Relación de compresión: 2.6

- Potencia nominal: 0.5 caballos a 600 rpm.
- Nº de válvulas / disposición: 2; admisión (automática) y escape (controlado)
- Operación de válvula: mediante control de ranura
- Sistema de combustible: carburador de superficie (quemador)
- Depósito de combustible: no montado (en la superficie del carburador)

2.3.4.2. Chasis.

- Diseño del bastidor: madera
- Suspensión de la rueda delantera: no
- Suspensión de la rueda trasera: directamente en el chasis
- Muelles traseros: no
- Muelles delanteros: no
- Dirección: manillar
- Sistema de freno (freno de pie): no
- Freno de estacionamiento (freno de mano): por palanca, actuando en rueda trasera
- Ruedas: ruedas de radios de madera de 600 mm
- Cubierta: acero de 35 mm de ancho
- Ruedas motrices: trasera

2.3.4.3. Transmisión.

- Elemento de transmisión: correa plana con polea en el eje

- Engranajes: piñón dentado en el eje de transmisión con anillo dentado interno en rueda trasera.
- Sistema de accionamiento: mediante palanca, con un tensor de correa
- Velocidades: 2
- Cambio de velocidades: cambiando la correa de posición con el vehículo parado.
- Velocidad máxima: 12 Km/h

2.3.4.4. Dimensiones y peso.

- Distancia entre ejes: 1030 mm.
- Llanta delantera / trasera: 550 mm
- Longitud: 1680 mm
- Altura: 1040 mm
- Peso en vacío: 90 Kg

2.3.5. Estudio cadena cinemática.

A continuación, se detallarán los valores de velocidad y par motor que tenían tanto la versión que inicialmente se consideró, y los valores de la versión que se llevó a cabo.

El motor tenía una entrega de potencia en el eje de 0,5 hp a 600 rpm, alcanzando una velocidad máxima de aproximadamente 12 Km/h, la misma para ambas versiones, sin embargo, la diferencia radica en las relaciones de transmisión.

2.3.5.1. Versión de diseño.

- Diámetro polea P1 eje motor: 73.5 mm
- Diámetro polea P2 eje motriz (rueda trasera): 416.5 mm
- Diámetro tensor T1 de correa (embrague): 56 mm

- Velocidad angular ω_1 polea P1: 600 rpm

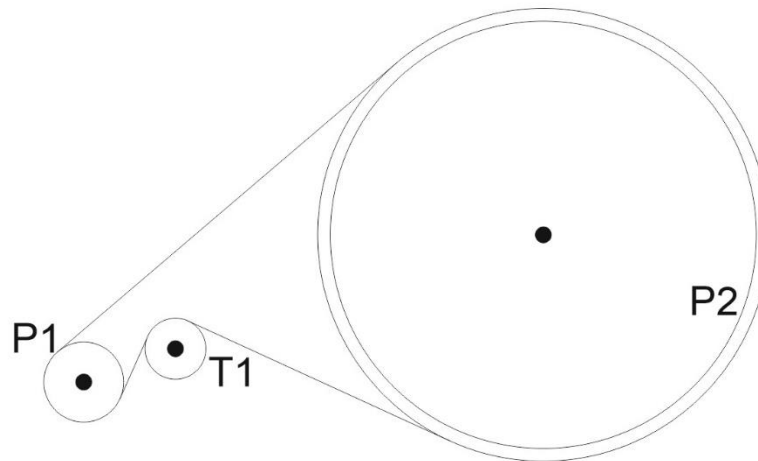


Ilustración 17. Relación transmisión versión inicial.

La relación de transmisión se calcula a partir de la relación de diámetros entre poleas; es decir, la relación de diámetros entre la polea del eje de salida del motor y la del eje motriz en la rueda trasera:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{416.5}{73.5} = 5.6$$

La velocidad de giro de la polea P2 la podemos calcular según la relación existente entre las velocidades angulares y sus diámetros:

$$\omega_1 * P_1 = \omega_2 * P_2 \rightarrow \omega_2 = \omega_1 * \frac{P_1}{P_2} = 600 * \frac{73.5}{416.5} = 105.88 \text{ rpm}$$

Con la relación de transmisión calculada, estamos en condiciones de calcular la velocidad final que alcanzaría la moto:

$$V = \frac{RPM}{\frac{P_2}{P_1}} * \frac{\pi * d_{rueda}}{1000} * \frac{60}{1000} = 11.97 \text{ Km/h}$$

Como se puede observar, la velocidad final que alcanzaría la moto es casi idéntica a la que figura en los documentos del museo mercedes-Benz de Stuttgart.

Con los diámetros de las poleas obtenidos del plano a escala 1:7 y el resto de datos obtenidos por diferentes fuentes hemos podido verificar la velocidad máxima que alcanzaría la moto.

Seguidamente se calcula el par a partir de la potencia del motor y de la velocidad angular de la polea P2 que, a su vez, es la misma que la de la rueda trasera a la que está ligada:

$$M = \frac{P}{\omega_2} = \frac{0.5 * 745.7 \frac{J}{s}}{105.88 * \frac{2\pi}{60} s^{-1}} = 33.16 N \cdot m$$

2.3.5.2. Versión de fabricación.

En este caso, una vez que el motor se puso en marcha y se hicieron las pruebas pertinentes, optaron por colocar una rueda de dos poleas de diferente tamaño en el eje del motor y una polea con un pequeño engranaje montanos sobre un mismo eje, que accionaria el engranaje con dentado interno de la rueda trasera.

El motivo de este cambio es bastante obvio, una moto que tan solo alcanzaba 12 km/h en llano con 90 Kg de peso había que hacerla algo más versátil para poder subir pendientes con la potencia que entregaba el motor.

La relación de transmisión fue la clave, con un tren de poleas y engranajes de diferentes medidas, se consiguió aumentar el par a costa de reducir la velocidad, posicionando la correa sobre una polea u otra en el eje del motor. Para cambiar de velocidad, había que parar el motor y sacar la rueda de dos poleas del eje, invertirla y volver a colocarla para que la correa estuviese en todo momento en línea con la siguiente polea; lo que hacía de este peculiar sistema de cambio de velocidades algo bastante rudimentario.

- Diámetro polea P1 eje motor: 119 mm
- Diámetro polea P2 eje motor: 182 mm
- Diámetro de tensor T1 de correa (embrague): 56 mm
- Diámetro de polea intermedia P3: 231 mm

- Diámetro de engranaje intermedio E3: 70 mm
- Diámetro de engranaje E4 motriz (rueda trasera). 350 mm

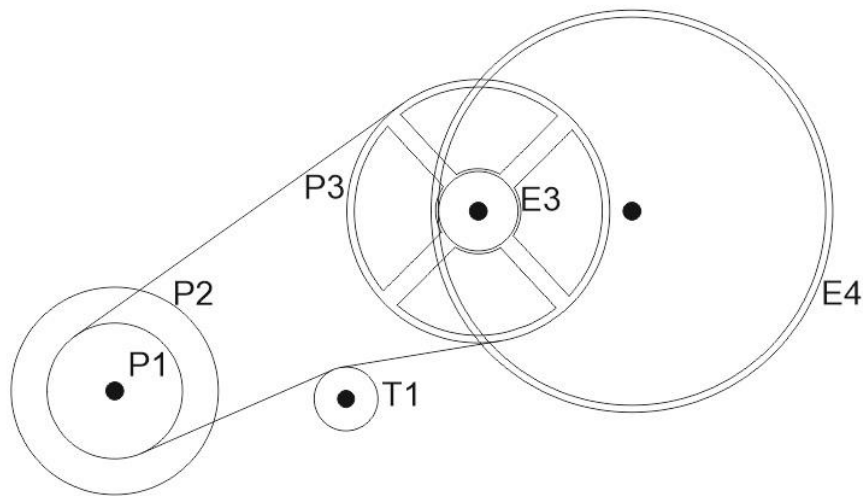


Ilustración 18. Relación transmisión versión fabricación.

Del mismo modo que en el caso de la versión inicial, vamos a calcular la relación de transmisión para la polea P1 con la polea P3 para obtener la velocidad máxima de la moto con esta configuración. También lo calcularemos para la relación de transmisión con P2 y P3.

$$\omega_1 * P_1 = \omega_3 * P_3 \rightarrow \omega_3 = \omega_1 * \frac{P_1}{P_3} = 600 * \frac{119}{231} = 309.09 \text{ rpm}$$

Como la polea P3 y el engranaje E3 son una misma pieza, la velocidad de giro de ambas (polea y engranaje) serán las mismas, de modo que:

$$\omega_3 = \omega_{E3} = 309.09 \text{ rpm}$$

Ahora, se calculará la velocidad del engranaje E4 que, por estar ligado a la rueda motriz, podrá obtenerse la velocidad máxima de la moto con esta relación de transmisión:

$$\omega_{E3} * P_{E3} = \omega_{E4} * P_{E4} \rightarrow \omega_{E4} = \omega_{E3} * \frac{P_{E3}}{P_{E4}} = 309.09 * \frac{70}{350} = 61.81 \text{ rpm}$$

Así pues, sería el momento de calcular la velocidad final de la motocicleta:

$$V = \frac{RPM E_3}{\frac{P_{E4}}{P_{E3}}} * \frac{\pi * d_{rueda}}{1000} * \frac{60}{1000} = 6.99 \text{ Km/h}$$

La velocidad máxima que, según ciertos artículos podía alcanzarse con esta configuración, era de unos 6 Km/h. Teniendo en cuenta que no tenemos planos del modelo de motor con dos velocidades para obtener las medidas de las poleas y engranajes, mediante imágenes, el plano original y con un software de diseño, pudimos obtener de forma muy aproximada los diámetros de las poleas y ruedas, determinando así la velocidad de 6.99 Km/h, bastante cercana a los 6 Km/h que afirman ciertos artículos.

Por último, el par obtenido en la rueda motriz podrá ser calculado a partir de la siguiente expresión:

$$M = \frac{P}{\omega_{E4}} = \frac{0.5 * 745.7 \frac{J}{s}}{61.81 * \frac{2\pi}{60} s^{-1}} = 56.8 \text{ N} \cdot m$$

Ahora, se procederá de forma análoga con los cálculos para el caso de la relación de transmisión configurada con la polea P2 y la polea P3

$$\omega_2 * P_2 = \omega_3 * P_3 \rightarrow \omega_3 = \omega_2 * \frac{P_2}{P_3} = 600 * \frac{182}{231} = 498.70 \text{ rpm}$$

$$\omega_3 = \omega_{E3} = 798.70 \text{ rpm}$$

$$\omega_{E3} * P_{E3} = \omega_{E4} * P_{E4} \rightarrow \omega_{E4} = \omega_{E3} * \frac{P_{E3}}{P_{E4}} = 498.70 * \frac{70}{350} = 99.74 \text{ rpm}$$

La velocidad final mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{RPM E_3}{\frac{P_{E4}}{P_{E3}}} * \frac{\pi * d_{rueda}}{1000} * \frac{60}{1000} = 11.28 \text{ Km/h}$$

Como puede observarse, el resultado es muy próximo a los 12 Km/h que, supuestamente, podía alcanzar esta motocicleta con los desarrollos más largos.

Para el cálculo del par de la rueda motriz, se procede del mismo modo:

$$M = \frac{P}{\omega_{E4}} = \frac{0.5 * 745.7 \frac{J}{s}}{99.74 * \frac{2\pi}{60} s^{-1}} = 35.7 N \cdot m$$

2.4. Ciclos termodinámicos y principio de funcionamiento.

2.4.1. Ciclo Rankine.

El ciclo Rankine se trata de un ciclo que opera con vapor, y que es el que se usa en centrales termoeléctricas. Se trata de calentar agua en una caldera hasta llegar a evaporarla y aumentar la presión de este vapor. El vapor será transportado a una turbina donde se generará energía cinética debido a la presión del vapor.

Seguidamente, el restante vapor a la salida de la turbina, pasará por un condensador, donde cambiará a estado líquido para poder ser bombeado para introducirlo nuevamente en la caldera y repetir el ciclo.

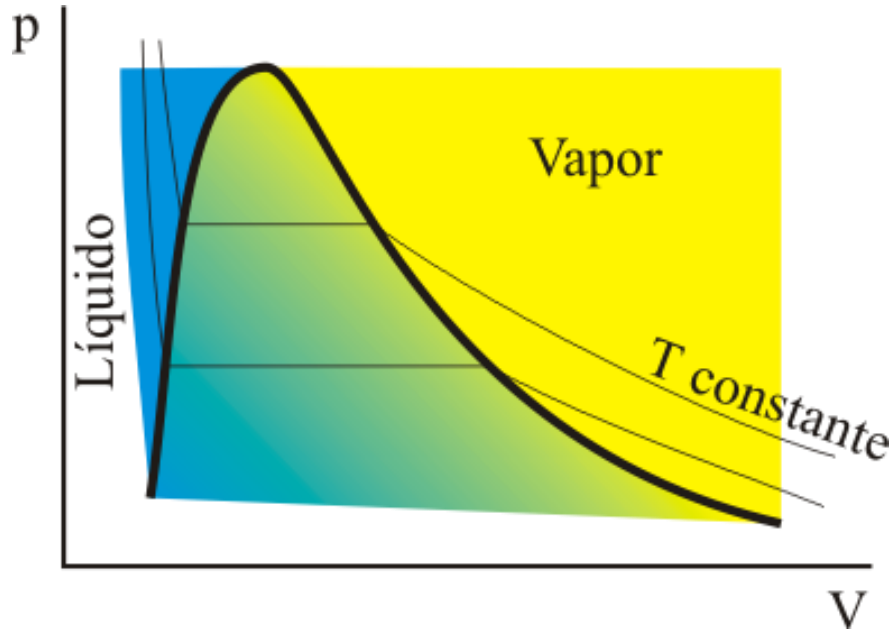


Ilustración 19. Ciclo Rankine.

2.4.2. Ciclo Otto.

En este tipo de motores, la gasolina junto con el aire se mezcla antes de entrar al cilindro, y durante la fase de admisión, la mezcla es absorbida por succión del pistón. A continuación la mezcla absorbida se comprime cuando el pistón llega a su PMS.

Seguidamente, justo después de la fase de compresión, la bujía produce la ignición de la mezcla, dando lugar a la explosión o combustión de la mezcla (considerado un aporte de calor a volumen constante). Cuando finaliza la fase de explosión, que es la fase que produce un trabajo, se abre la válvula de escape para que en el ascenso del pistón salgan los gases de la combustión al exterior.

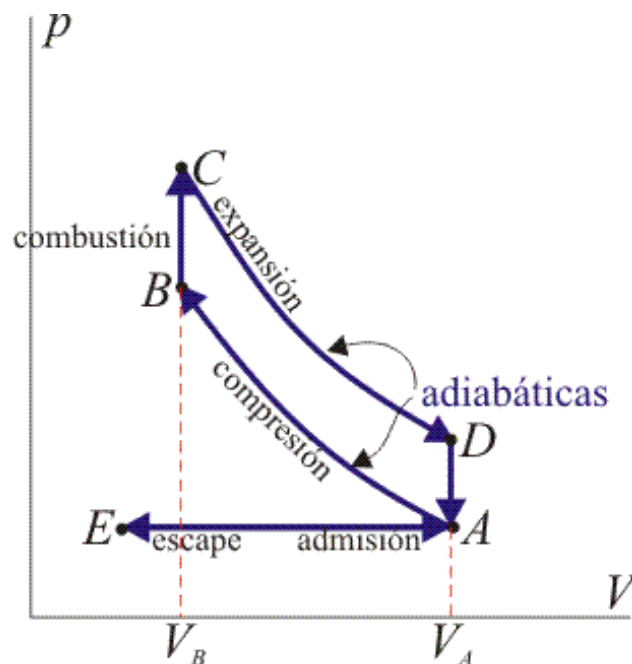


Ilustración 20. Ciclo Otto.

Por cada dos vueltas que realiza el cigüeñal, se realiza un ciclo. Siendo dos subidas y dos bajadas del pistón las que tienen lugar en un ciclo.

El ciclo Otto es una aproximación al ciclo real; pues en el ciclo real, los procesos son curvados correspondientes a procesos irreversibles.

3. OBJETIVOS.

En el presente trabajo de fin de grado, se realizará un modelado y ensamblaje 3D del diseño original de la primera motocicleta de la historia con motor de combustión interna y 4 tiempos; la Petroleum Reitwagen. Se partirá de las medidas originales del plano a escala 1:7 que fue realizado en su momento por Wilhelm Maybach, teniendo en cuenta las mejoras de diseño y transmisión que finalmente se implementaron en el modelo de trabajo.

Se tratará de realizar una reproducción lo más fiel a la original, partiendo de la información suministrada por el museo Mercedes-Benz de Stuttgart; planos, imágenes, artículos...

Se llevará a cabo el estudio de la cadena cinemática del modelo de diseño y del modelo de trabajo, que ya disponía de dos velocidades.

Por último, aunque no se contemplará el grupo termodinámico relacionado con las características y prestaciones del motor, es interesante tratar el tema relacionado con la transmisión, por lo que se mostrará una posible solución como mejora en el cambio de velocidades con respecto al sistema que tenía el prototipo original, tratando de traer esta motocicleta a nuestros días.

4. MATERIAL UTILIZADO.

El material que principalmente se empleará para el modelado y ensamblaje de la motocicleta será un software de diseño asistido por ordenador para modelado en 2D y 3D, concretamente SolidWorks con la versión del año 2016. Se tomarán medidas a partir de un plano a escala 1:7 que fue elaborado a mano en la época en que se desarrolló esta motocicleta.

Para el estudio de la cadena cinemática será precisa una aplicación de hojas de cálculo donde se obtendrán los resultados para cada una de las configuraciones de poleas y engranajes del bloque de transmisión.

5. PROCESO DE MODELADO DESCRIPTIVO Y PROPUESTA DE MEJORA.

5.1. Modelado.

Al tratarse de un proceso de modelado de cierta dificultad, lo primero de todo fue realizar un tutorial paso a paso para poder comprender y poner en práctica todos los comandos que nos facilita el Software, ya que nos serán muy útiles y agilizarán la tarea considerablemente. Se trata de un tutorial de 5 bloques que comienza desde lo más básico y elemental del 2D hasta el ensamblaje de piezas, conjuntos y subconjuntos en 3D.

En el modelado de la motocicleta podrá verse que presenta pequeñas diferencias con respecto a su modelo original, principalmente en la geometría del bastidor. Al tratarse de un bastidor de madera, cierto chaflanes y redondeos presentaban cierta complejidad para poder asemejarlos en su totalidad. De cualquier modo, como ya se ha dicho, al tratarse de una motocicleta de madera, estas pequeñas diferencias estéticas se solucionarían en el momento de llevar a cabo la construcción real de la moto por parte del carpintero o ebanista con las herramientas pertinentes para dicha tarea.

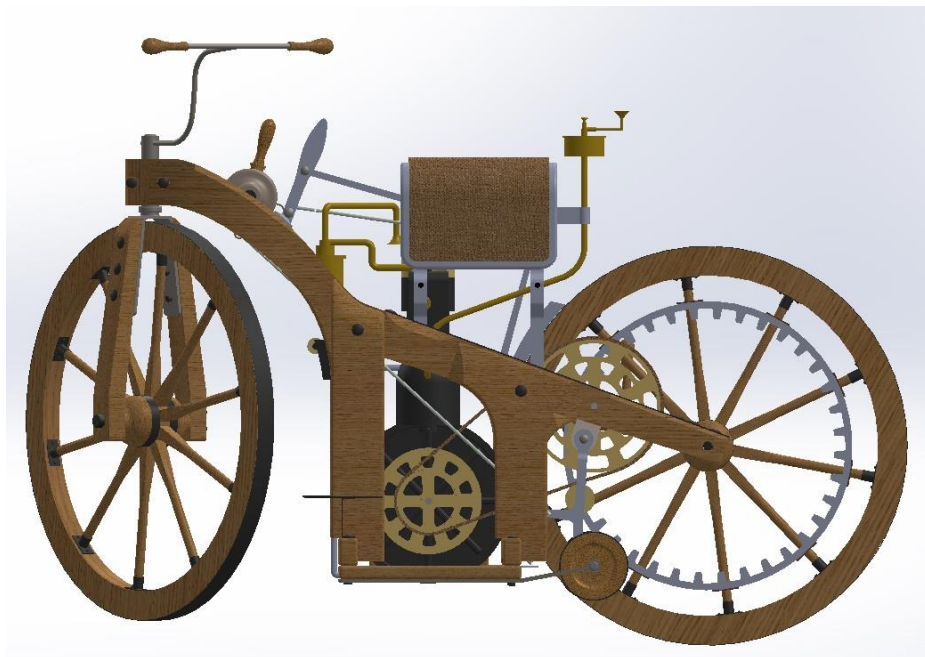


Ilustración 21. Perfil izquierdo modelado motocicleta completo.

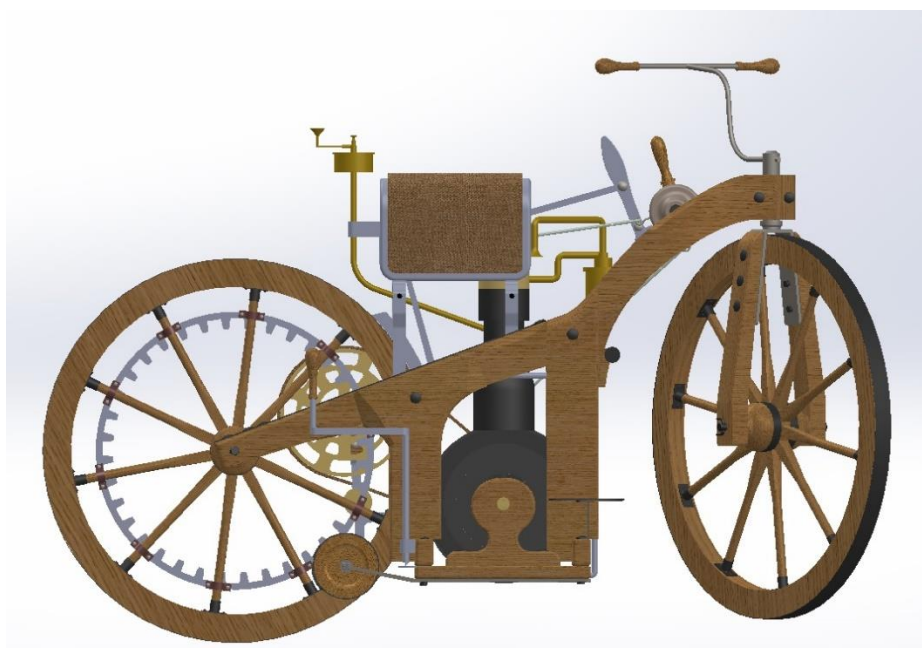


Ilustración 22. Perfil derecho modelado motocicleta completo.

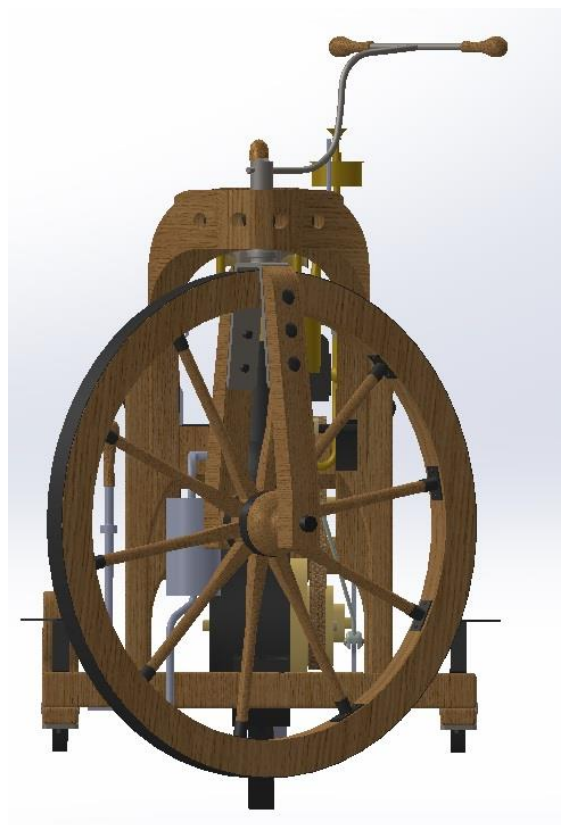


Ilustración 23. Alzado anterior modelado motocicleta completo.

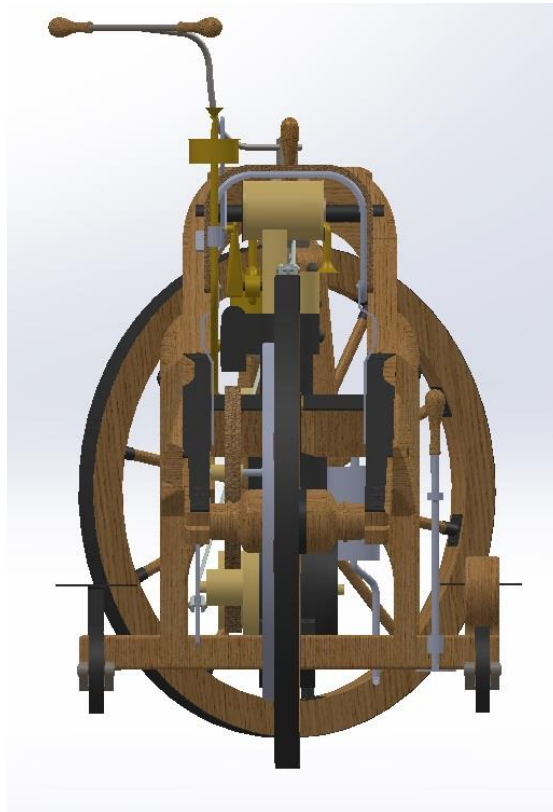


Ilustración 24. Alzado posterior modelado motocicleta completo.

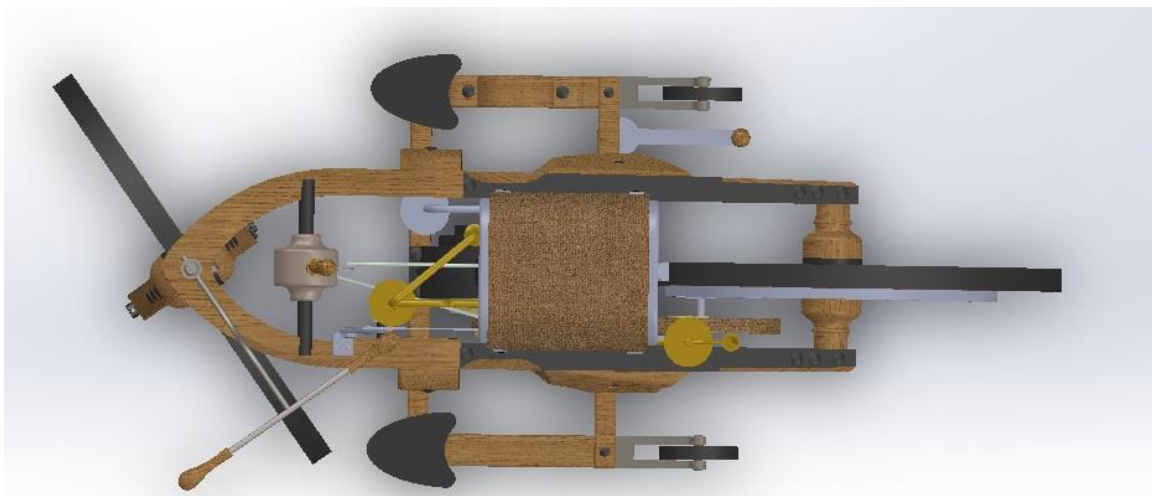


Ilustración 25. Planta modelado motocicleta completo.

Puede observarse que la apariencia de ciertos elementos metálicos no es muy realista, al igual que la de los elementos orgánicos como la madera o cuero. Se ha tratado de asemejarlo todo lo que ha sido posible de todas las apariencias que SolidWorks nos ofrecía.

A continuación, para comprender mejor y poder entrar en detalle de cómo se ha modelado esta motocicleta y las soluciones que se han adoptado en ciertos aspectos, se irá desgranando el modelado en subconjuntos; tales como el tren delantero, tren trasero, bastidor, bloque de transmisión, accesorios y motor. Además, por cada subconjunto se comentarán las piezas que lo componen, analizando aquellas que sean más relevantes a nivel de diseño.



Ilustración 26. Subconjunto tren delantero.

En este primero subconjunto, como puede apreciarse, está compuesto por numerosos elementos. Primeramente, se analizará la rueda y a continuación la dirección y horquilla.

La rueda, está compuesta por la propia llanta, banda de rodadura metálica (cubierta), 10 radios de madera de sección no uniforme, elementos de anclaje a llanta, buje central y eje.

La llanta, de sesenta milímetros de diámetro exterior presenta una cubierta metálica de dos milímetros de grosos a modo de proteger el deterioro de la madera y

alargar su vida útil. Ambas piezas son dos aros modelados del mismo modo perfectamente alineados entre sí, uno dentro del otro.

Los radios presentan algo más de complejidad; para modelarlos hubo que realidad tres planos paralelos entre sí con diferentes secciones para poder definir la geometría característica de este elemento de sección variable. Además, está sobredimensionado para poder alojarlo en el interior del buje una profundidad determinada.

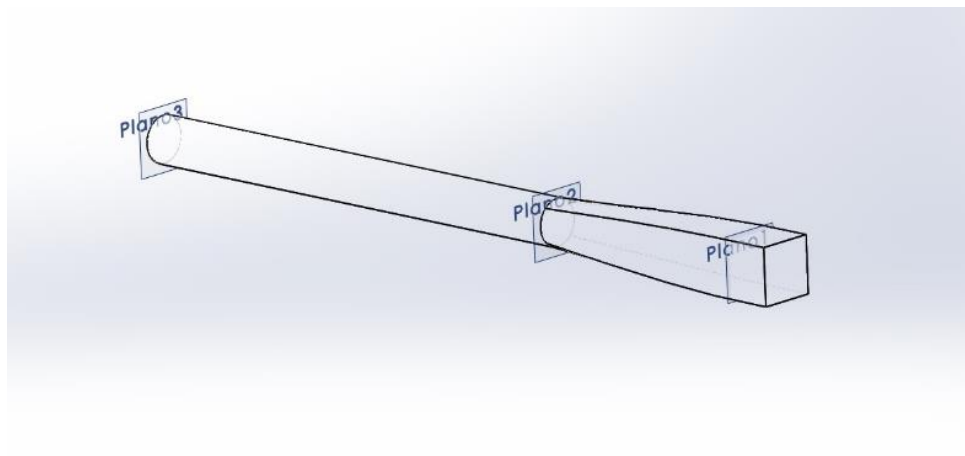


Ilustración 27. Croquis de radio.



Ilustración 28. Radio.

Los elementos de sujeción entre radio y llanta, se tratan de unas piezas con un alojamiento de la misma sección circular que el radio para poder alojarlo en su interior

y fijarlo a la llanta mediante clavos. Es una pieza muy sencilla de modelar; un cilindro hueco con una superficie plana con dos taladros para fijarlo con puntas o clavos.

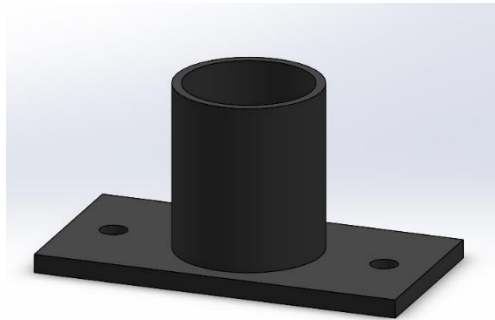


Ilustración 29. Soporte de radio.

La pieza más laboriosa de la rueda, puede ser el buje. El buje se modeló de forma análoga a la llanta. Se genera un croquis sobre un plano de una circunferencia que se extruirá. A continuación, se elabora un nuevo croquis sobre una de sus caras, marcando mediante líneas constructivas partiendo del centro del buje y distanciadas 36° , para marcar los centros de los alojamientos de los radios por su otro extremo.

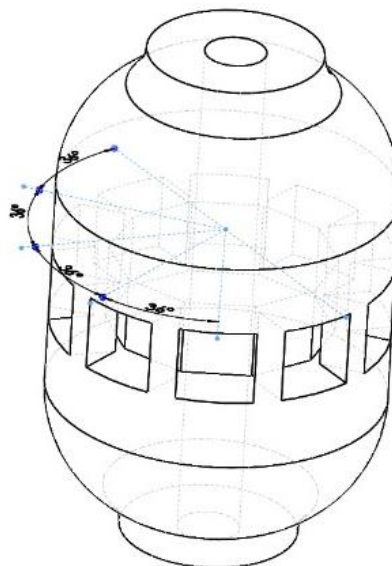


Ilustración 30. Modelado del buje y acotación de alojamientos para radios.

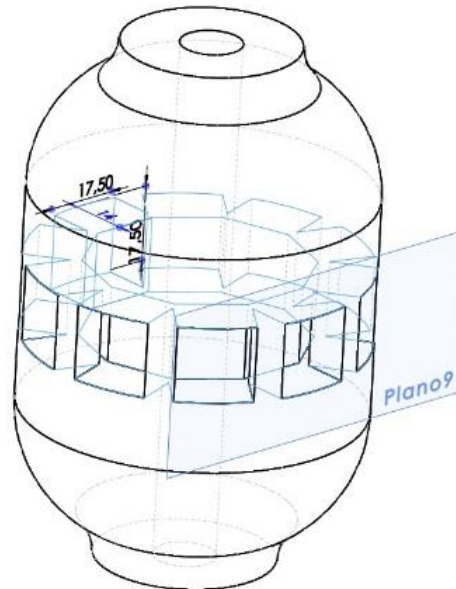


Ilustración 31. Mecanizado de alojamientos para radios.

A continuación, se realiza un nuevo croquis en un plano diferente, con el perfil que debería tener el extremo del buje a un lado, y otro croquis con revolución al otro lado del buje. Para finalizar se hace una extrusión-corte por donde pasaría el eje de la llanta.



Ilustración 32. Buje delantero.

Por último, el elemento que fija todo el conjunto y sobre el que se sostendrá todo el conjunto de la rueda en la horquilla, será el eje.

El eje no es más que un cilindro de una determinada longitud y diámetro, el cuál presenta un aumento de sección en uno de sus extremos a modo de “tope” con la horquilla; y en el otro extremo tendrá un taladro transversal sobre el cuál se colocará un pasador como elemento de bloqueo para evitar que el eje se salga de la rueda.

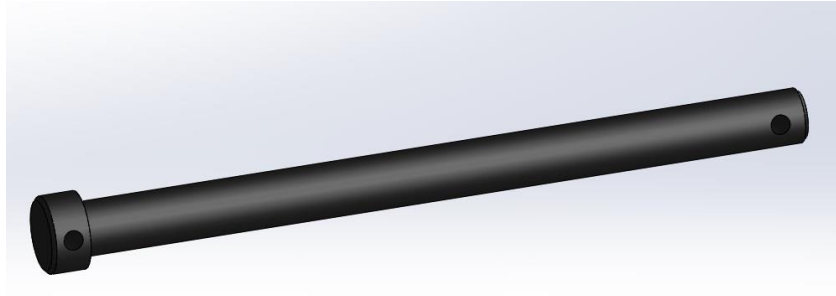


Ilustración 33. Eje delantero.

Con este ultimo elemento finaliza el conjunto de la rueda delantera y se procederá a mencionar el conjunto de horquilla y dirección para, así, culminar con el proceso descriptivo del modelado del tren delantero de la motocicleta.



Ilustración 34. Conjunto horquilla y dirección.

De forma análoga, se procede con el desarrollo del grupo horquilla-dirección. Empezando por el elemento principal sobre el que se sustentará todo el conjunto de rueda y motocicleta en general, la horquilla.

La horquilla será un elemento compuesto por una tija, alojamiento para bolas de dirección y un eje de dirección. Para su modelado hubo que realizar en primer lugar la tija con el ángulo de apertura pertinente, sobre el que se colocaran los brazos de horquilla que más adelante se mencionaran. Sobre un plano determinado, se realizará un croquis con la geometría determinada y se hará una extrusión para darle volumen. Seguidamente se practican 6 taladros (3 en cada lado) para los brazos.

Pasamos al eje, soldado en la parte plana de la tija en el que se modelará la cazoleta para las bolas de dirección. Esta cazoleta se modelará aumentando la sección del eje a una determinada distancia de la parte plana de la tija y usando la operación extrusión/corte para el alojamiento de las bolas, quedará conformada la cavidad para éstas. El eje continuará con la misma sección desde en la base de la tija hasta su parte superior donde se acoplará el manillar, a través de un agujero transversal practicado en la parte superior del eje.

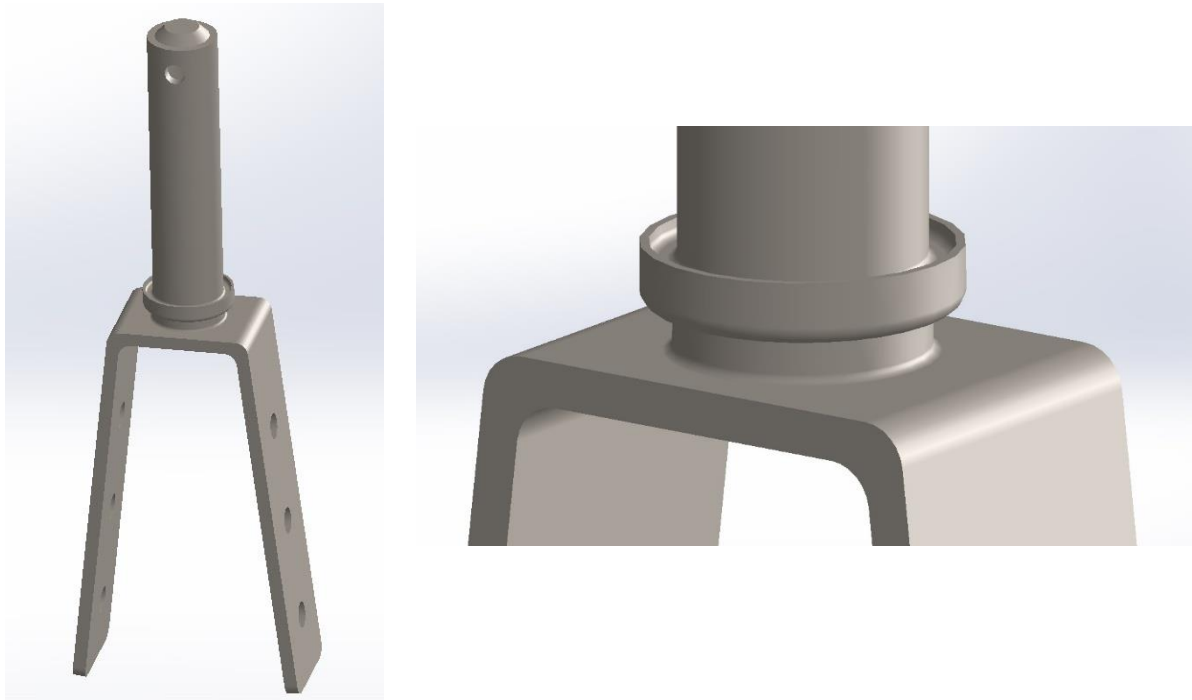


Ilustración 35. Horquilla y detalle de cazoleta.

Los brazos de la horquilla, se modelarán sobre la propia horquilla de modo que tendrán el mismo grado de inclinación y en su parte baja, quedarán paralelos al buje sobre el que se fijarán mediante el eje.

Para modelarlos se dibujará un croquis con la geometría y medidas características a partir del plano, se practicarán redondeos en las partes inferior y superior de los brazos con fines estéticos y se practicarán los taladros para sujeción del brazo y eje.

En primer lugar, se practicará el taladro del eje para poder ensamblarlo perfectamente, y así quedar perfectamente definido con las relaciones de posición necesarias para los posteriores taladros del brazo de horquilla a la propia horquilla.

Se colocará la horquilla de forma que quede perfectamente alineada y tangente con la superficie del brazo. En este punto será el momento de practicar los tres taladros por brazo, de forma que se perfore tanto la tija como el brazo de la horquilla para la posterior colocación de los remaches de fijación.

Como la horquilla es simétrica, los brazos también lo serán; así pues, modelando un único brazo podrá colocarse el mismo en el lado opuesto de la tija.



Ilustración 36. Brazo de horquilla.

A continuación, se pasará al manillar, que tendrá sección circular con el mismo diámetro que el taladro superior del eje. Mediante un croquis circular y una línea de barrido se realizará el tramo curvo de éste; seguidamente el tramo de mandos de agarre a partir de un plano perpendicular al croquis anterior justo donde acaba el barrido. Con el comando extrusión, se le dará volumen y distancia simétricas a ambos lados donde se colocarán las empuñaduras.

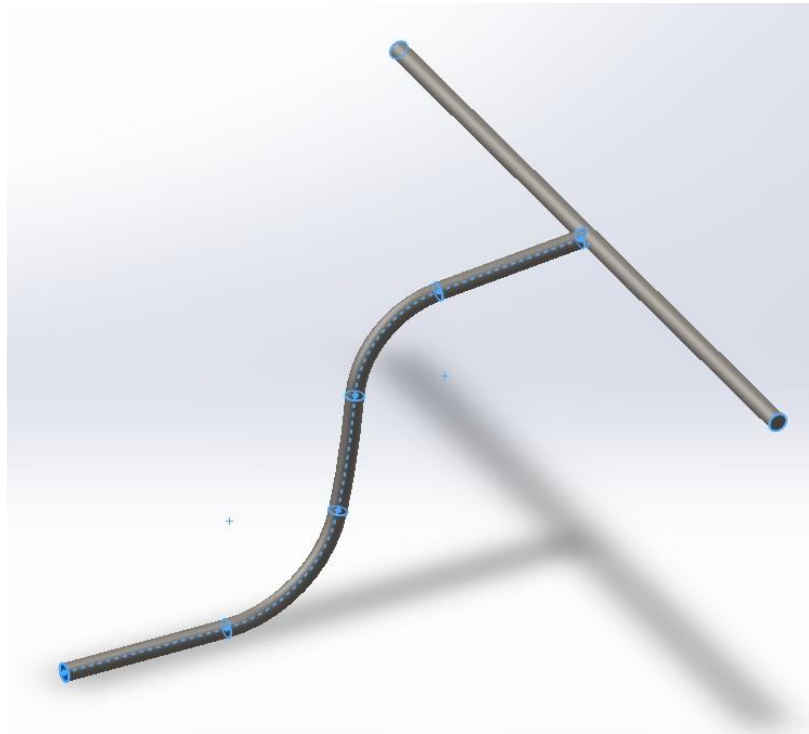


Ilustración 37. Manillar.

Las empuñaduras están realizadas mediante un croquis y usando el comando de revolución para conseguir un diseño ergonómico semejante al original. Se le practicará un taladro no pasante para colocar las empuñaduras.

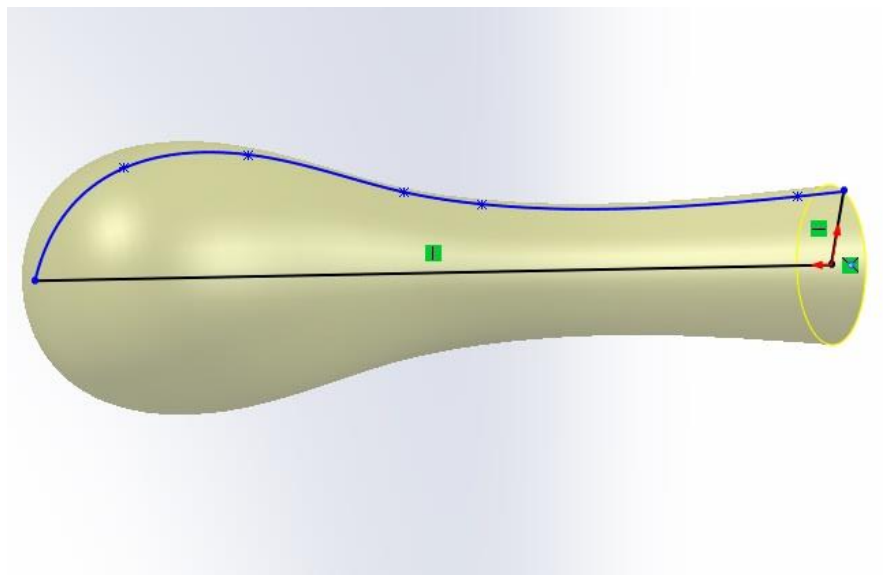


Ilustración 38. Revolución croquis empuñadura.

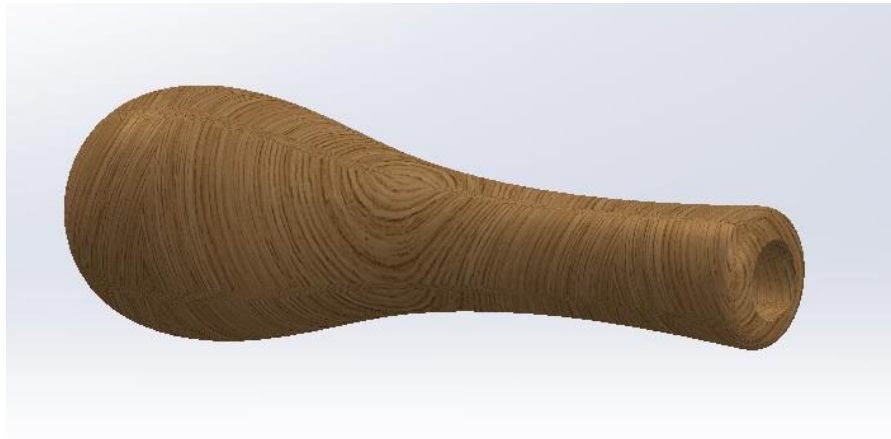


Ilustración 39. Empuñadura

Se colocarán las bolas en la cazoleta de dirección con un diámetro igual a la cavidad de la cazoleta y usando el comando de matriz para poder albergarlas en el interior igualmente espaciadas unas de otras. Por último se colocará la arandela de fijación o pista superior de la cazoleta.

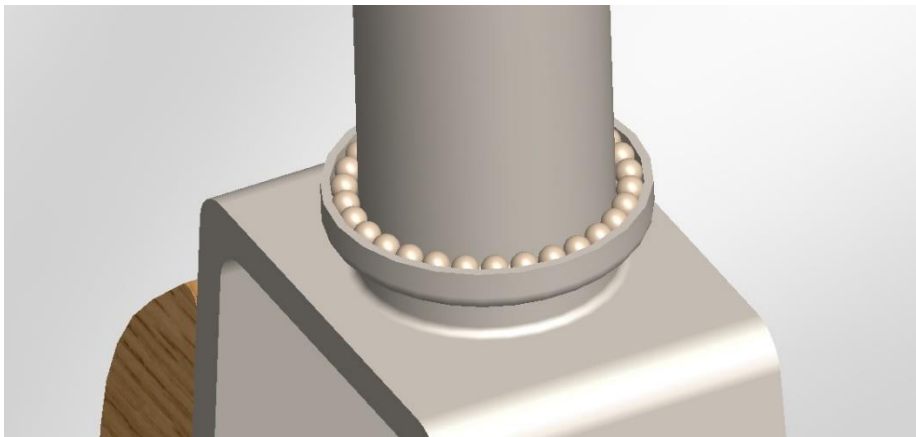


Ilustración 40. Bolas rodamiento dirección.

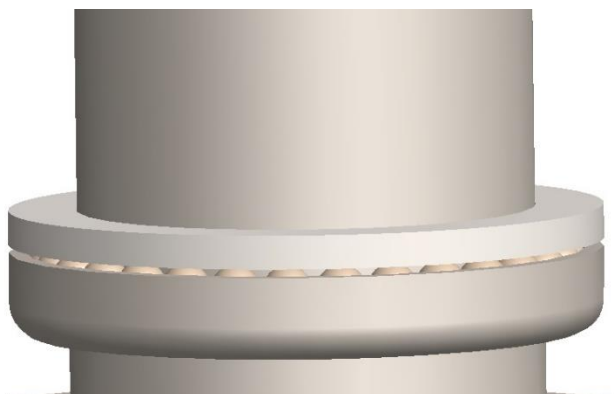


Ilustración 41. Pista de dirección superior.

Como puede verse, el tren delantero está completamente definido pieza a pieza, considerando las piezas que han tenido mayor interés y laboriosidad a la hora de diseñar y de posicionarlas en el ensamblaje principal, sobre el que se han ido incorporando piezas una a una.

A continuación, se desarrollará el modelado y montaje del tren trasero, cuya rueda motriz será la encargada del desplazamiento de la motocicleta.

A esta rueda irá ligada una rueda dentada que formará parte del bloque de transmisión y que será incorporada en este conjunto como un elemento más del tren trasero.

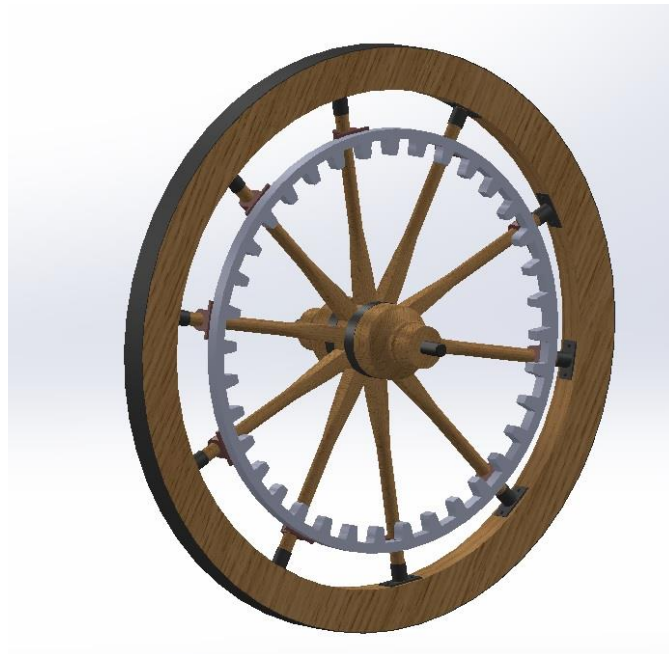


Ilustración 42. Modelado completo tren trasero.

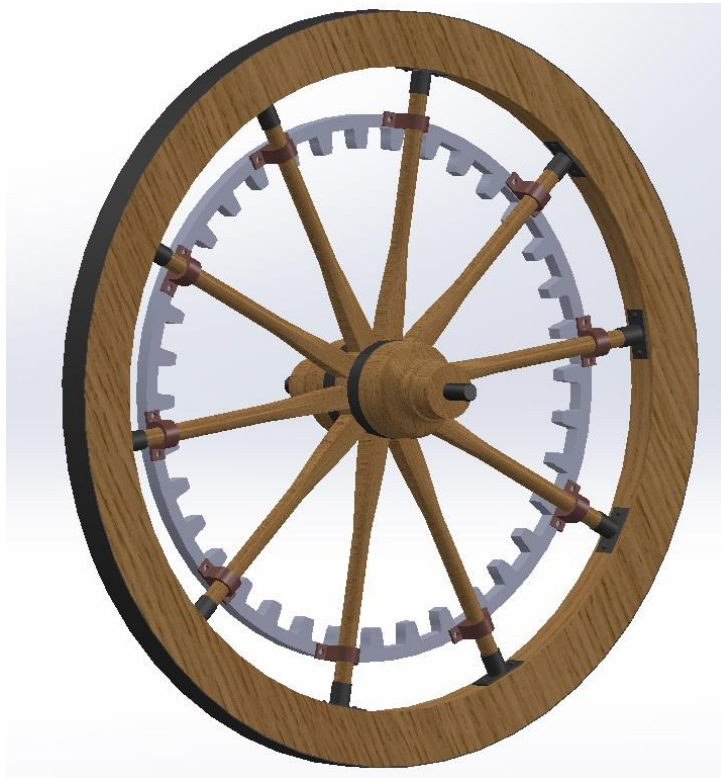


Ilustración 43. Modelado completo tren trasero.

Tal y como puede observarse en la imagen, el tren trasero estará compuesto por una llanta, banda de rodadura o cubierta, elementos de sujeción de radios, radios, buje central, eje, rueda dentada y elementos de sujeción de la rueda dentada.

En el caso de la llanta y banda de rodadura, se han generado el mismo modo que para el tren delantero. Teniendo en cuenta que ambas llantas tienen dimensiones exactas, al modelar una servirá para sendos trenes.

Lo mismo ocurre con los radios y sus elementos de sujeción; presentan las mismas dimensiones y geometría, con lo cual se evita el nuevo diseño de estos elementos. Sin embargo, habrá que modelar un nuevo buje, eje, elementos de sujeción de la rueda dentada y, por supuesto, la rueda dentada.

La rueda dentada se ha modelado atendiendo a las medidas del plano original, con un diámetro externo de cuatrocientos treinta y cuatro milímetros, un diámetro interno de trescientos ochenta milímetros y un diámetro primitivo de cuatrocientos milímetros. Para ello, se han realizado tres circunferencias concéntricas con los diámetros ya mencionado sobre un mismo croquis. Para la geometría de los dientes, con centro en la circunferencia del diámetro primitivo se ha dibujado una

circunferencia de diámetro cuarenta y cinco milímetros, y donde esta circunferencia intersectaba nuevamente con la del diámetro primitivo, realizábamos otra nueva circunferencia de cuarenta y cinco milímetros. Así hasta dibujar cuatro idénticas.

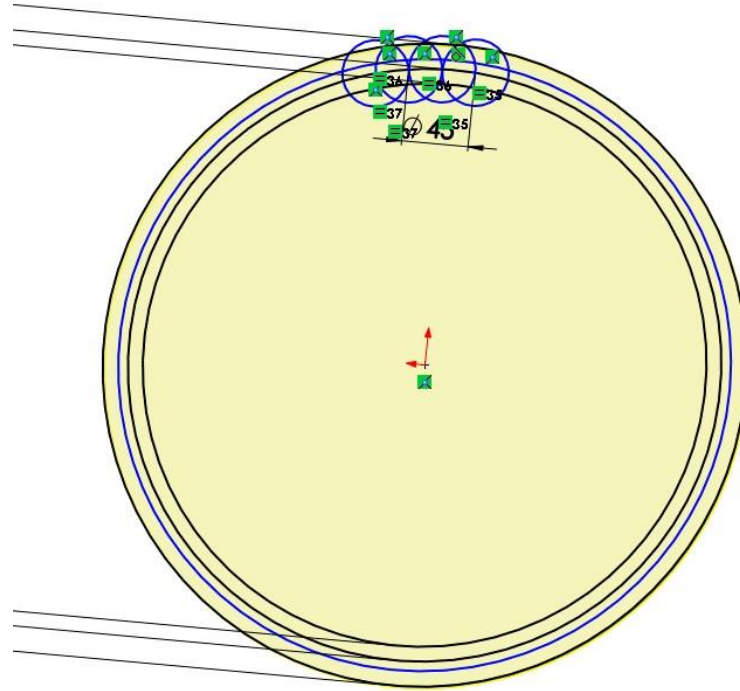


Ilustración 44. Croquis rueda dentada.

Seguidamente, se deberá seleccionar los fragmentos de las circunferencias descritas, que serán las que marcarán el perfil del diente. Una vez configurada la sección, mediante el comando extrusión se hará un corte “hasta el final”.

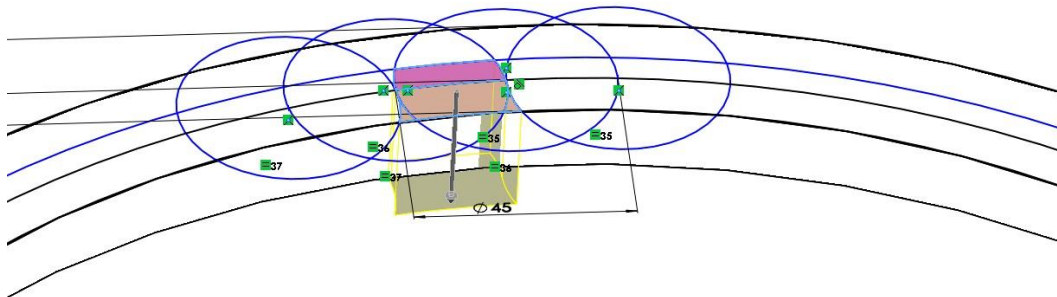


Ilustración 45. Croquis perfil de diente.

Con el uso del comando matriz se podrán definir los 36 dientes de esta rueda dentada tal y como se muestra en la imagen.

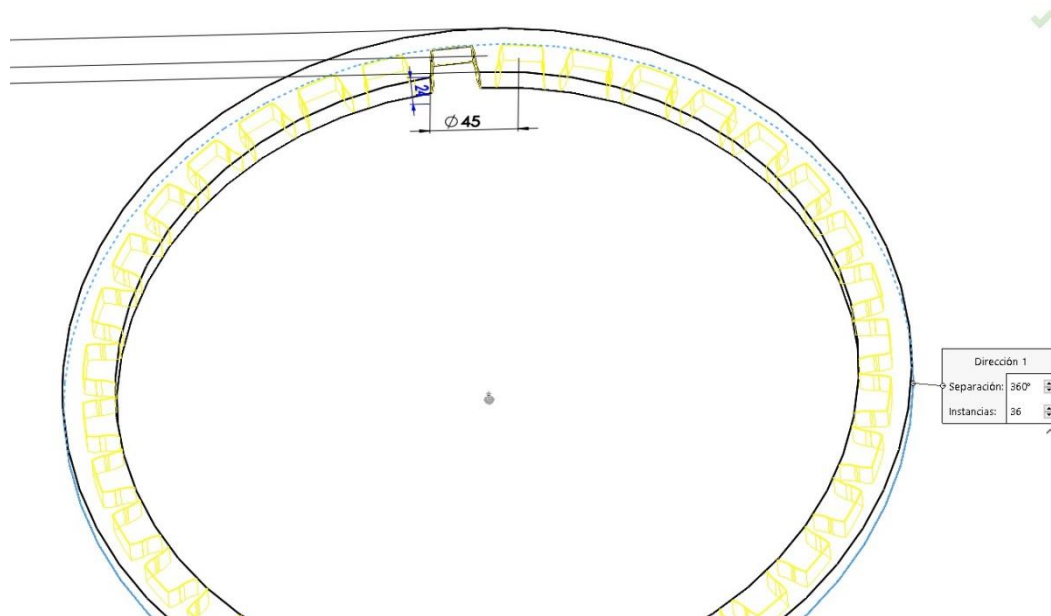


Ilustración 46. Matriz para generación de dientes.

Finalmente, la rueda dentada quedará perfectamente definida, aunque la geometría del diente no es del todo precisa, puesto que el engranaje que le transmitirá el movimiento provoco ciertos errores por relaciones de posición geométrica.

Hay que tener en cuenta que el modelado del engranaje es meramente visual, pues sus dimensiones quedan definidas en apartados anteriores donde se estudia la cadena cinemática.

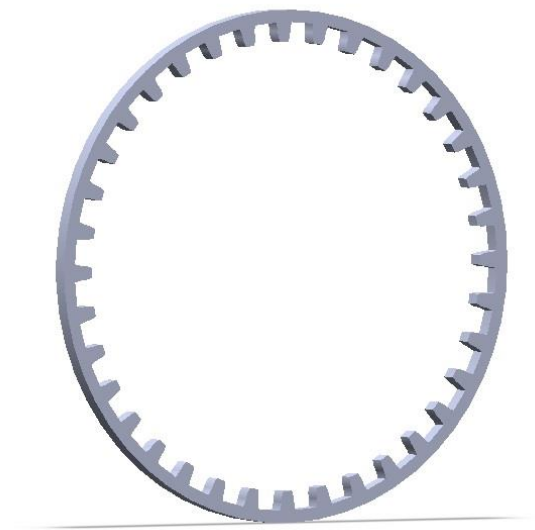


Ilustración 47. Rueda dentada terminada.

Esta rueda dentada se incorporará al ensamblaje principal teniendo en cuenta las relaciones de posición que facilitaran la tarea a la hora de ubicarla en su posición exacta. Siendo una circunferencia concéntrica con la llanta y, que para que quede perfectamente colocada deberá acoplarse a cada uno de los elementos de sujeción que se ubicaran en los propios radios.

El elemento de sujeción de la rueda será conformado a partir de un croquis con la geometría de la siguiente imagen. Donde el taladro principal tendrá el diámetro del radio, ya que irá ubicado ahí. Seguidamente será extruido para darle volumen y se le practicarán dos taladros para poder fijarlo con pernos a la rueda dentada.

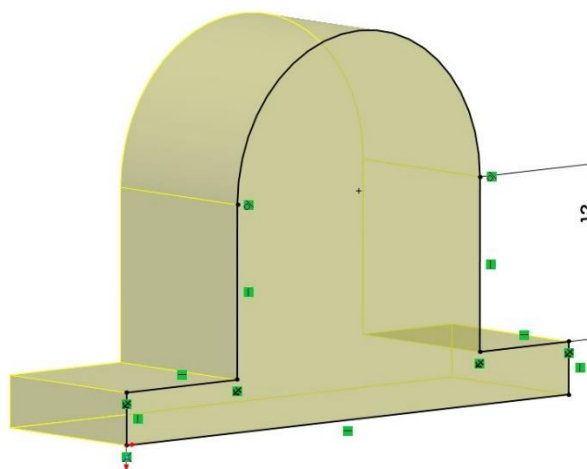


Ilustración 48. Extrusión de croquis del elemento de sujeción.

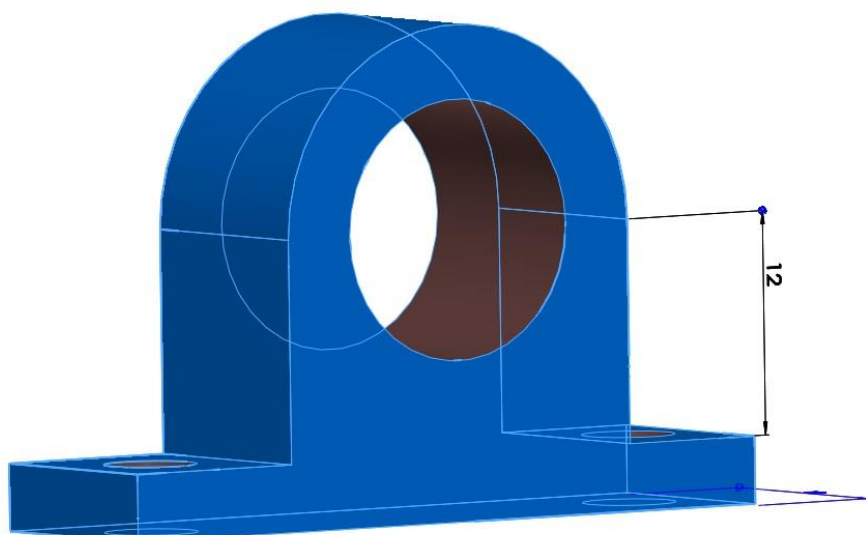


Ilustración 49. Extrusión-corte del orificio para el radio.

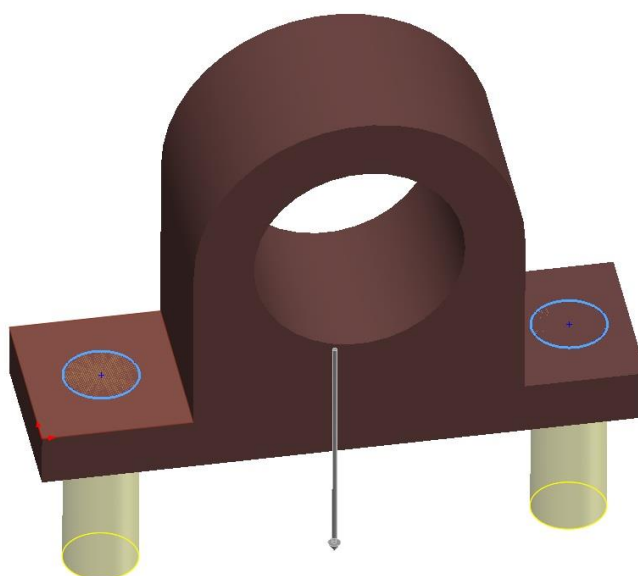


Ilustración 50. Extrusión-corte de los taladros de anclaje.

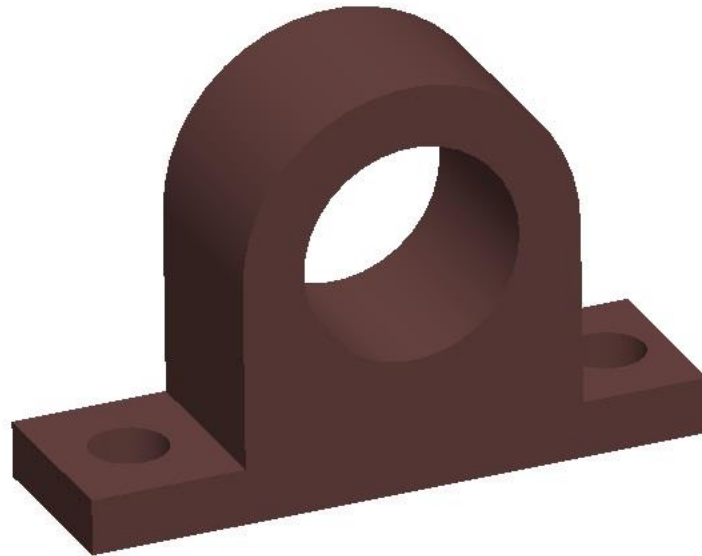


Ilustración 51. Elemento de sujección de rueda dentada terminado.

Este elemento estará listo para ubicarlo en cada uno de los diez radios de la rueda trasero y posicionarlo en el lugar adecuado, siendo totalmente coincidente con la superficie lateral de la rueda dentada donde se fijará mediante los elementos de sujección pertinentes.

El buje trasero será confeccionado del mismo que el delantero, solo que tendrá diferentes dimensiones y estará más estilizado. Se realizará un croquis con el perfil determinado de la mitad del buje y seguidamente se hace una revolución para generar un sólido. A continuación, mediante simetría se terminará de completar y estará listo para pasar al siguiente paso.

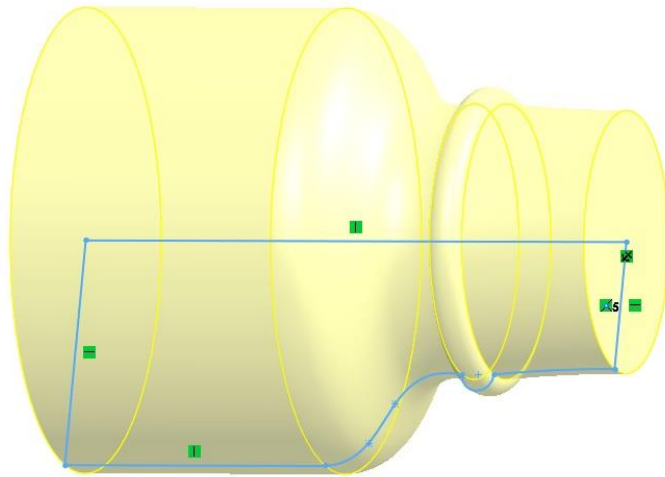


Ilustración 52. Croquis y revolución de buje trasero.

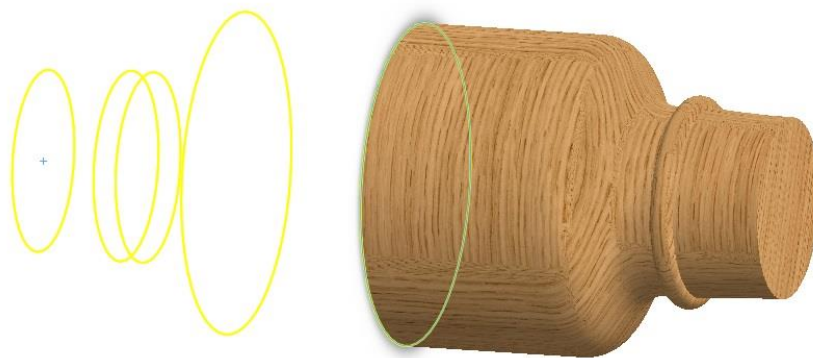


Ilustración 53. Simetría buje trasero.

La apariencia de madera de roble la seleccionaremos dentro del catálogo de maderas que ofrece SolidWorks; en este caso se trata de Roble satinado. Se hará lo mismo con todos los elementos de madera.

A continuación, se realizará el orificio para el eje trasero y se practicarán los orificios donde se alojarán los radios en el buje, procediendo del mismo modo que para el buje delantero. Se usará un plano de referencia donde se dibujará un croquis con la sección del radio y seguidamente se practicará el orificio con el comando extrusión-corte hasta una profundidad determinada.

Con uso del comando matriz, se generarán el resto de orificios en todo el perímetro del buje.

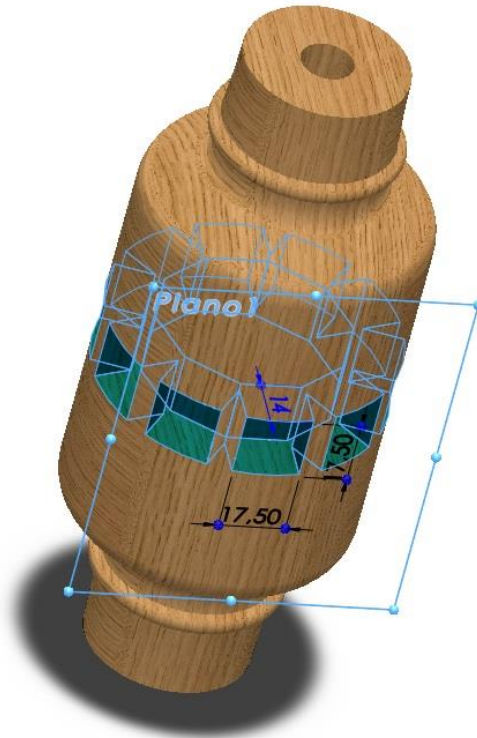


Ilustración 54. Orificios para radios.

En este punto, el buje queda perfectamente definido y listo para montar sobre él cada uno de los elementos que conformaran el tren trasero. Así el conjunto quedará preparado para incorporarlo al ensamblaje principal sobre el propio bastidor.

Por último, se modelará el eje con una sección uniforme y una longitud determinada. Se le harán chaflanes en sus extremos con fin de evitar rebabas del propio acero y se ubicara, mediante las relaciones de posición en el interior del buje.



Ilustración 55. Buje trasero terminado.

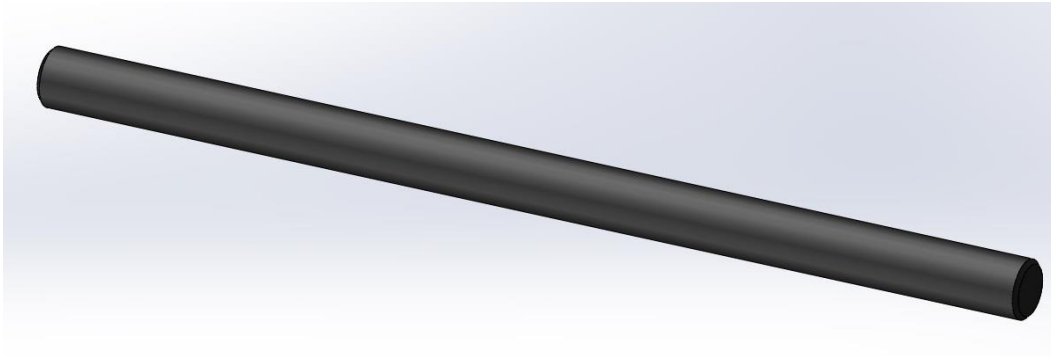


Ilustración 56. Eje trasero.

Sin lugar a duda, la parte más difícil de este modelado ha sido el modelado del bastidor.

El bastidor ha sido modelado con multitud de dificultades, debidas a la geometría tan característica, siendo mucho mas fácil de confeccionar a mano que mediante un software de CAD como SolidWorks. Numerosos chaflanes, redondeos, curvaturas determinadas en los pilares del bastidor, zonas curvas en dos dimensiones, etc han

sido un hándicap añadido que ha habido que aproximar todo lo posible al modelo real mediante pequeñas piezas de madera que ayudaban a generar la geometría buscada.

Realmente se trata de una labor que en la realidad se haría de este modo; pues en la época se partiría de un bloque de madera en basto que, mediante los útiles necesarios para conseguir esa geometría tan estilizada, bloques de madera suplementarios, y pruebas de ensayo y error se conseguiría el característico bastidor de la Reitwagen.



Ilustración 57. Bastidor.

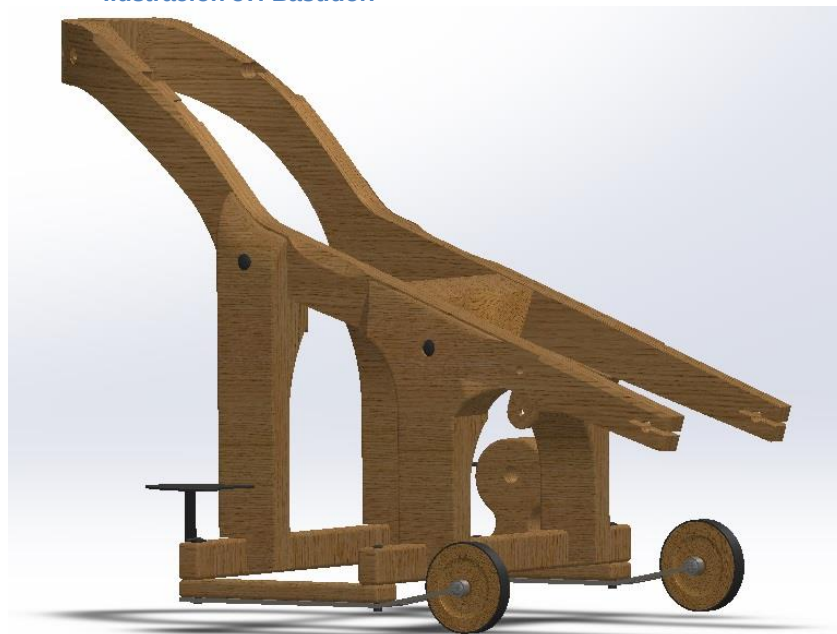


Ilustración 57 (1). Bastidor.

Para modelar la cuna principal del bastidor es conveniente precisar de planos de referencia, líneas de cota y referencia para poder conseguir la geometría deseada. En primer lugar, los largueros laterales son relativamente sencillos de modelar (hasta llegar a la parte superior donde irá la dirección); teniendo en cuenta que habrá que realizar operaciones de extrusión, corte, chaflanes y redondeos.

Se realizará un croquis en dos dimensiones y se extruirá hasta un grosor determinado por las cotas del plano, se realizan chaflanes y redondeos. Como el bastidor es simétrico, con un solo larguero tendremos ambos lados, con la particularidad que el lateral izquierdo en orden de marcha estará provisto de un soporte para un elemento de sujeción para la rueda tensora de la correa.

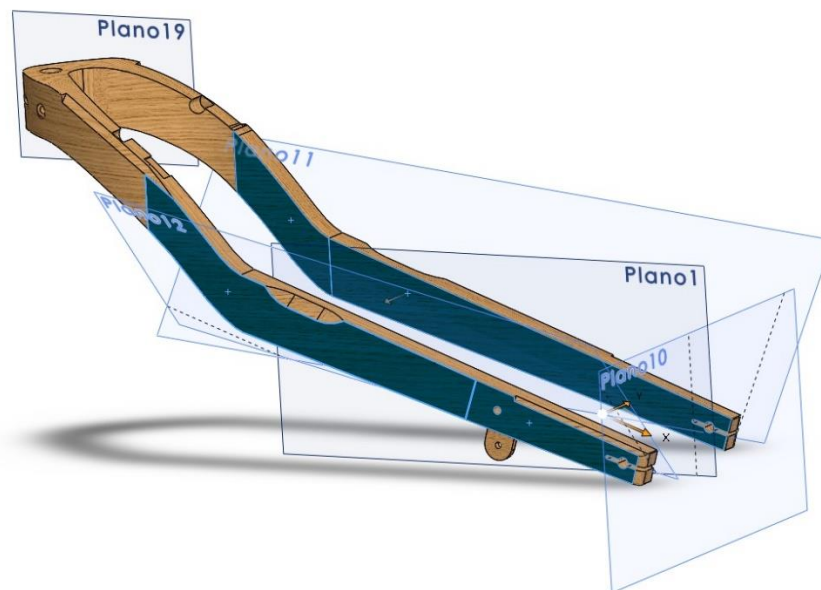


Ilustración 58. Largueros laterales bastidor.

Seguidamente se modelará la pieza que unirá ambos largueros y que será el lugar donde se ubique la horquilla de dirección. Para ello se usará un plano de referencia justo donde finaliza cada larguero y se realizará un croquis que se extruirá y unirá ambos largueros. Seguidamente, mediante una polilínea se cortará la pieza dándole la geometría buscada.

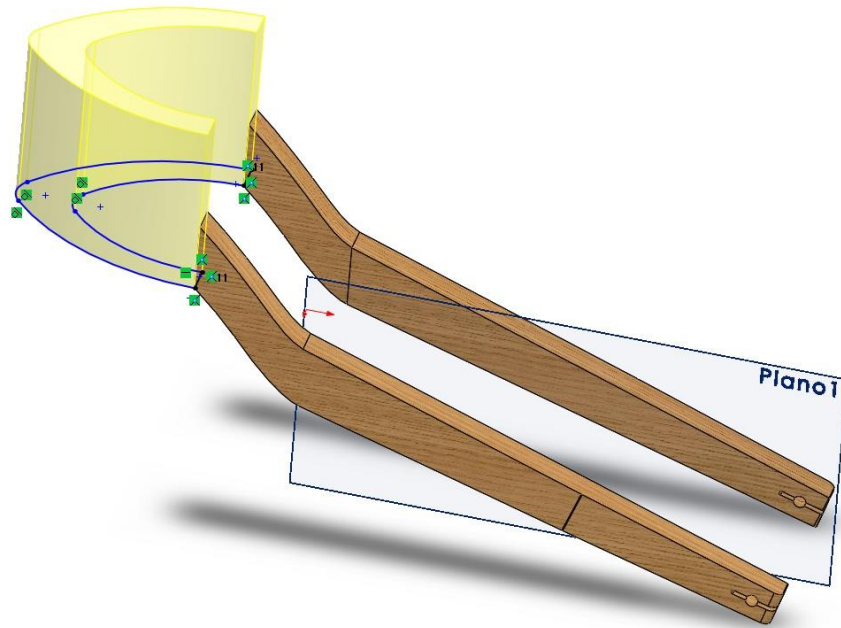


Ilustración 59. Segmento de unión de ambos largueros.

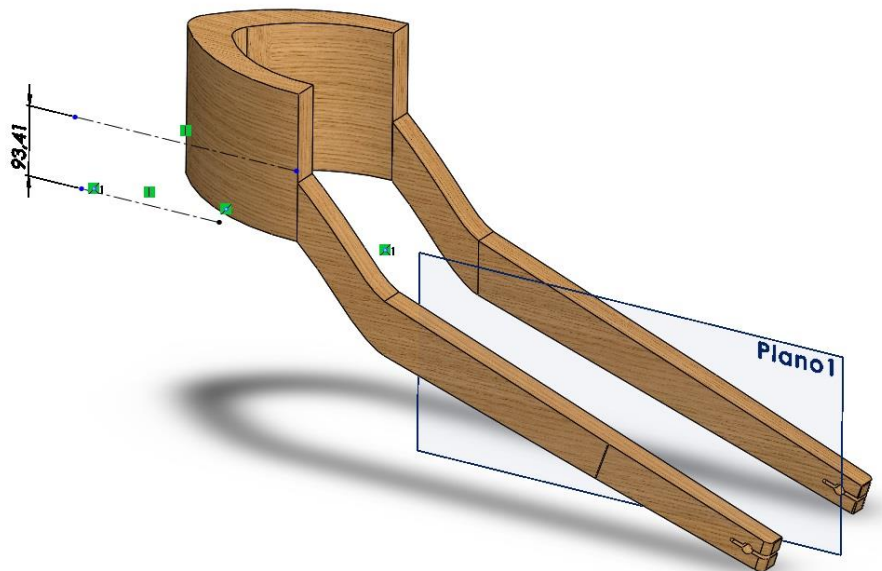


Ilustración 59 (1). Segmento de unión de ambos largueros.

Se procede a realizar los orificios para sujeción de la barra de dirección, el orificio de la propia barra de dirección, los alojamientos donde se ubicará el eje del mecanismo de tensión de correa y freno, los orificios para el apriete del eje trasero, y

el resto de chaflanes en el propio bastidor usando planos de referencia con cierta inclinación.



Ilustración 60. Cuna de bastidor .

Seguidamente, se realizarán los pilares del bastidor que apoyarán sobre la bancada el motor. Como se puede observar son iguales dos a dos, con lo cual, modelando dos de ellos tendremos los del lado opuesto usando las herramientas que SolidWorks ofrece.

Del mismo modo que para cualquier pieza, se genera un croquis y sobre él, una vez extruido, se comenzará a “moldear” hasta conseguir asemejarlo todo lo posible al modelo real.

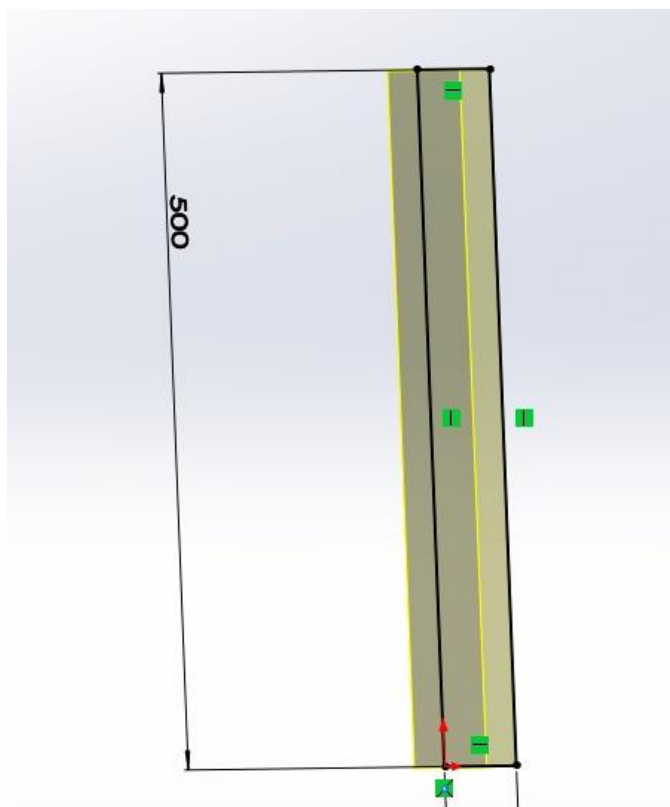


Ilustración 61. Pilar delantero en bruto.

Operaciones de corte para conseguir adaptarlo perfectamente serán precisas.



Ilustración 62. Pilar delantero con corte para el apoyo de bancada.

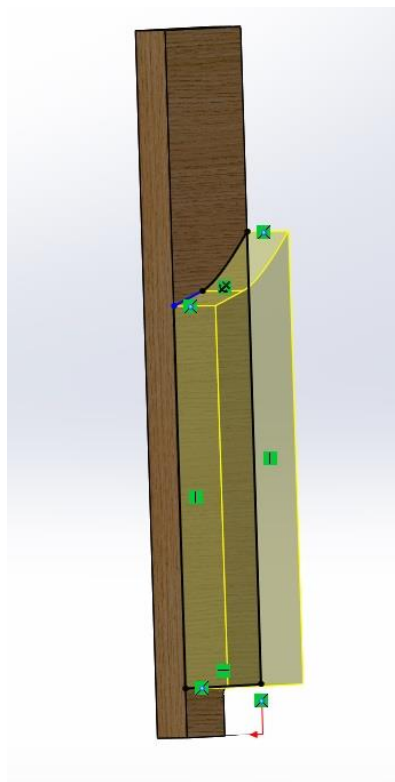


Ilustración 63. Pilar delantero con extrusión lateral.

Seguidamente se elimina la cantidad de madera sobrante con una extrusión-corte.

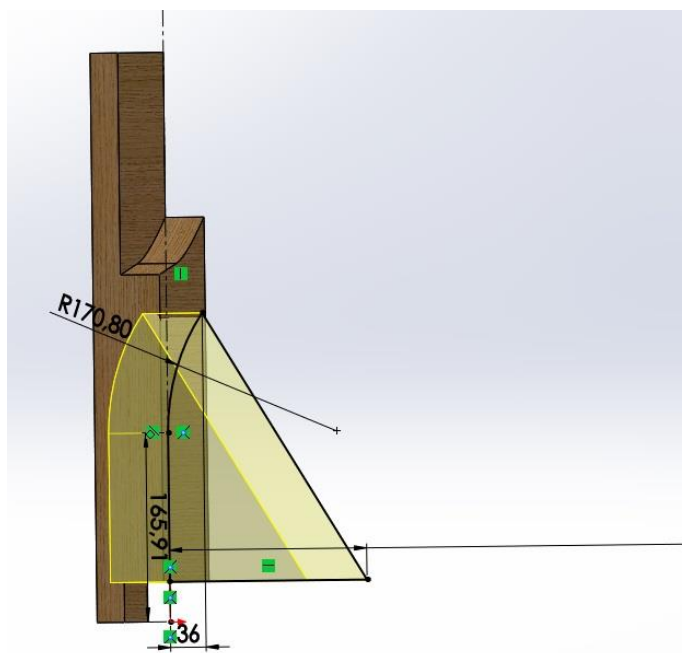


Ilustración 64. Pilar delantero con corte.

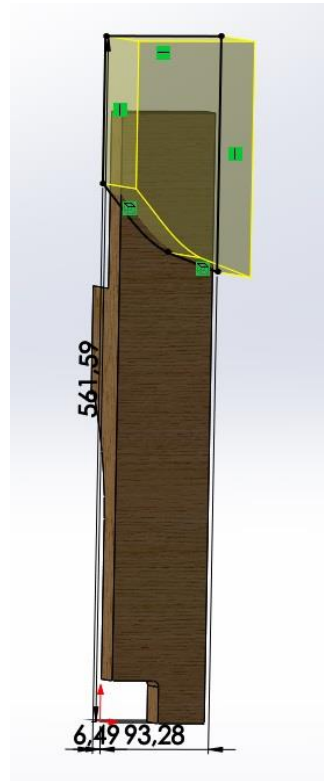


Ilustración 64 (1). Pilar delantero con corte.

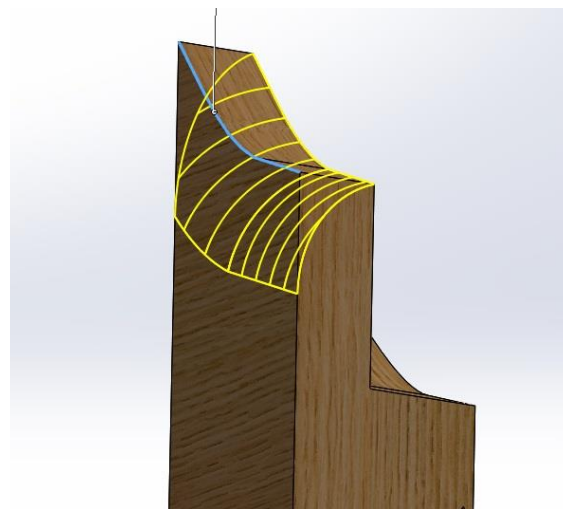


Ilustración 65. Pilar delantero con redondeo superior.

Este será uno de los puntos donde hubo que “colocar un trozo de madera” con nuevo croquis para seguir confeccionando el pilar hasta su diseño definitivo. Con extrusión del croquis se consigue el volumen y la geometría.

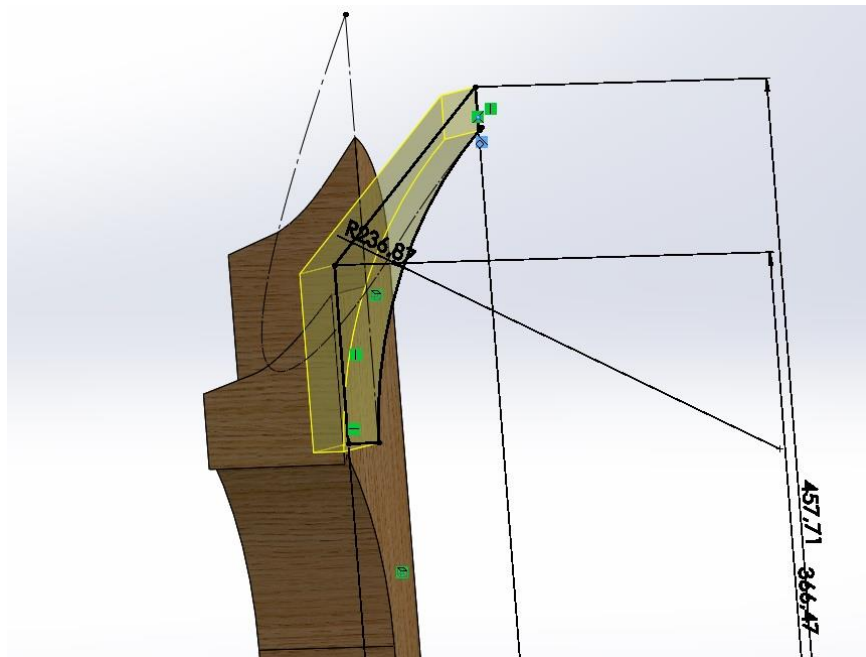


Ilustración 66. Pilar delantero con croquis añadido.

Nuevamente, operaciones de redondeo para estilizar los cantos vivos.

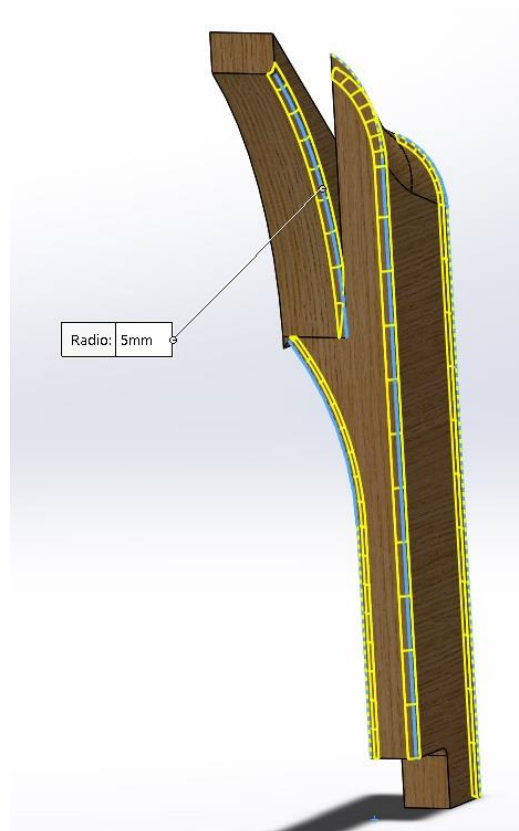


Ilustración 67. Pilar delantero con redondeos de los cantos.

El pilar quedará definido completamente con el orificio que servirá de unión al larguero mediante los clavos necesarios. Como ya se ha mencionado, el pilar opuesto se podrá conseguir con operaciones de simetría y planos de referencia.



Ilustración 68. Pilar delantero terminado.

Los pilares traseros se han confeccionado del mismo modo que los delanteros, siguiendo exactamente la misma metodología. Con lo cual el proceso descriptivo será prácticamente el mismo.

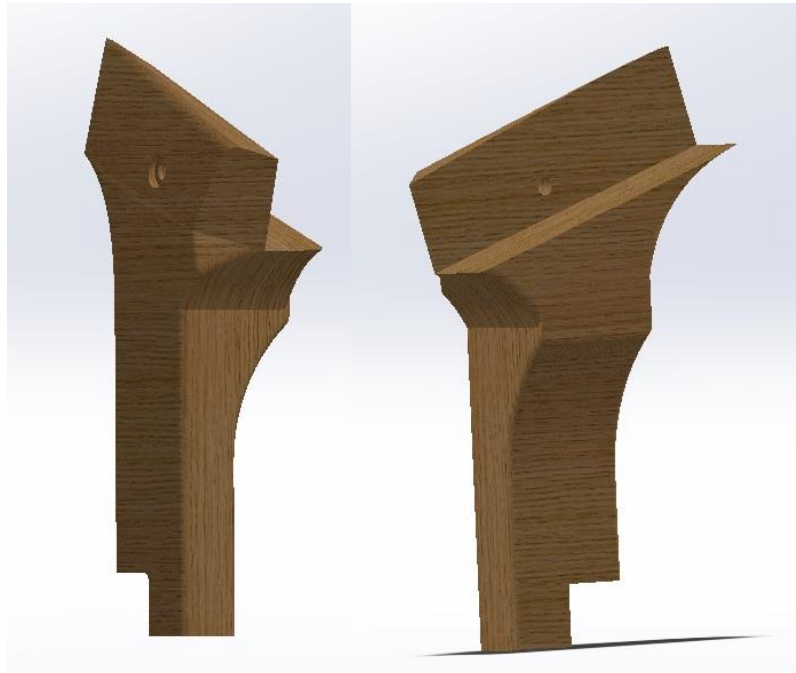


Ilustración 69. Pilar trasero terminado.

Mediante los pernos y cola se fijarán los pilares a los largueros. En general, todos los elementos de madera se fijarán con cola además de otros elementos de sujeción adicionales.

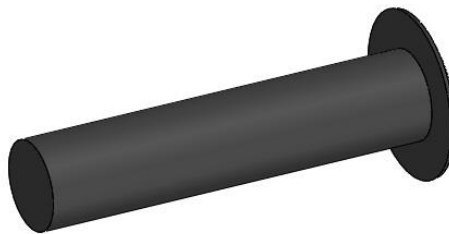


Ilustración 70. Pernos sujección pilares.

Como elemento de unión y consistencia del bastidor, se modelará una pieza que además servirá de base para fijar el sistema de freno de la rueda trasera.

Se trata de un macizo de madera con una zona torneada con el fin de alojar la zapata de freno de la rueda trasera.

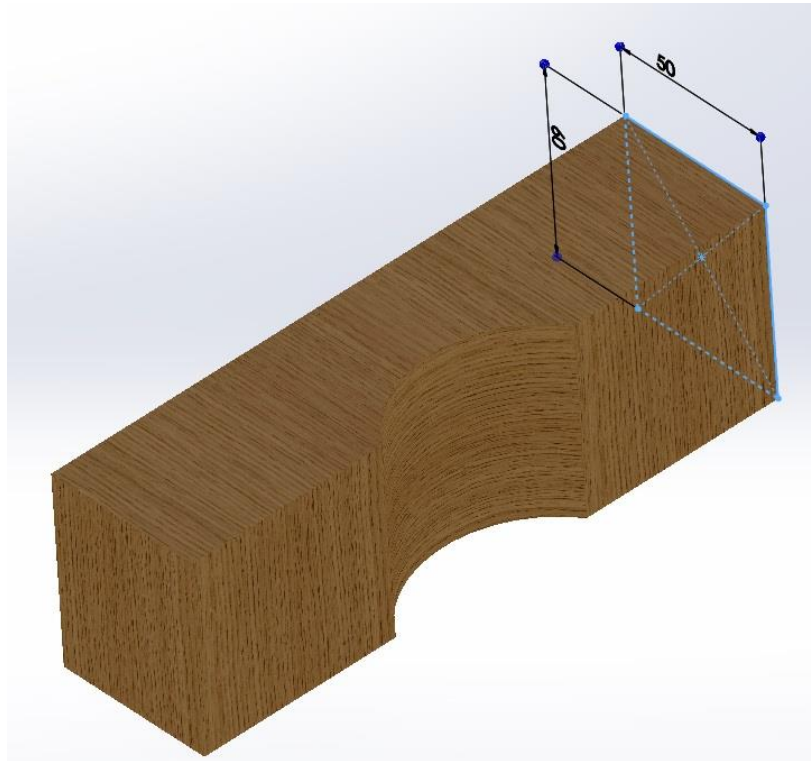


Ilustración 71. Elemento de unión y refuerzo del bastidor.

La parte superior del bastidor queda totalmente terminada a falta de colocar algunos accesorios. Con lo cual, es el turno de la bancada y sus elementos.

La bancada estará conformada por una subestructura de cuatro largueros, suplemento para manivela de arranque y ruedas supletorias con sistema de ballestas.

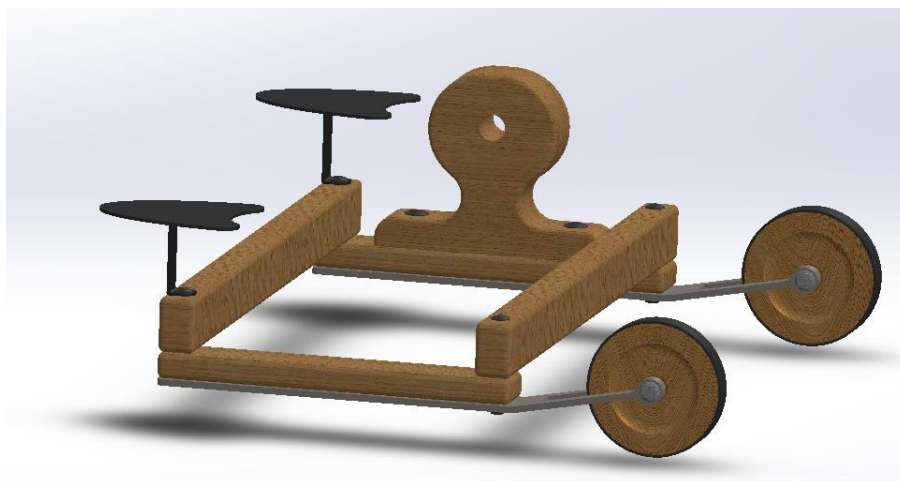


Ilustración 72. Bancada de motor con ruedas y estribos.

La estructura de la bancada, formada por cuatro largueros iguales dos a dos se modelos de tal manera que los largueros anterior y posterior en orden de marcha estuviesen ubicados sobre los largueros laterales. Seguidamente se practicarían los taladros para los pernos de anclaje; que, a su vez, servirán para fijar las ballestas y posa pies o estribos.

Los estribos están modelados en dos partes; por un lado, la base donde apoyará el pie y, por otro lado, la pletina que servirá como elemento de unión entre el estribo y la bancada.

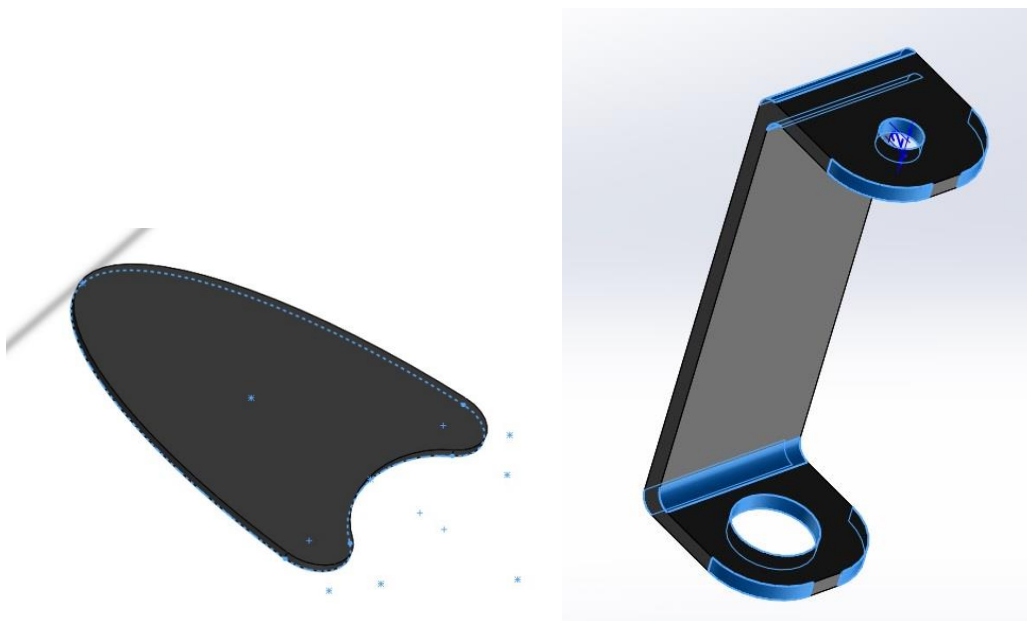


Ilustración 73. Estribo y soporte de estribo.

Como se puede ver, el soporte del estribo esta generado a partir de un croquis de su perfil, que ha sido extruido y se la han aplicado redondeos en las zonas marcadas de azul. Posteriormente se le han realizado los taladros para la fijación de éste.

La ballesta, se ha diseñado con un croquis a partir de su perfil, a continuación, se extruye y se realiza un vacío para el alojamiento de la rueda estabilizadora. Además de realizar los taladros para el eje de esta rueda y para anclarla a la parte inferior de la bancada.

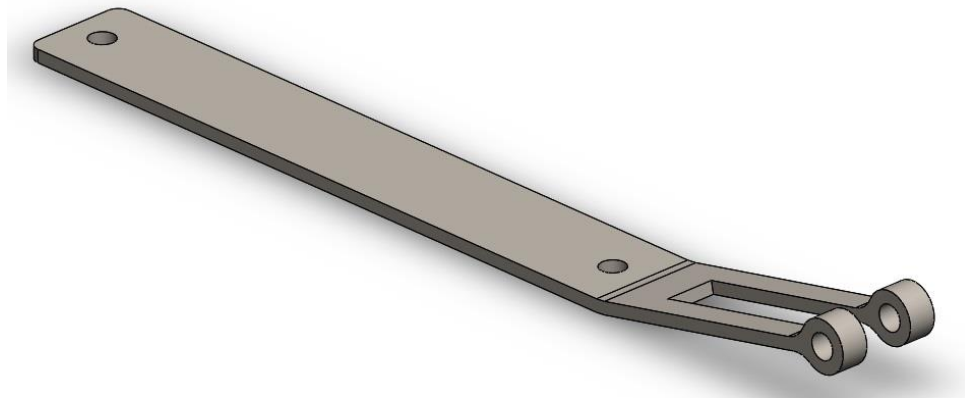


Ilustración 74. Ballesta rueda estabilizadora.

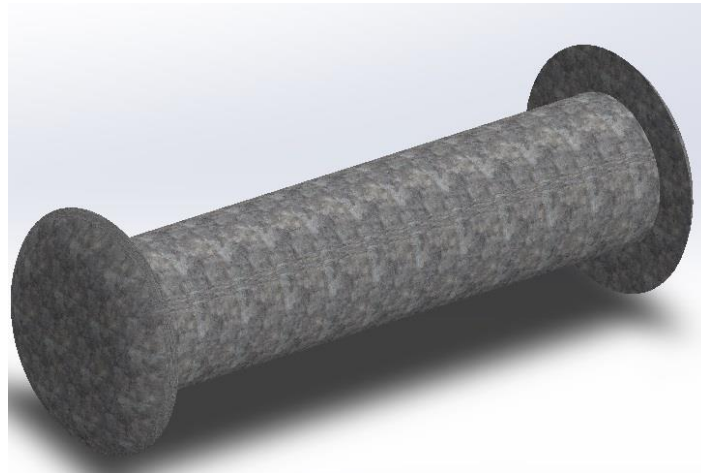


Ilustración 75. Eje rueda estabilizadora.

Las ruedas estabilizadoras se generan de acuerdo a las cotas de los planos y del mismo modo que las llantas; además se les añadirá una banda de rodadura en su perímetro a fin de preservar la durabilidad de estas (del mismo modo que las llantas de la motocicleta).



Ilustración 76. Rueda estabilizadora.

El suplemento de madera para la manivela de arranque se confecciona con un como una pieza bastante sencilla, y se le practicarán unos taladros para fijarlo a la superficie de la bancada con sus respectivos pernos de sujeción (además de ir encolada). Cabe destacar que el taladro por donde se introducirá la manivela de puesta en marcha se realizará una vez que el motor esté colocado en la bancada; de este modo será una tarea mucho más sencilla para hacer el orificio perfectamente alineado con el husillo de puesta en marcha del motor.



Ilustración 77. Suplemento manivela puesta en marcha.

Pasando a los accesorios y demás componentes que componen el bastidor, a continuación, se ha modelado la pletina de acero que sirve como elemento de refuerzo estructural para la superficie superior del bastidor. Esta irá sujeta mediante pernos al propio bastidor.

Se ha modelado sobre la superficie del bastidor, con un croquis que seguía la geometría de este. Seguidamente se ha extruido y se han realizado los taladros.

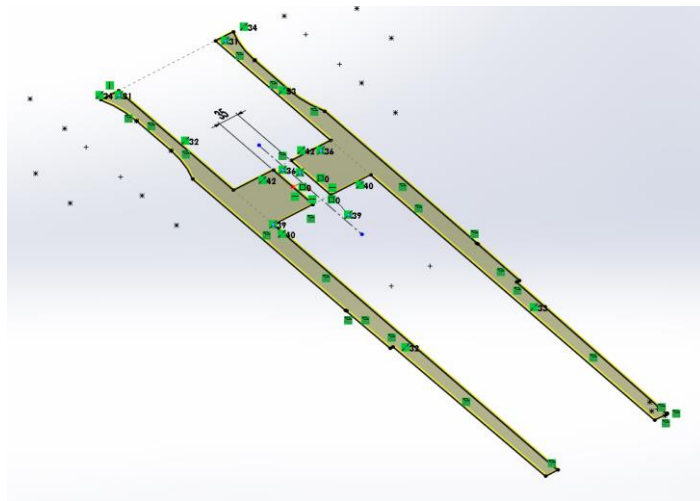


Ilustración 78. Croquis pletina refuerzo superior bastidor.

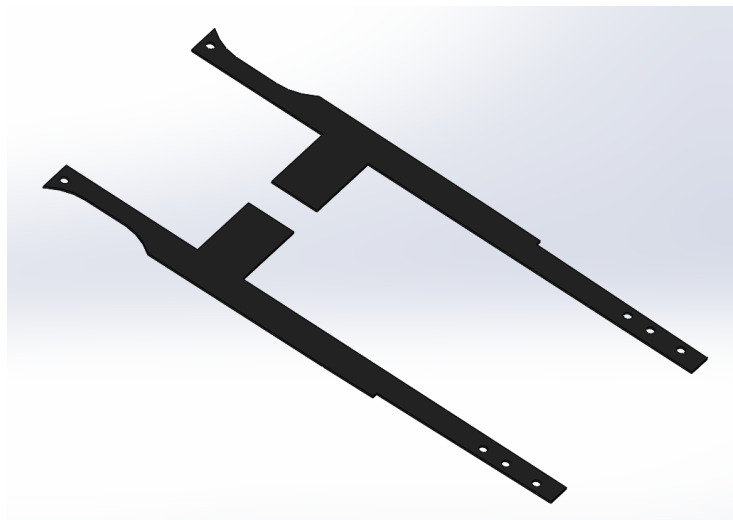


Ilustración 79. Pletina refuerzo bastidor terminada.

Pasando a los mandos de la Reitwagen, primero se ha generado el que comanda la tensión de la correa para poder transmitir el movimiento de la polea de salida del

motor a la polea trasera. También comanda el freno al accionarlo en sentido opuesta, al mismo tiempo que desactiva la tensión de la correa y viceversa.

Primeramente, se ha diseñado la piña central donde se alojará la empuñadura para poder pilotar este elemento, el eje sobre el que se mantendrá unido al chasis y las anillas que servirán para conectar los cables de acero que tensarán tanto la correa como el freno.

Esta piña central se ha modelado siguiendo el mismo proceso que para los bujes de las llantas. Se le practicará un orificio para poder alojar la empuñadura que gobierne este elemento y se modelarán sobre él las anillas para los cables de hacer mediante una línea de croquis y un barrido.

Seguidamente se modelará el eje que posicionará todo el conjunto sobre el bastidor.

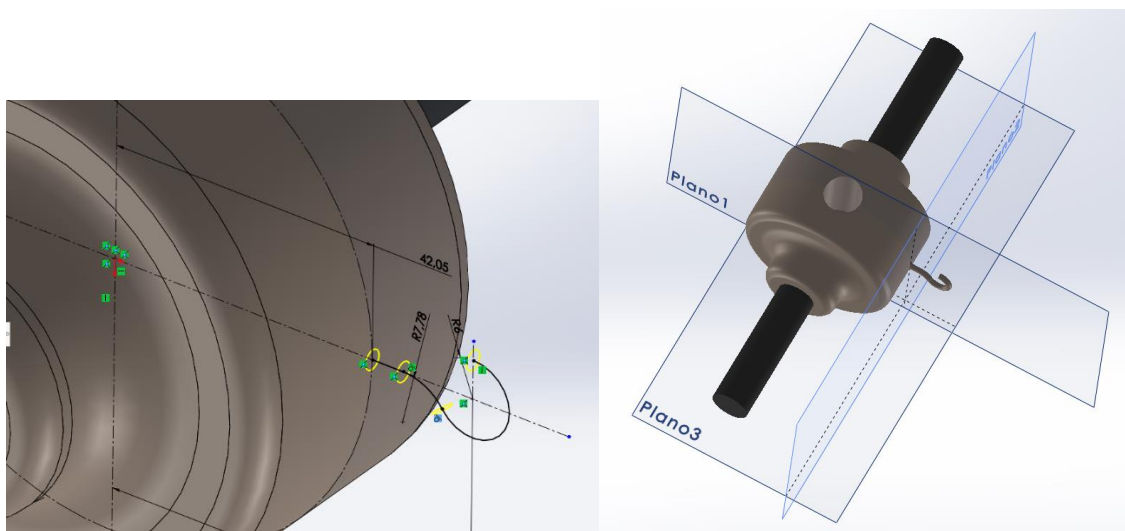


Ilustración 80. Detalles de piña de tensión freno-correa.

Por último, se montará la empuñadora en su alojamiento que ha sido modelada del mismo modo que las del manillar, solo que en este caso no tiene taladros, sino una prolongación con el mismo diámetro y sección que el orificio de la piña para poder alojarla en su interior.

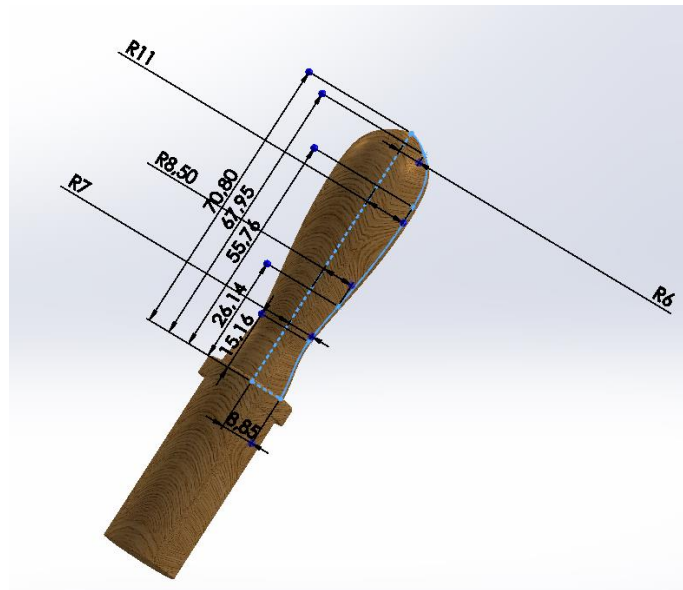


Ilustración 81. Empuñadura piña tensión freno-correa.

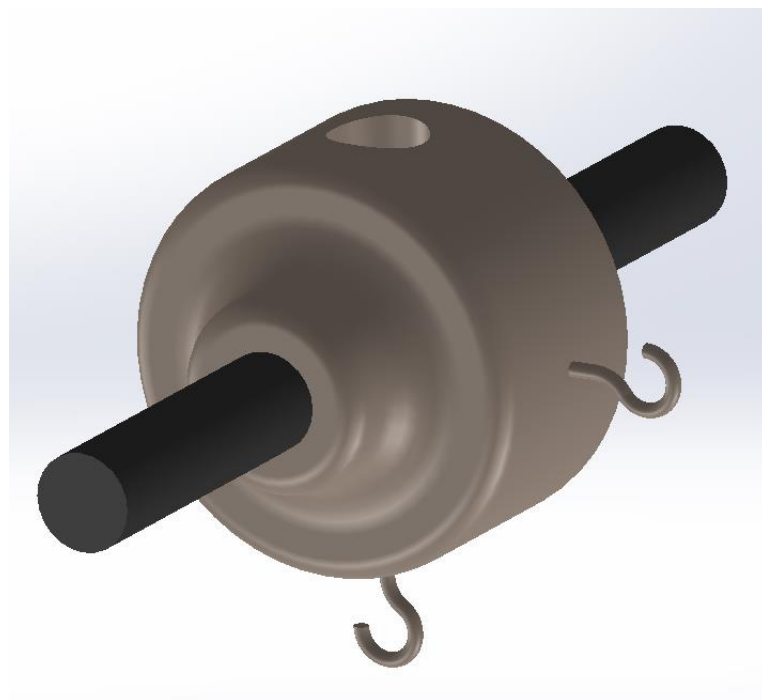


Ilustración 82. Piña de tensión freno-correa terminada.

Seguidamente, el sistema de freno compuesto por la propia zapata y el accionador de presión se modelarán a partir de su perfil realizando un croquis que se extruye. Se trata de un elemento de modelado básico que no requiere entrar en detalle.

Se le realizará un orificio para el cable de acero que será el lazo de unión entre la piña y la zapata.

El cable de acero dispondrá de un terminal donde, mediante un pasador, quedarán unidos el accionador de presión de la zapata y la piña de tensión.

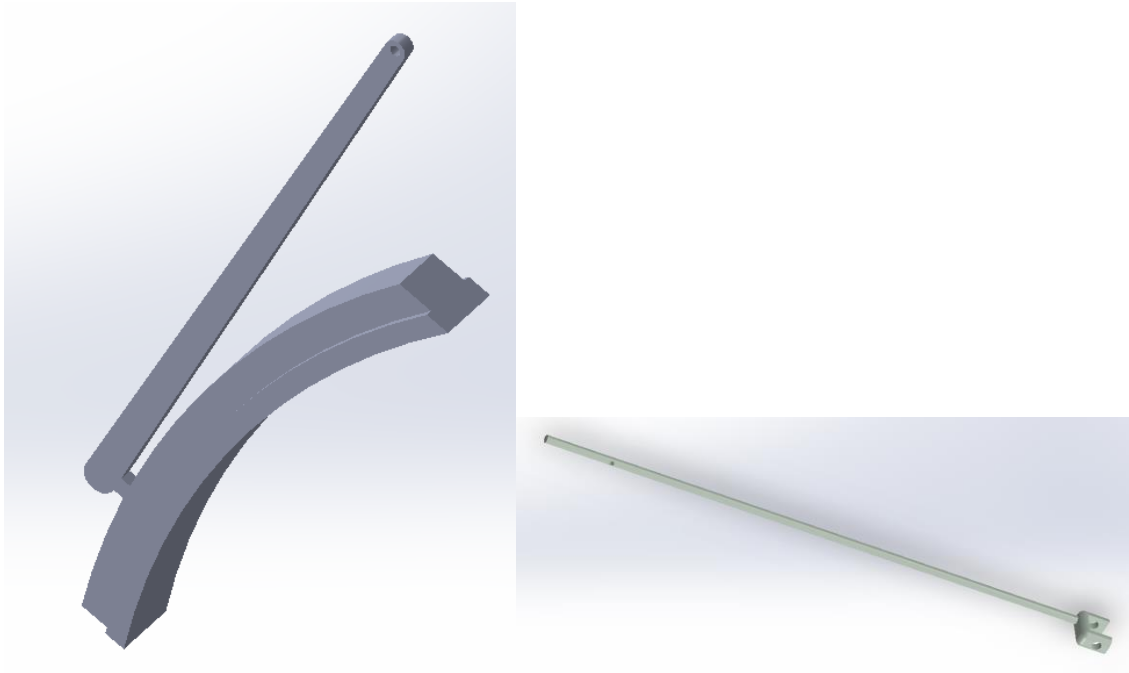


Ilustración 83. Zapata de freno y cable de acero para sistema de frenado.

En este punto se podrá colocar todo el conjunto en el ensamblaje principal con las relaciones de posición correspondientes para dejarlo perfectamente fijado tal y como se puede ver en la siguiente ilustración.

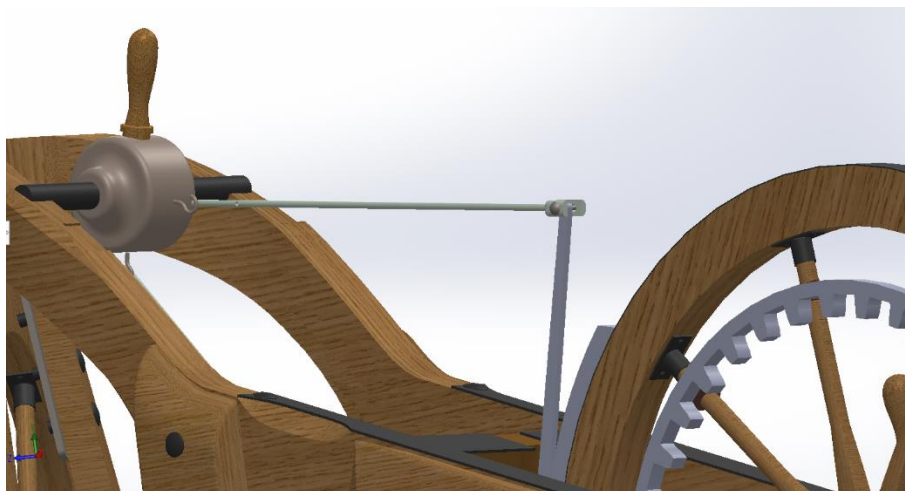


Ilustración 84. Sistema de frenado ensamblado.

Terminado el sistema de frenado, el siguiente paso será modelar el elemento de tensión de la correa del motor, que ubicado en la parte posterior izquierda de la motocicleta, se conectará mediante otro cable de acero a la piña de tensión para poder accionar este elemento.

Estará compuesto de una pequeña polea y una pletina que será el soporte sobre el que se alojará la polea y que, a su vez, serviría para poder sujetarlo al chasis mediante un perno.

El soporte se modelará a partir de un croquis de su perfil, y se realizará un nuevo croquis sobre una de sus terminaciones como elemento de unión, donde se colocará el perno.

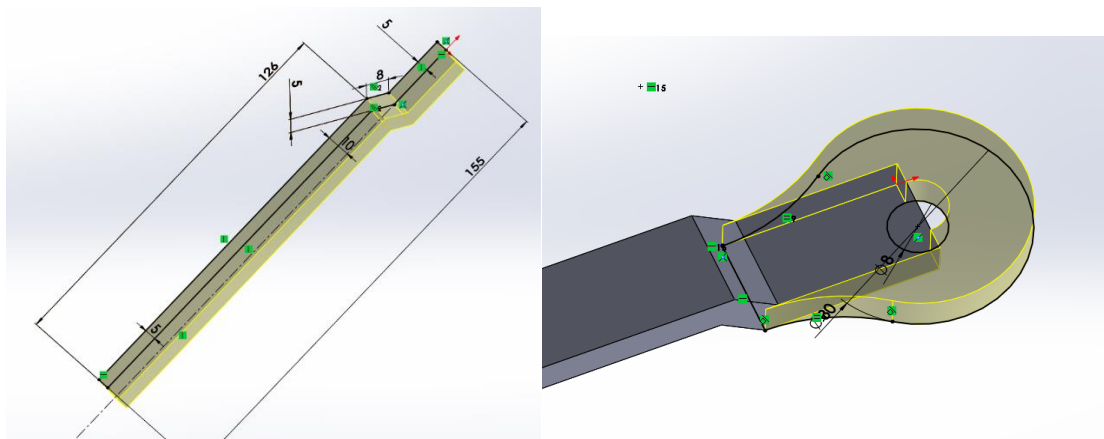


Ilustración 85. Elemento sujección polea tensora.

Con las operaciones de redondeo necesarias y el orificio para sujeción, el siguiente paso sería definir el brazo para el cable de tensión de la correa mediante un croquis que se ligará al anterior tal y como puede verse en la siguiente ilustración.

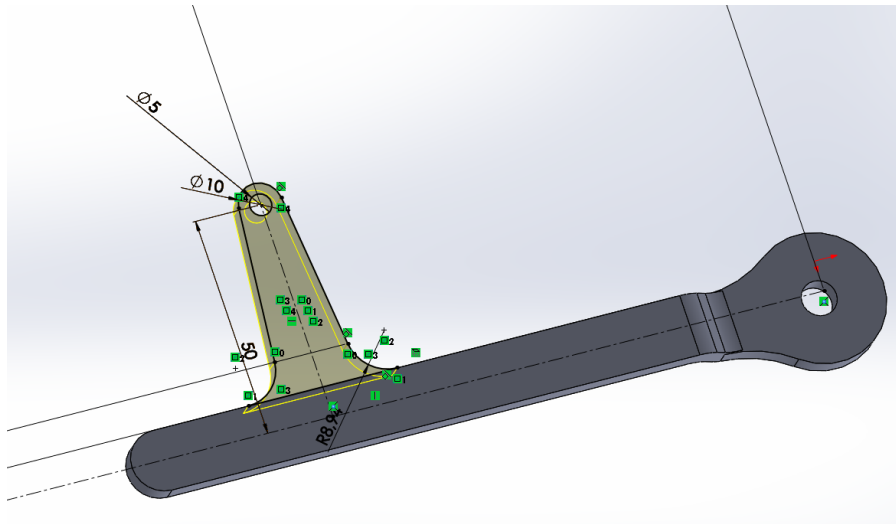


Ilustración 86. Croquis del brazo de sujección para polea tensora.

Finalmente, mediante una extrusión, se modela la polea de tensión de correa. Quedando la pieza terminada y lista para ensamblar.

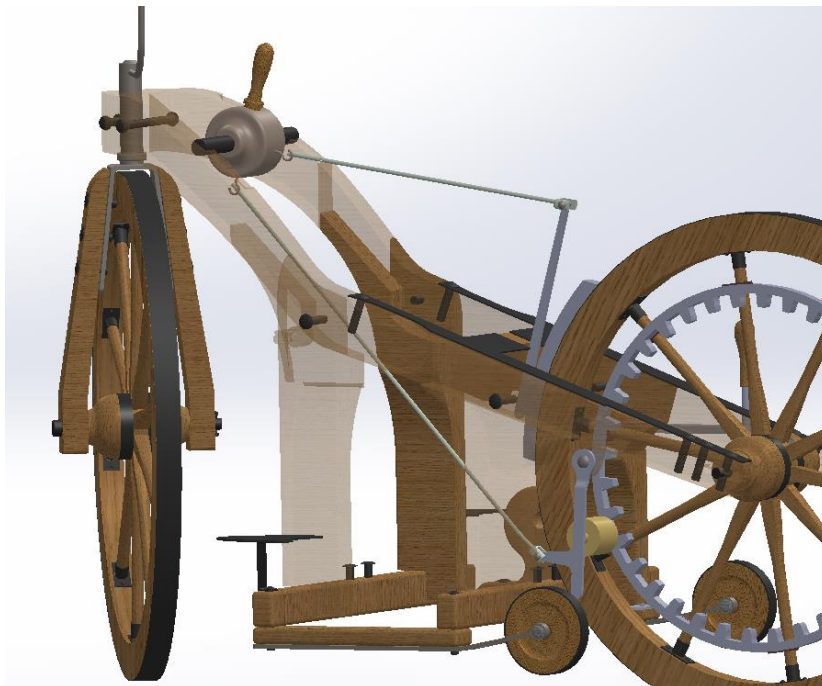


Ilustración 87. Sistema de tensión de correa ensamblado.

Aunque el motor aún no ha sido modelado, sería buen momento para modelar la manivela de puesta en marcha del motor, que se alojará en la parte baja del lateral derecho de la moto.

Se trata de un elemento muy simple a nivel de diseño que se modela mediante extrusión de dos circunferencias sobre los extremos de una barra plana. A uno de los

extremos se le colocará la misma empuñadura que la del manillar; de este modo se agiliza el proceso de diseño, pudiendo variar las medidas sin problemas.

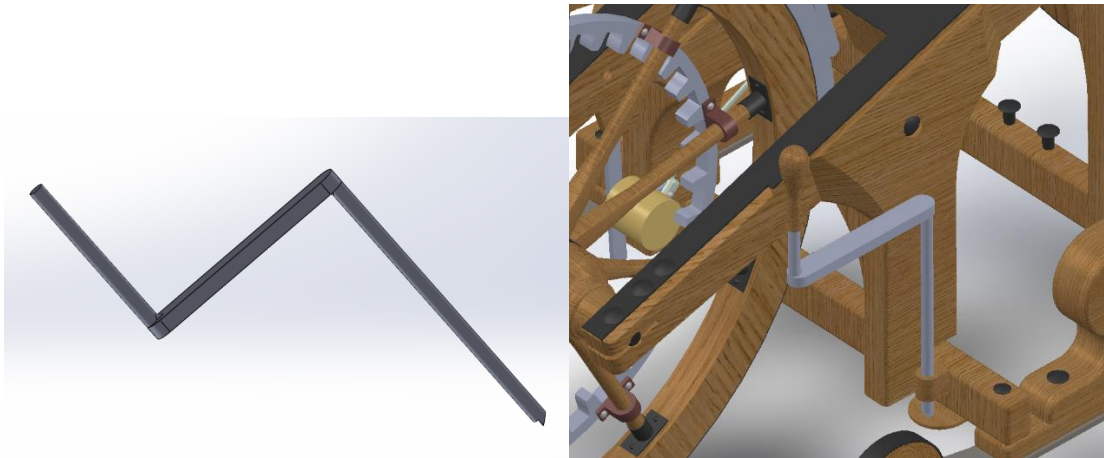


Ilustración 88. Manivela de puesta en marcha y ubicación en la motocicleta.

El mando del acelerador, irá sujeto al lateral izquierdo del bastidor, a la altura de la piña de tensión de correa-freno. Su modelado será simple; primeramente, se realizará la base donde se sujetará al propio bastidor de madera con clavos, se le practicarán orificios de anclaje y el orificio para el pasador de la manivela, y después se realizará la manivela que accionará el gas con una varilla rígida de acero como elemento de unión.

La base, se modelará de forma análoga al soporte de la polea de la rueda tensora visto en las ilustraciones 85 y 86.

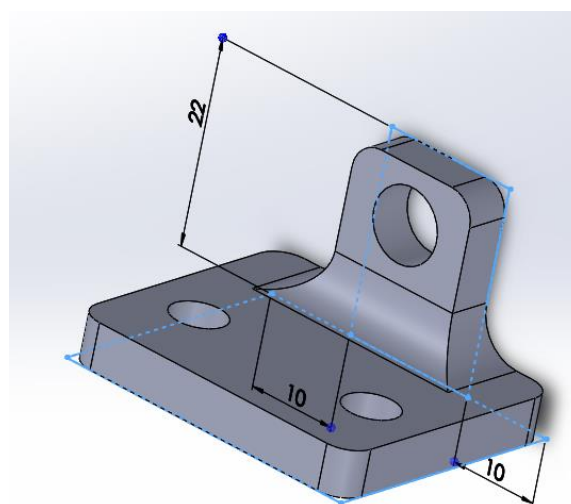


Ilustración 89. Soporte o base del mando del gas.

La manivela, parte de un croquis simple que se extruye y se le practican dos orificios para los pasadores que servirán de unión entre el resto de elementos que componen el sistema.

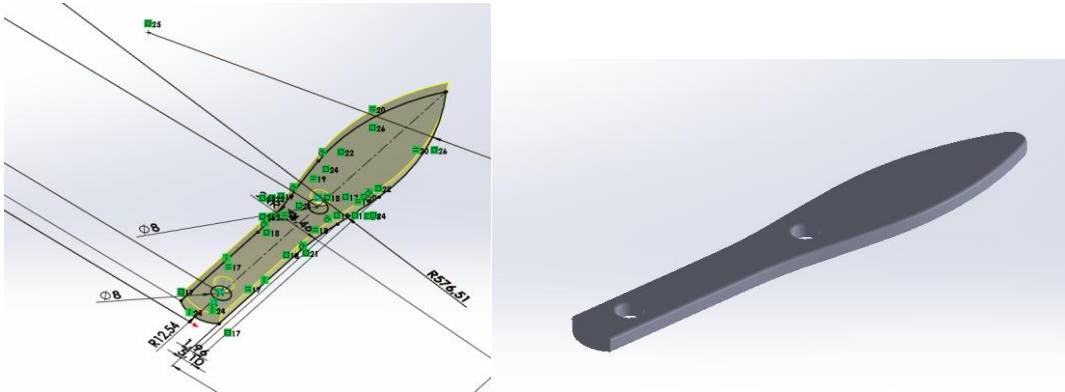


Ilustración 90. Manivela del mando del gas.

Con los pasadores y pernos necesarios podrá colocarse en el ensamblaje principal para, seguidamente, colocar la barra de acero que servirá para aumentar o disminuir el gas.

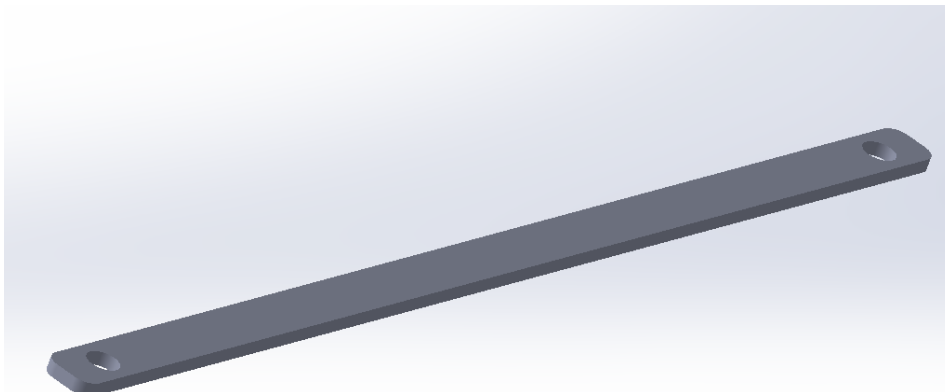


Ilustración 91. Barra acero sistema acelerador.

Será necesario una pequeña leva para completar el sistema; modelada con una extrusión básica y con operaciones de redondeo para conseguir un diseño apropiado.

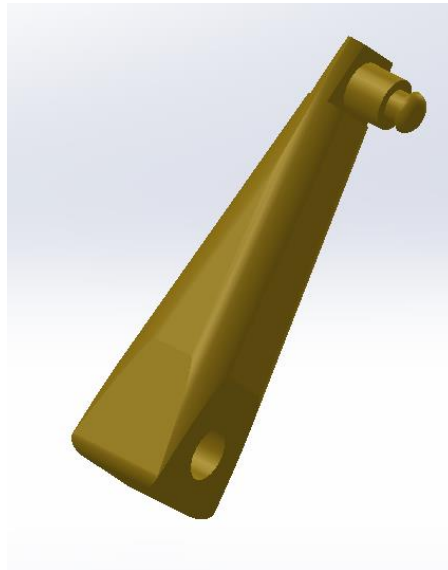


Ilustración 92. Leva de latón para el sistema acelerador.

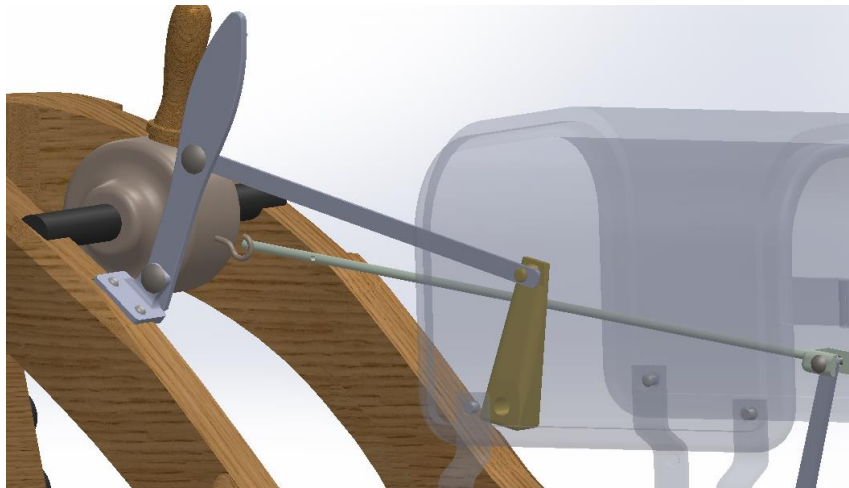


Ilustración 93. Sistema del acelerador montado en el ensamblaje principal.

El siguiente paso será para el asiento. El asiento consiste en el propio asiento, tapizado y elementos de sujeción al bastidor.

Se comenzará por los soportes, que son lo que servirán de guía para el posterior modelado de la estructura del asiento. Se parte de un croquis del perfil de la pletina, se realizan taladros para su fijación y redondeos de las zonas con aristas vivas.

Puesto que el bastidor es inclinado, las dos pletinas delanteras del asiento serán más cortas que las traseras, pero exactas en geometría; es decir, modelando solamente una, se conseguirán las 3 restantes. Siendo iguales dos a dos.

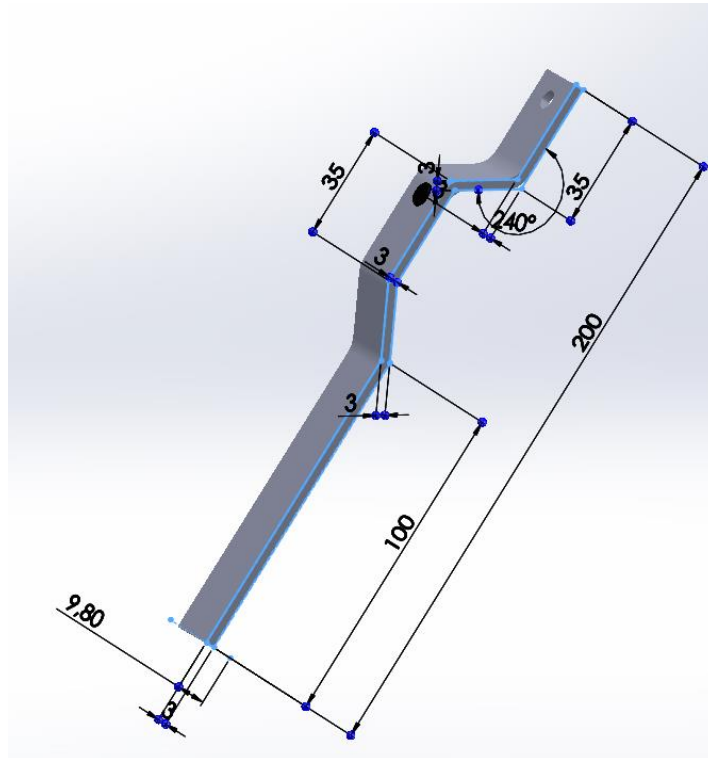


Ilustración 94. Pletina de sujección de la base del asiento al bastidor.

Una vez estén las cuatro pletinas modeladas, será el momento de colocarlas en el ensamblaje principal, alineándolas perfectamente en cuanto a altura y simetría. De este modo, podrán tomarse medidas exactas entre soportes para la elaboración del croquis de la base del asiento.

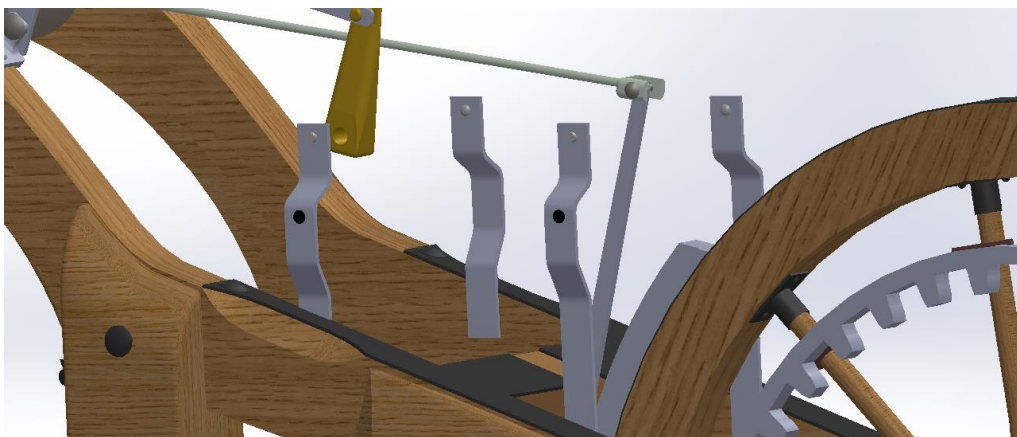


Ilustración 95. Pletinas de sujección fijadas en el ensamblaje principal.

La base del asiento se realizará partiendo de un croquis del que se hará una simetría para desarrollarlo completamente y extruirlo acto seguido.

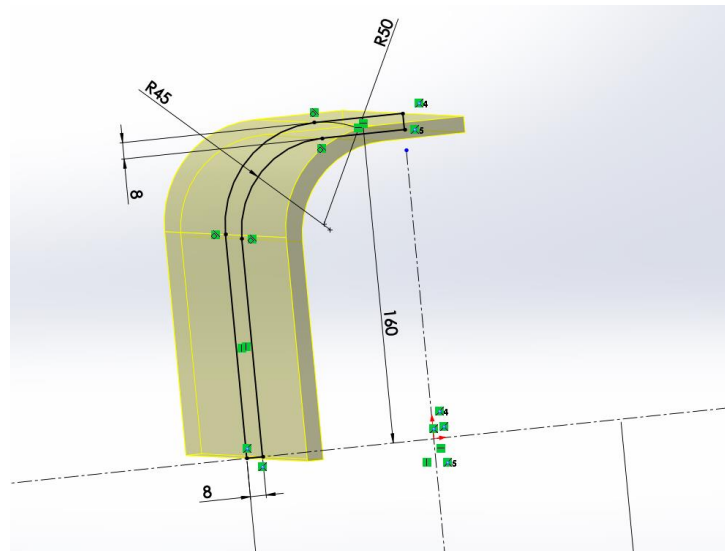


Ilustración 96. Croquis base asiento.

Sobre la base del asiento ya extruida, se realizará un nuevo croquis de perfil para extruirlo y poder simular el tapizado del asiento, seleccionando una apariencia apropiada para asemejarlo a un tapizado.

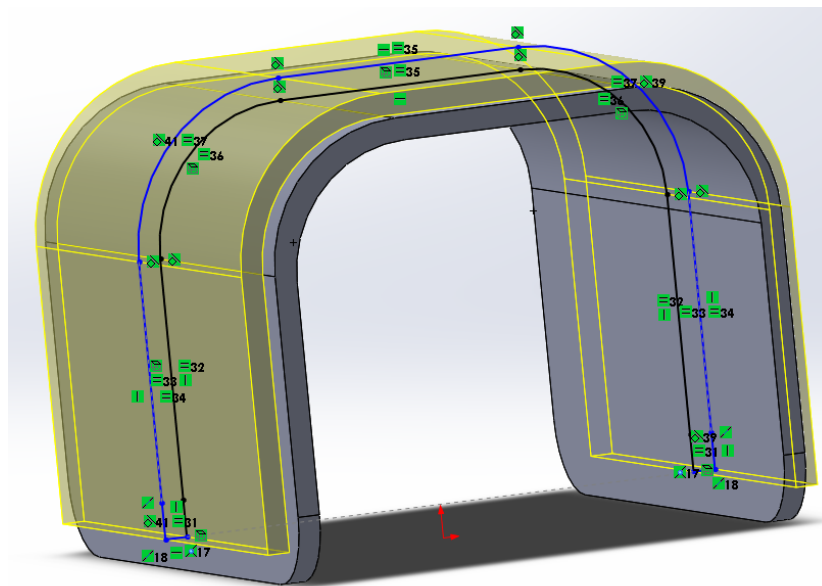


Ilustración 97. Extrusión del tapizado de la base del asiento.

Para terminar, se harán los agujeros necesarios para su fijación a las pletinas modeladas en el paso anterior, operaciones e redondeos para los cantos y se realizará el soporte en un lateral del asiento para el filtro de aire. Seguidamente se colocará en el ensamblaje principal.

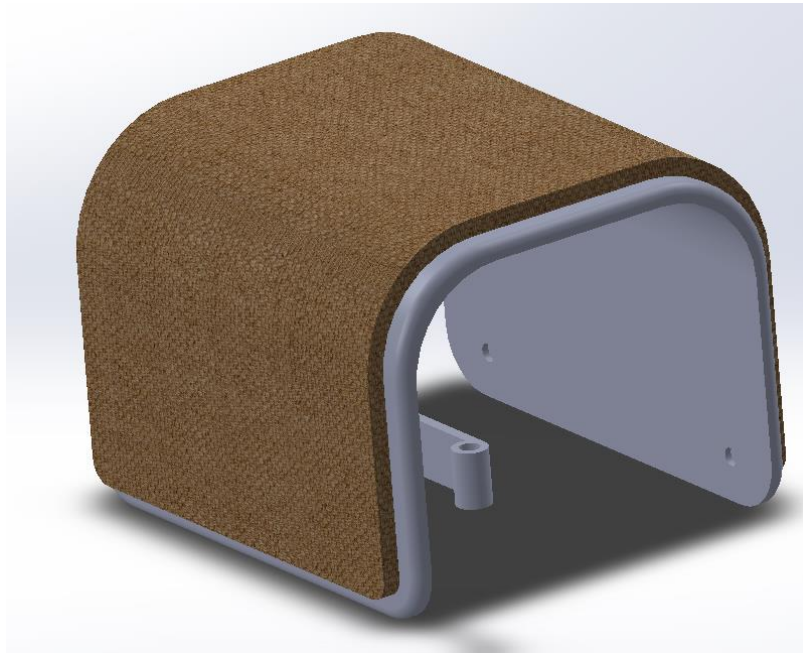


Ilustración 98. Base de asiento terminado.

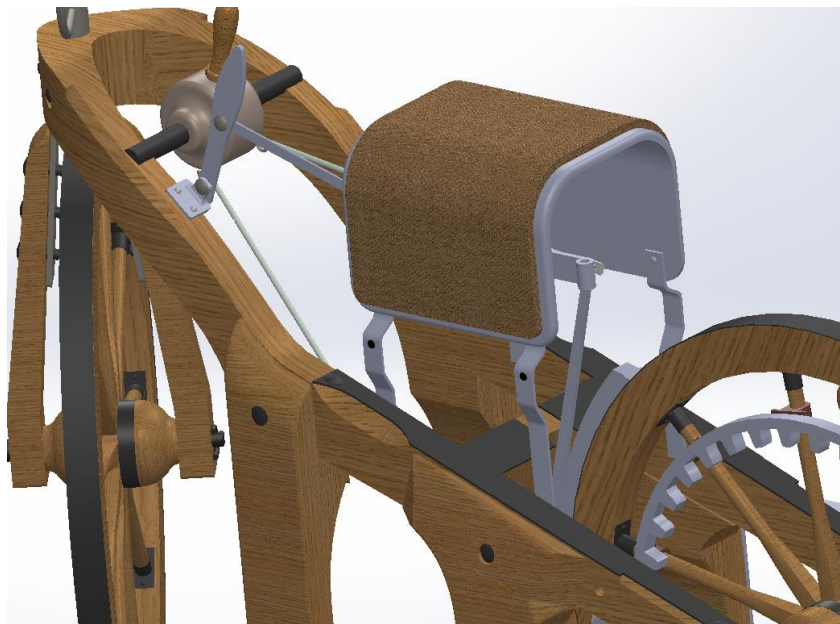


Ilustración 98. Asiento terminado en el ensamblaje principal.

Finalizado otro bloque, se procederá con el conjunto del motor.

El motor, por tratarse de un conjunto muy laborioso por sí solo, se va a modelar como un sólido, simulando cada una de las partes que componen al motor; como son el escape, quemador, carburador, filtro de aire, cilindro, bloque motor, depósito de combustible... Se trata de una representación esquemática, y no una fiel reproducción a la realidad puesto que no existen planos detallados del modelo para poder tomar medidas.

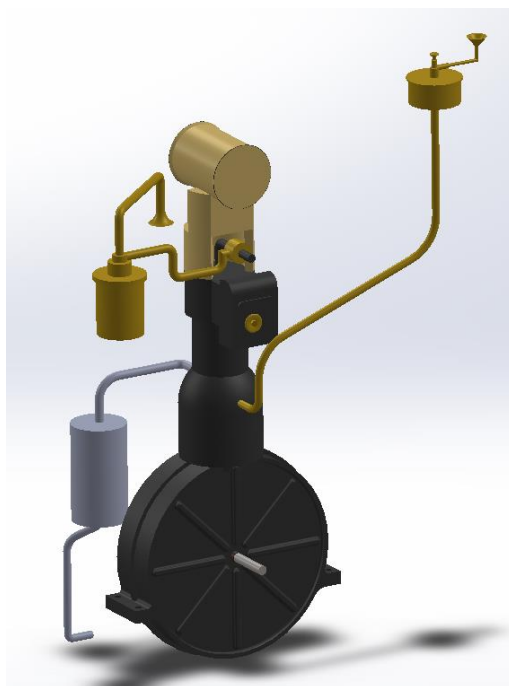


Ilustración 99. Motor completo.

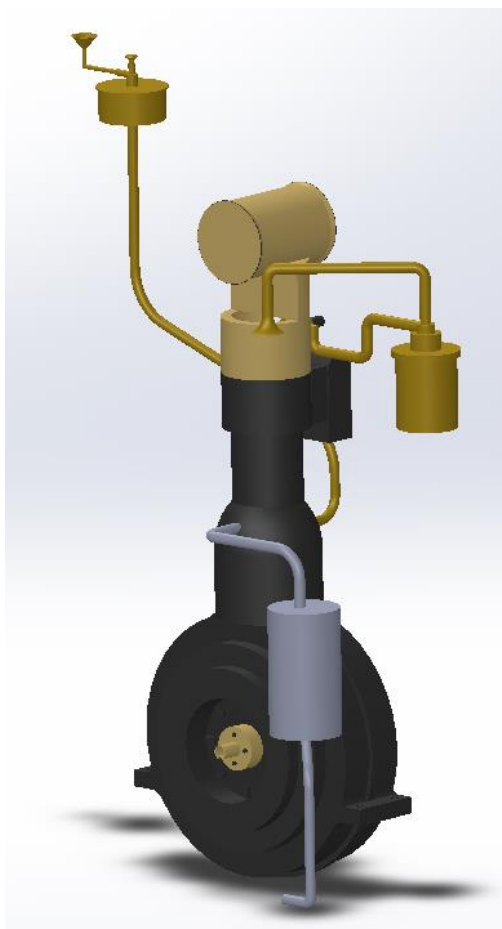


Ilustración 99 (1). Motor completo.

El bloque motor se ha modelado con operaciones de extrusión y corte a partir de un croquis circular con el diámetro exterior del bloque, seguidamente se han simulado las aristas a un lado y otro del cigüeñal mediante el uso de una matriz.

A continuación, se ha modelado el soporte anterior del motor y, mediante la función de simetría, se ha conseguido el soporte posterior.

El eje del motor y casquillo distanciador, se han modelado sobre el bloque de motor al mismo tiempo.

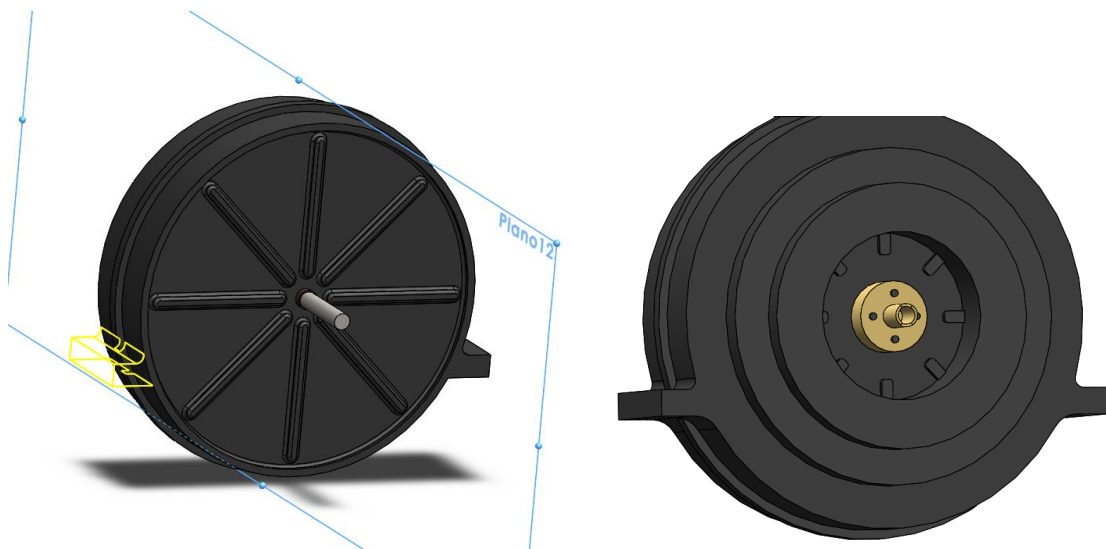


Ilustración 100. Bloque motor.

El husillo donde se introducirá la manivela consta de unas muescas para que pueda hacer girar al cigüeñal en el momento que se accione la manivela. Este husillo se ha modelado con operaciones de extrusión y corte y, una vez terminado, se ha realizado un nuevo croquis para conseguir la muesca presente tal y como se muestra en la siguiente imagen.

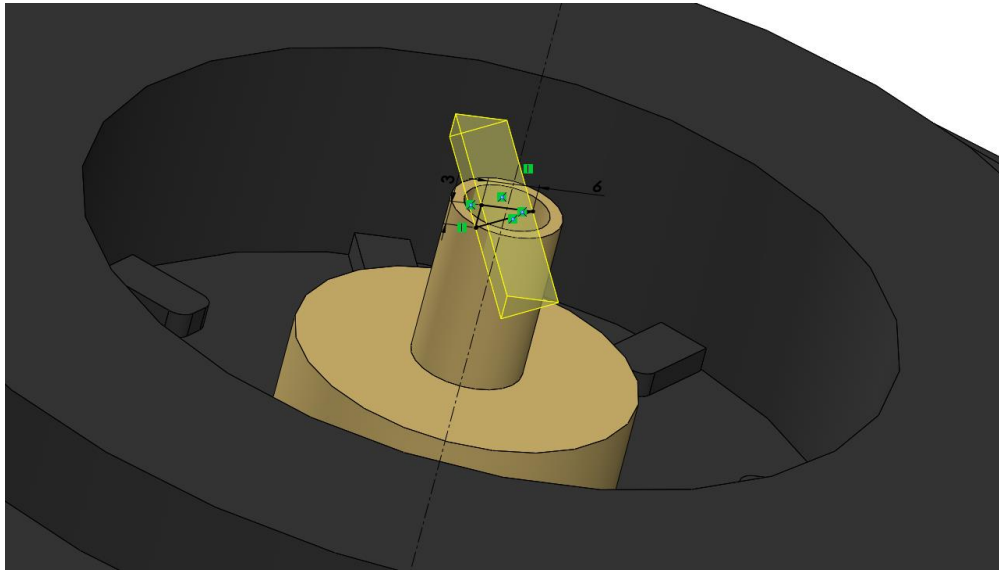


Ilustración 101. Husillo de puesta en marcha.

A continuación, el cilindro y culata (marcado en azul) se ha modelado sobre el propio bloque de motor siguiendo el diseño del original en la medida de lo posible. Además, se ha provisto de los soportes laterales donde estará el quemador.

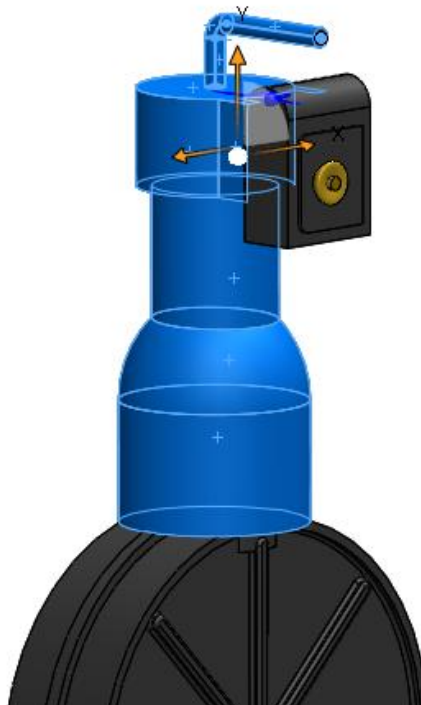


Ilustración 102. Modelado del cilindro y culata.

El quemador, donde se generará el precalentamiento de la cámara de combustión mediante carbón, aparece en la siguiente imagen marcado en azul. Se ha

modelado a partir de un croquis rectangular que se ha extruido y se han aplicado redondeos en determinadas zonas. También se ha extruido la puerta sobre el propio cuerpo del quemador y se ha modelado el pomo mediante revolución de un croquis de perfil.

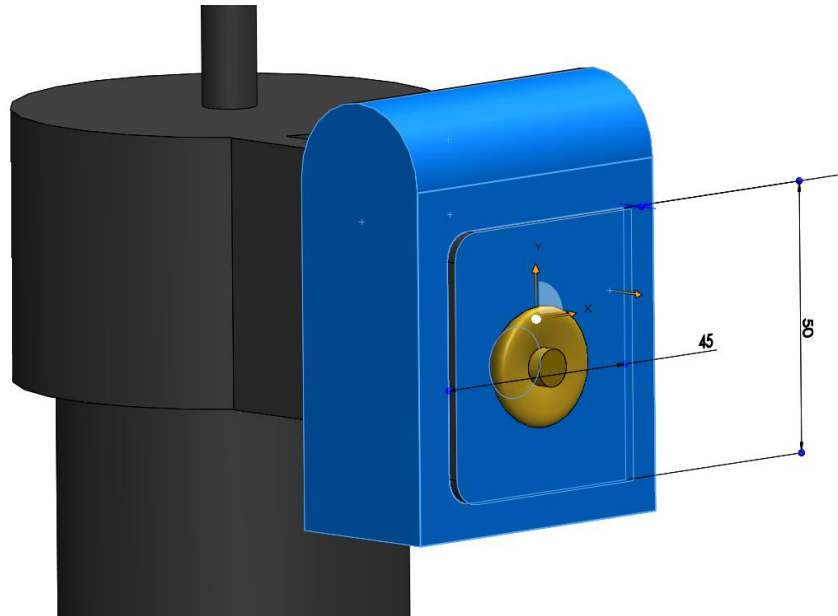


Ilustración 103. Modelado del quemador y pomo de puerta.

El depósito de combustible, estará ubicado bajo el asiento, en la parte superior del motor. Fabricado en cobre y modelado mediante operaciones básicas de extrusión.

Se realiza un croquis en la parte superior de la culata para construir el soporte y, a partir de ahí, se genera un croquis para extruir el depósito.

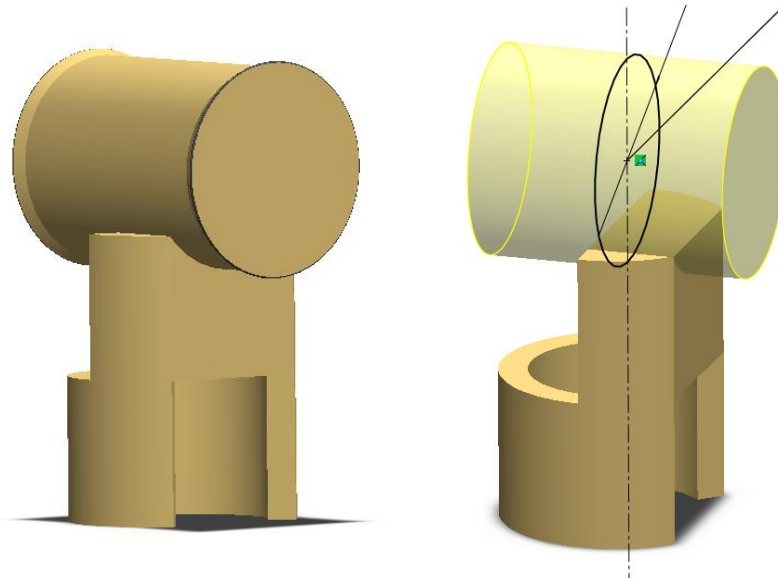


Ilustración 104. Modelado del depósito y soporte.

A continuación, se ha modelado el carburador con los conductos para la nafta y el respiradero o rebosadero.

La cuba del carburador o cuerpo, ha sido generado con operaciones de extrusión cilíndricas, mientras que los conductos para la gasolina y respiradero ha sido mediante planos auxiliares, croquis de sección circular y una operación de barrido.

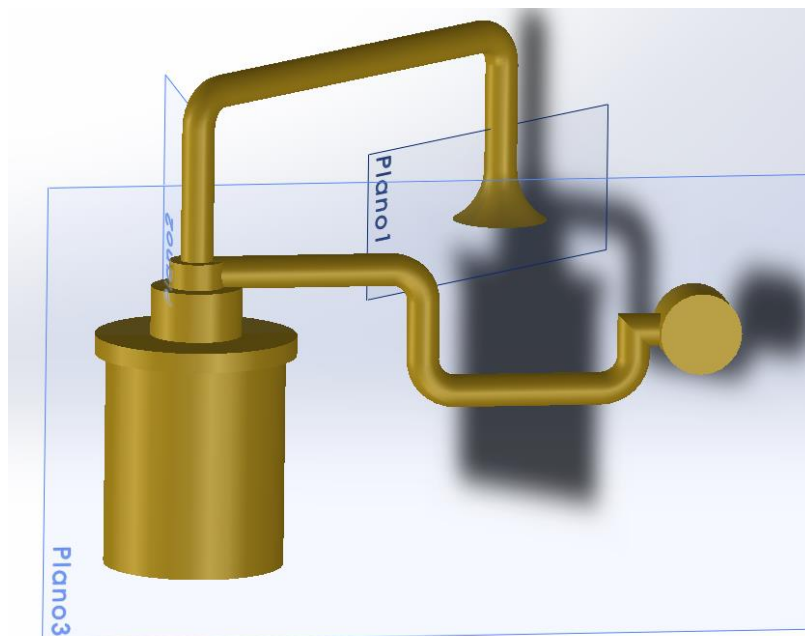


Ilustración 105. Carburador y conductos.

El carburador podremos ensamblarlo al quemador del motor cuando haya sido terminado.

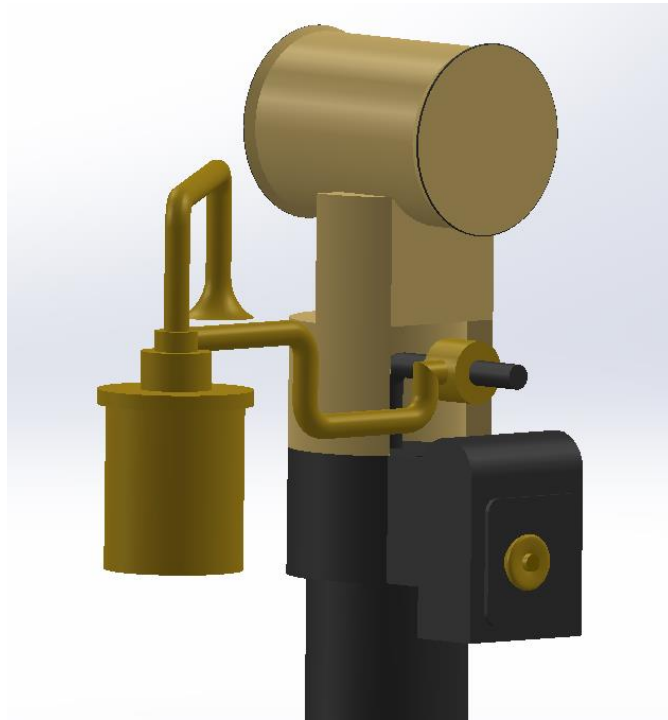


Ilustración 106. Carburador y conductos acoplado al motor.

Para el caso del filtro de aire, será necesario modelarlo sobre el motor colocado en la bancada de la motocicleta, ya que el conducto que sale del motor y llega hasta el filtro, debe pasar por el soporte que se modeló anteriormente y que está colocado en el asiento.

De este modo, con una operación de barrido a partir de un croquis circular y una línea de guía, se configurará el conducto.

El filtro se modelará como otra pieza sencilla mediante operaciones de extrusión y planos de referencias.



Ilustración 107. Filtro de aire.

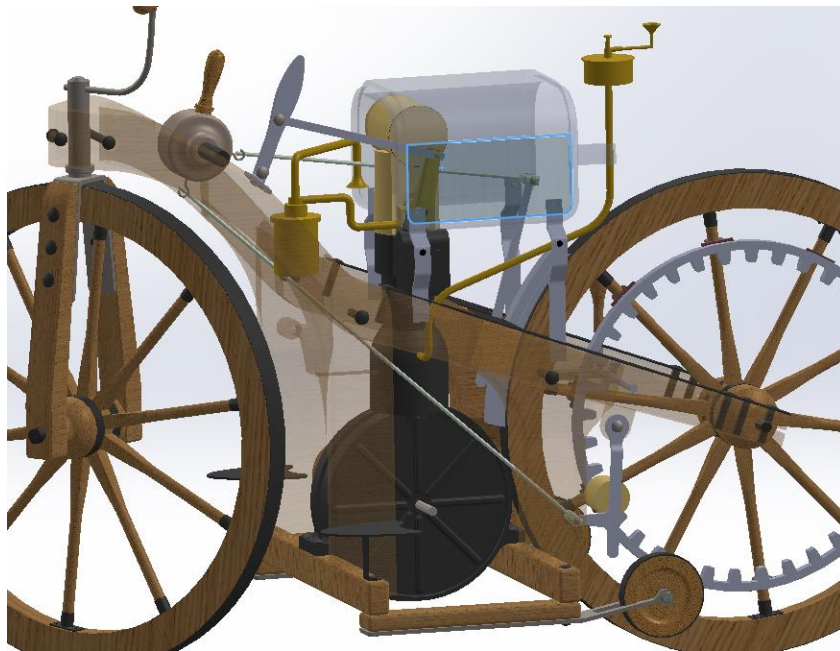


Ilustración 108. Motor posicionado en la bancada y filtro de aire sujeto.

Como ya se dijo, ahora que el motor está perfectamente posicionado en la bancada, sería el momento de realizar el orificio en el suplemento de manivela de puesta en marcha (ver ilustración 77).

Ahora, para finalizar el motor, se modelará el escape.

El escape se debería de modelar sobre el propio ensamblaje, ya que, al estar alojado en un espacio tan reducido, pudiendo interferir con el resto de piezas, lo más sencillo sería proceder de este modo para evitar rediseñar varias veces.

Se trata de un modelado básico, donde el conducto de escape hacia el silenciador se realiza mediante operaciones de barrido; el silenciador, mediante una extrusión circular simple y el tubo de dirección de gases de escape que parte del silenciador, mediante otro barrido hasta la parte baja de la bancada.

Por este motivo resultará mucho más cómodo trabajar sobre el propio ensamblaje.

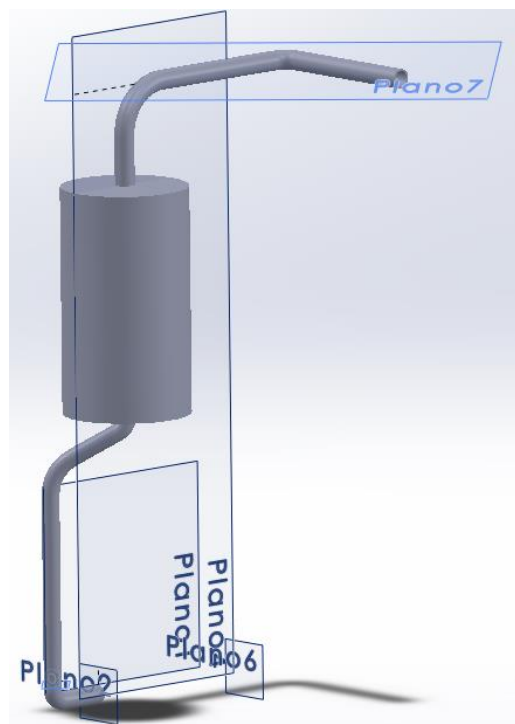


Ilustración 109. Escape.

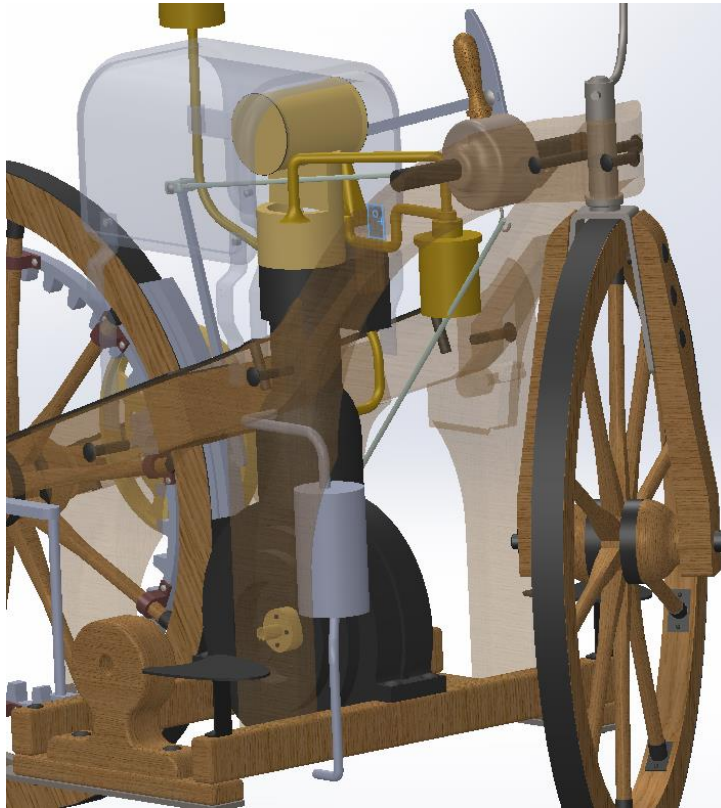


Ilustración 110. Escape colocado en el motor sobre el ensamblaje principal.

Para terminar de completar el modelado, faltaría el bloque de transmisión; compuesto por la polea de salida del cigüeñal, polea intermedia, rueda dentada trasera y polea. Cabe destacar que la polea tensora de la correa no está dentro de este bloque porque, aunque es la encargada de generar la transmisión del movimiento entre poleas, no juega ningún papel en la relación de transmisión.

Como se puede observar en la siguiente ilustración, aparecen todas las poleas y ruedas dentadas de la Reitwagen ya acopladas en sus respectivos alojamientos.



Ilustración 111. Bloque de transmisión.

En primer lugar, se modelará la polea de salida del cigüeñal con las medidas adecuadas que fueron obtenidas de la documentación que se ha conseguido por diferentes fuentes. Se conoce que en el modelo de diseño la rueda de salida solo tenía una polea; sin embargo, se optó por una rueda con dos poleas de diferente diámetro para poder invertirla dependiendo de las exigencias geográficas del terreno por donde se fuese a circular, proporcionando una mayor velocidad o par motor en diferentes situaciones.

Mediante un croquis circular y una extrusión se consigue la polea de mayor diámetro. Seguidamente y sobre el mismo croquis, se diseñarán las cavidades para aligerar la polea que, mediante una operación matricial se copiará este recorte en todo el contorno interior de la polea. Mediante operaciones de redondeo se le atribuirá un diseño más dinámico a las cavidades.

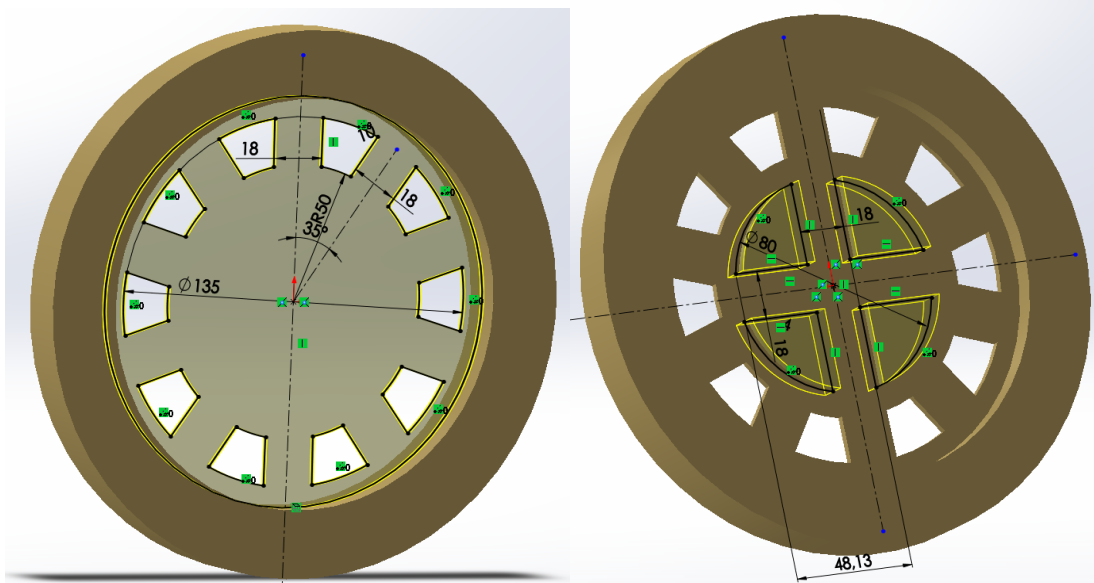


Ilustración 112. Diseño aligerado de polea de salida del cigüeñal.

Seguidamente se realiza el orificio para el eje de salida del motor y se extruye para generar un tubo solido que proporcionará resistencia al alabeo.

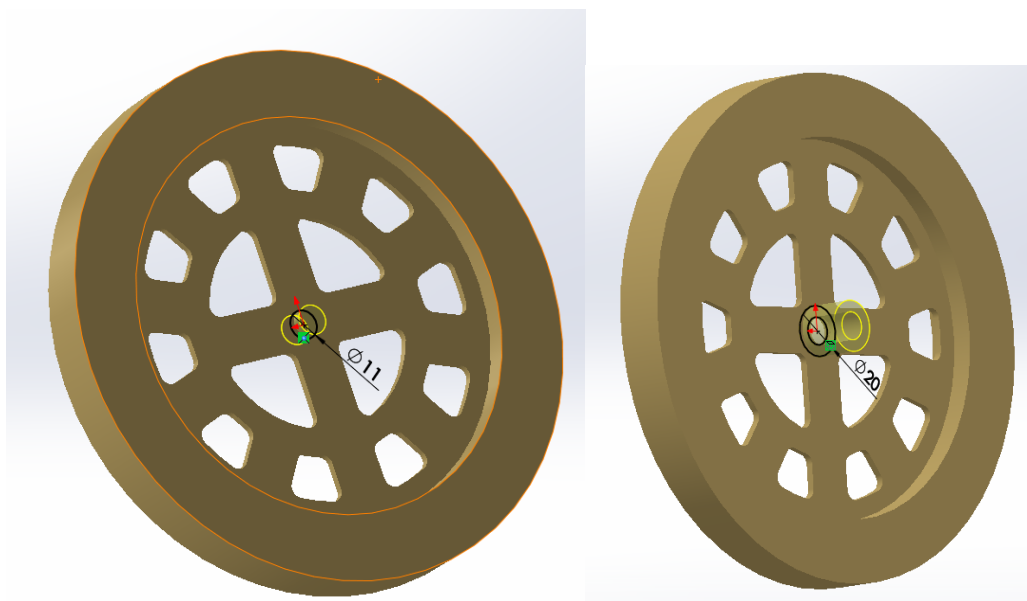


Ilustración 113. Extrusión para el eje de polea de salida del cigüeñal.

Por último, se realizará un nuevo croquis sobre la base de la polea para poder diseñar la rueda interior.

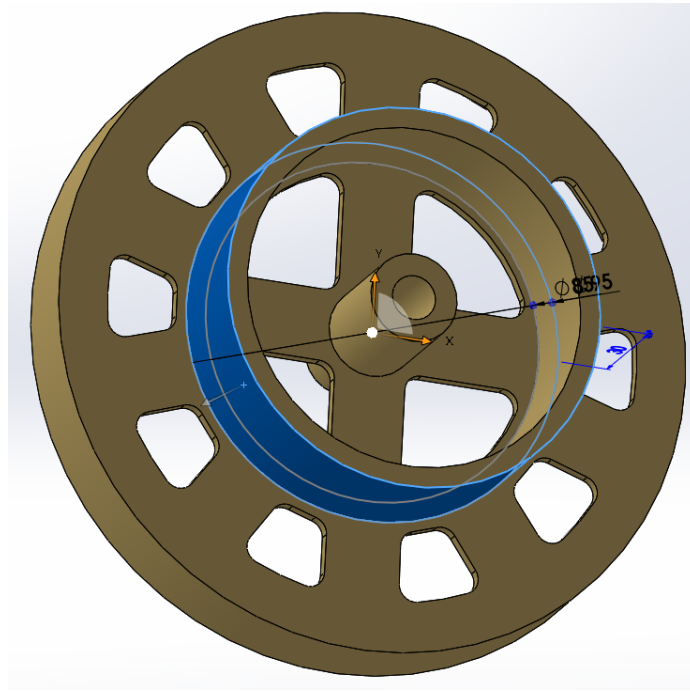


Ilustración 114. Extrusión de rueda interior de polea de salida del cigüeñal.

Finalmente aparece la polea completamente definida, aunque debería de haberse diseñado un pequeño borde en el contorno de ambas ruedas para evitar que la correa pudiese salirse y generar algún tipo de accidente. De cualquier modo, se trata de un elemento meramente representativo para poder comprender el funcionamiento general del sistema de transmisión.

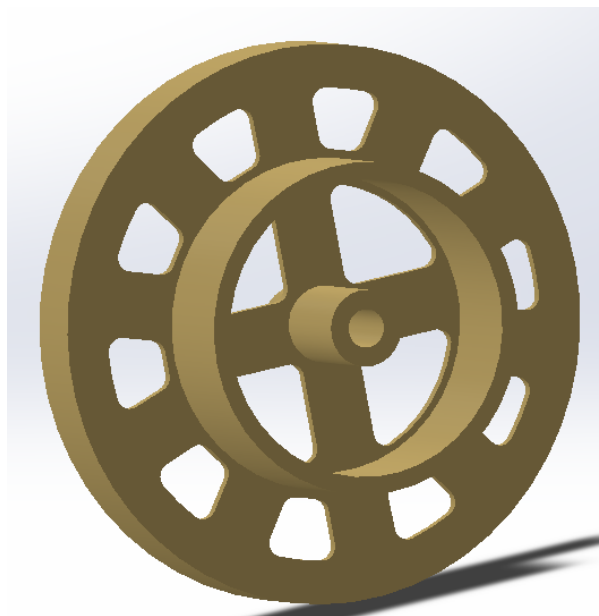


Ilustración 115. Polea de salida del cigüeñal terminada.

En la siguiente ilustración puede verse claramente que la polea intermedia se ha diseñado a partir de la polea de salida del motor; con las mismas cavidades y geometría, aunque con diferente diámetro. Con lo cual, se puede evitar la explicación acerca de su proceso de diseño.

Cabe destacar que existen algunas cavidades más para aumentar la ligereza y que también sería conveniente un borde en perímetro de la banda de rodadura de la correa para evitar que ésta pudiese salirse como ya se ha dicho.

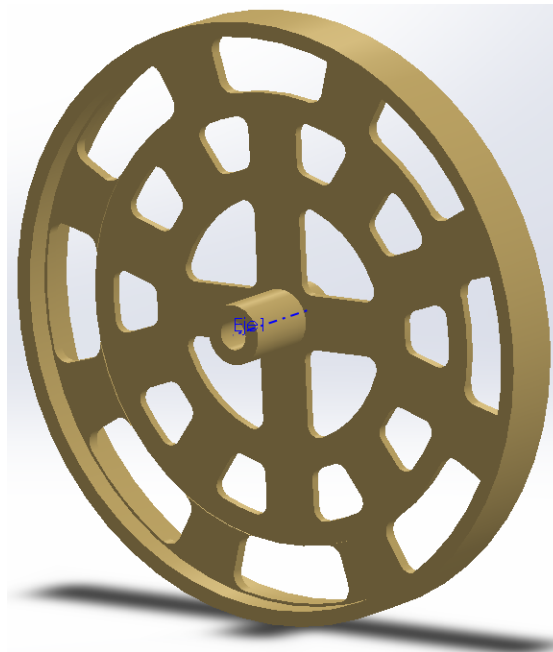


Ilustración 116. Rueda intermedia para la correa de transmisión.

El eje de esta rueda será, a su vez, el eje del engranaje que transmitirá el movimiento a la rueda dentada trasera. El eje deberá de soldarse a la propia polea una vez que ese ubicado en el propio bastidor para que tanto el engranaje como la polea giren al mismo tiempo.

Este eje debería de haber sido diseñado con un tope en uno de sus extremos, rodamiento, y un elemento de fijación para evitar que pudiese salirse de su alojamiento. Pero como se ha dicho, se trata de una representación gráfica para idealizar el funcionamiento del sistema de transmisión.

El engranaje se ha diseñado sin tener en cuenta el modulo, diámetro de paso, altura de cabeza de diente, etc debido a que el software generaba numerosos errores causados por relaciones de posición de otros elementos adyacentes.

Se parte del croquis de una circunferencia que se extruye, se le realiza un corte a partir de otro croquis, hasta conseguir asemejarlo todo lo posible a un engranaje. Aunque se trata de un engranaje de 4 dientes no muy realista.

A continuación, se puede ver el proceso de diseño del engranaje, al cual, deberá de acoplarse el eje que ligará el conjunto de polea intermedia y engranaje.

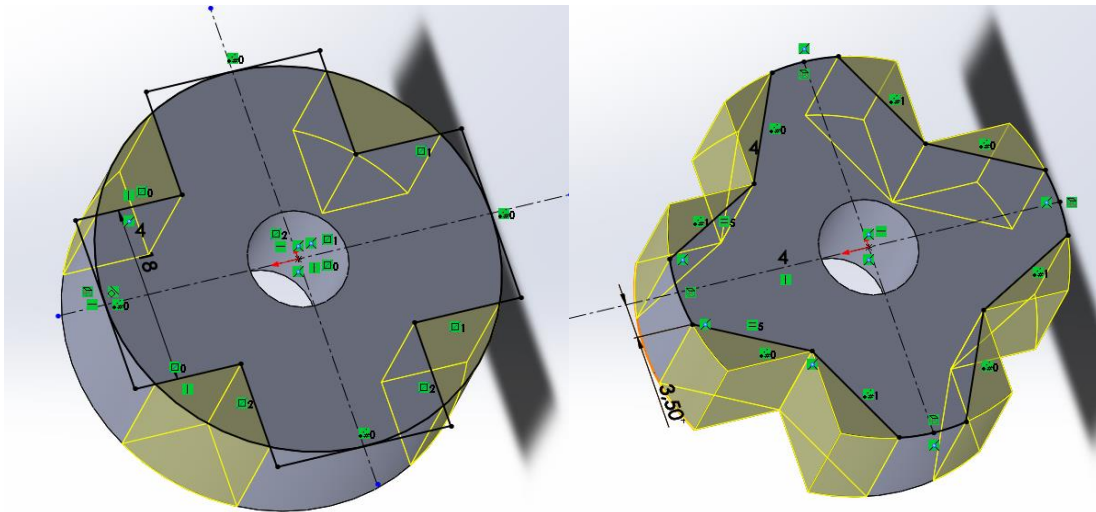


Ilustración 117. Proceso de diseño del engranaje.

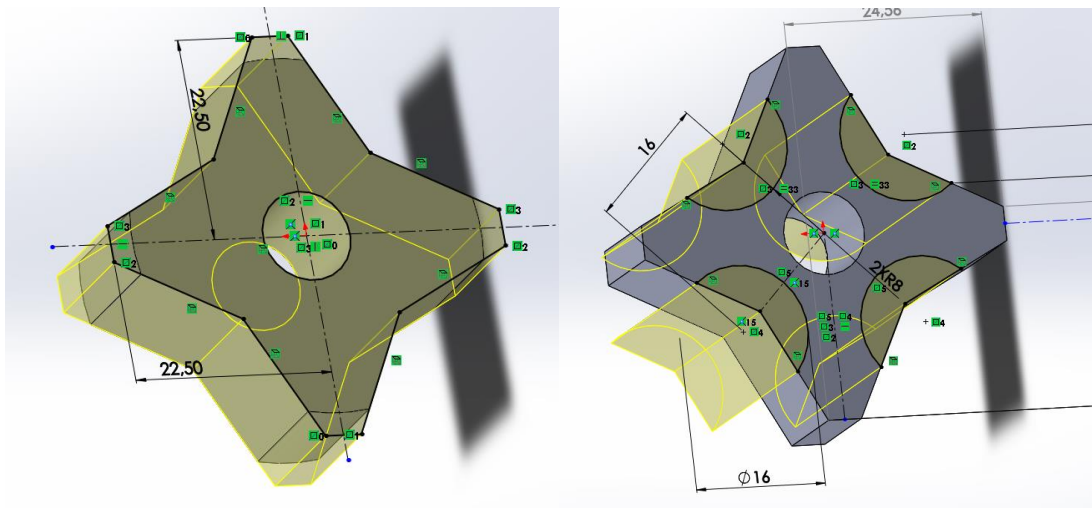


Ilustración 117 (1). Proceso de diseño del engranaje.

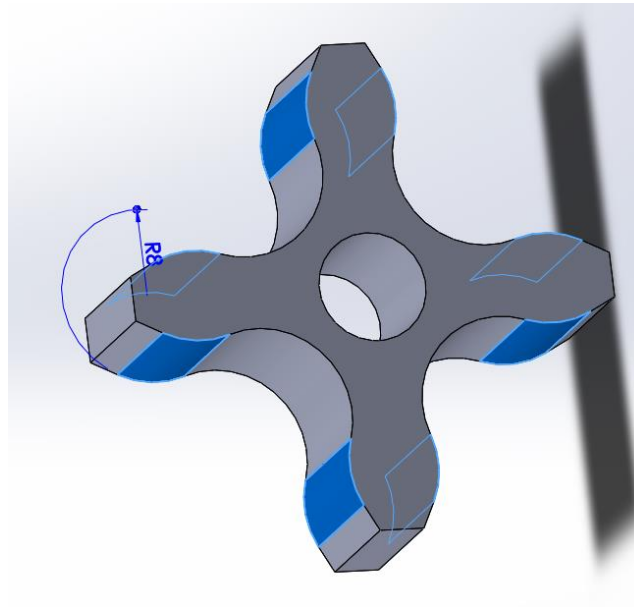


Ilustración 118. Engranaje terminado.

A continuación, tanto la polea del cigüeñal como la polea intermedia y engranaje, podrían acoplarse en el ensamblaje principal para poder diseñar en el siguiente paso la correa.

El alojamiento del eje para el conjunto de engranaje y polea intermedia fue mecanizado cuando se diseñó el bastidor, pero podría realizarse llegados a este punto; pues habrá que hacer coincidir el diente del engranaje con una cavidad de la rueda dentada mediante relaciones de posición y, será entonces cuando el eje marcará la posición exacta donde irá alojado, tal y como se puede observar en las siguientes imágenes.

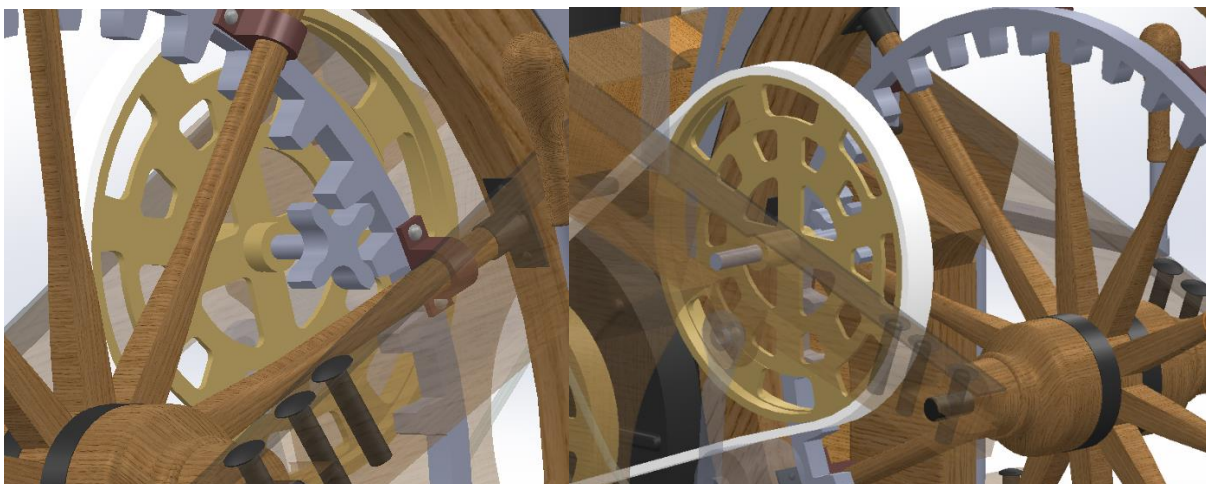


Ilustración 119 Detalle del acoplamiento de engranaje y polea intermedia.

Las distancias entre el eje de salida del motor y el eje del engraje se pueden obtener mediante acotación lineal. Los diámetros de las poleas también se conocen, con lo cual, podrá realizarse un croquis para poder modelar la correa y acoplarla al ensamblaje principal.

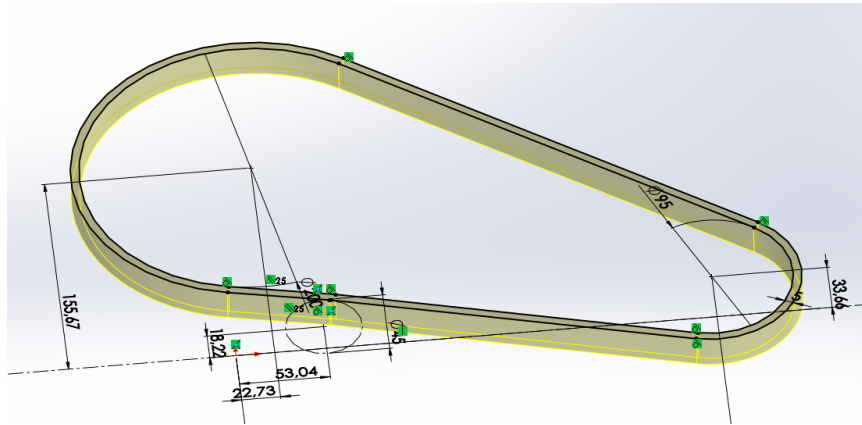


Ilustración 120. Croquis y extrusión de correa.

De este modo, la correa queda perfectamente definida y el proceso de modelado habría concluido. Cabe destacar que la correa debería de haber sido modelada con sobremedida para que la polea de tensión de la correa fuese la encargada de generar la tensión necesaria para que la fuerza de rozamiento entre polea y correa diese lugar a la transmisión del movimiento.

5.2. Resultados.

Finalmente, con el proceso de modelado completo, se puede apreciar el diseño de la Reitwagen con respecto al modelo real, habiéndose conseguido los objetivos propuestos de modelado.

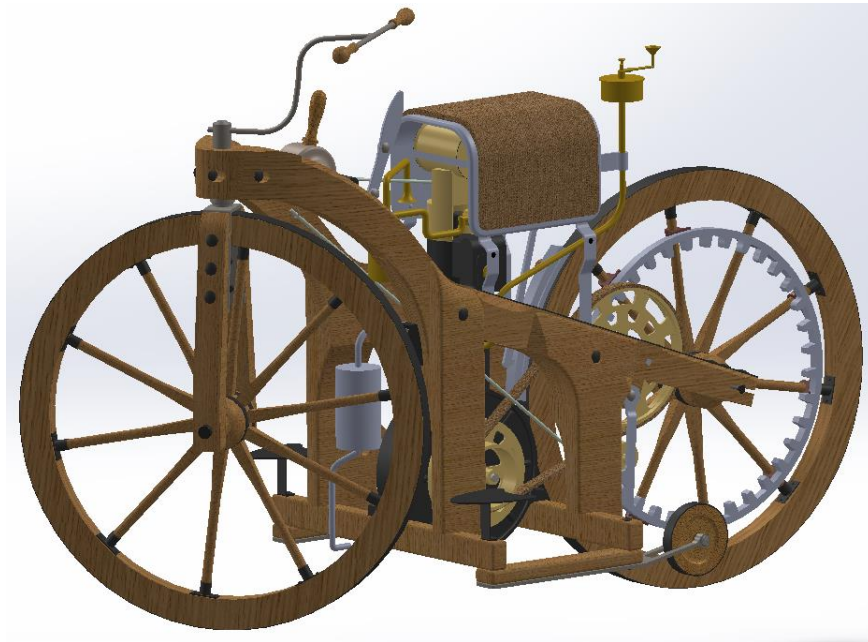


Ilustración 121. Modelado de Reitwagen terminado.

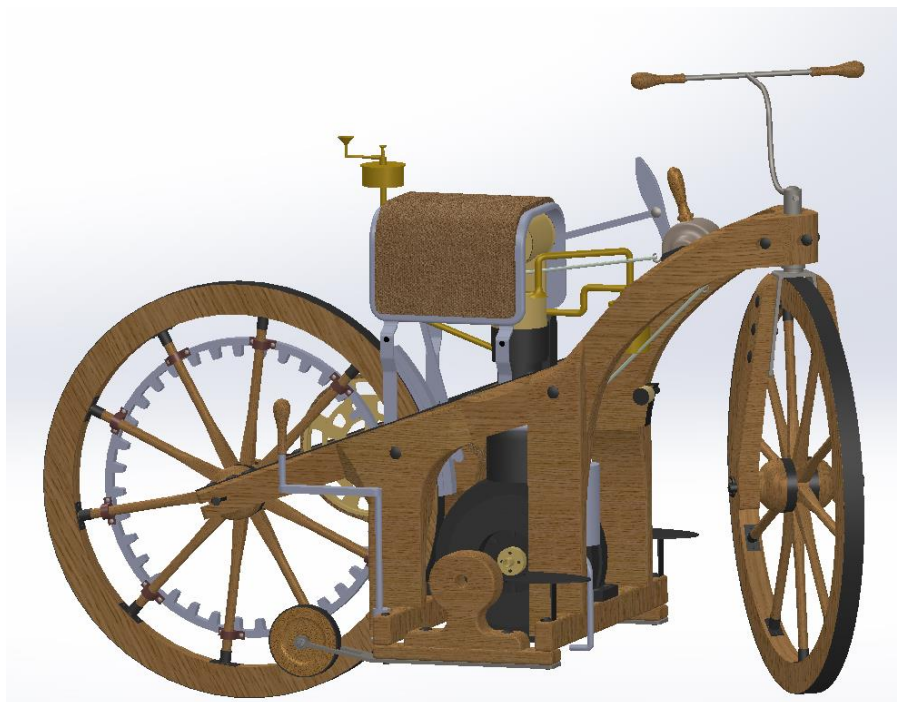


Ilustración 121 (1). Modelado de Reitwagen terminado.

Del mismo modo, los cálculos con respecto a la relación de transmisión del modelo de trabajo y el modelo real también han sido obtenidos.

Cadena cinemática modelo de diseño	
Revoluciones rueda motriz (rpm)	105.88
Velocidad máxima (Km/h)	11.97
Par motor (N·m)	33.16

Cadena cinemática modelo de trabajo de dos velocidades	
Diámetro polea primera velocidad (mm)	119
Revoluciones rueda motriz (rpm)	61.81
Velocidad máxima (Km/h)	6.99
Par motor (N·m)	56.8

Cadena cinemática modelo de trabajo de dos velocidades	
Diámetro polea segunda velocidad (mm)	182
Revoluciones rueda motriz (rpm)	99.74
Velocidad máxima (Km/h)	11.28
Par motor (N·m)	35.7

Se puede observar que los resultados obtenidos en cuanto a velocidad son los que muestran determinados artículos en los que se ha basado este trabajo, que fueron proporcionados por el museo Mercedes-Benz de Stuttgart (Alemania).

Queda demostrado que era necesario de optar por sistemas de dos velocidades en un motor con 0,5 Hp de potencia, debido a que esta motocicleta no contaba con variador de velocidades y que, para superar determinadas pendientes, se necesitaría una configuración de transmisión diferente.

5.3. Propuesta de mejora en el sistema de cambio de velocidades.

Como ya se ha comentado, el sistema de cambio de velocidades de esta motocicleta, hacía que tuviésemos que parar el motor para girar la polea, y así acoplar la segunda velocidad. Aparte de resultar una tarea tediosa y poco práctica, tenía el inconveniente de que presentaría dificultades para poder cambiar a la segunda velocidad en una pendiente determinada; pues al disminuir el par y con la moto parada probablemente no se podría superar la pendiente o se haría con grandes dificultades, suponiendo un desgaste elevado para el motor, para la correa y conjunto de poleas.

Como un posible solución muy práctica y desarrollada en multitud de motores para motocicletas, sería el acoplamiento de un embrague centrífugo con variador de velocidades en el cigüeñal.

Aunque existen multitud de motores con variador de velocidades, la gran mayoría son con variador de velocidades y embrague centrífugo independientes, unidos mediante una correa. El variador, montado sobre el eje de salida del motor o cigüeñal, consta de dos platos cónicos entre los cuales pasa la correa; uno de ellos permanece fijo al eje del cigüeñal mientras que el otro se deslizara sobre el eje para acercarse o separarse del plato fijo mediante un sistema de rodillos o bolas internas que, debido al número de revoluciones del motor, estos rodillos se desplazarán por fuerza centrífuga hacia el exterior y debido a la geometría interna del plato móvil, harán que este plato se desplace.

El embrague, montado en el eje de transmisión de la rueda trasera, está compuesto por unas pastillas de fero do articuladas en un extremo y tensadas en el otro mediante unos muelles, de una semipolea cónica similar a la del variador y un muelle de compresión que mantiene las dos mitades de polea unidas. Al aumentar la velocidad de giro por fuerza centrífuga, las pastillas se abrirán venciendo la fuerza de los muelles y agarrarán a una campana fija al eje de transmisión para dar movimiento a la rueda trasera.

La correa, como consecuencia del aumento del diámetro de paso en el variador cuando el cigüeñal gira a un numero de revoluciones mayor que en estado de reposo o ralentí, se tensará y disminuirá el diámetro inicial en la semipolea, venciendo la

compresión del muelle central. De este modo, conseguiremos una relación de transmisión de forma automática en función de la velocidad de giro del cigüeñal.

En el caso de la Reitwagen, se montaría tanto el variador de velocidades como el embrague en el mismo eje del motor, manteniendo fija la polea de transmisión. Se trata de un sistema de doble embrague centrífugo con variador automático de velocidades, idéntico al motor AV-60 que montaba la marca francesa de motocicletas Mobylette. Las diferencias del grupo transmisión-embrague de este sistema con respecto a los actuales son hacen que sea muy práctico para poder sustituir al sistema de cambio original que montaba la Reitwagen.

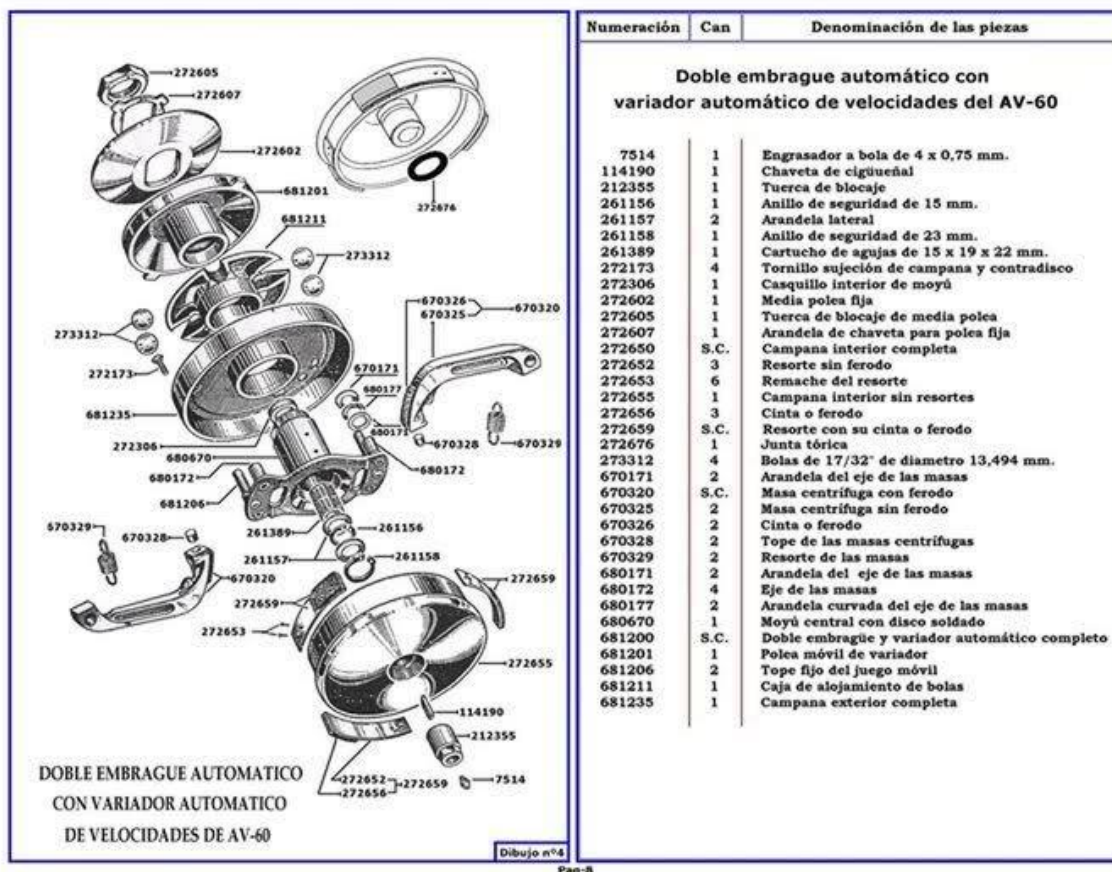


Ilustración 122. Despiece sistema embrague automatico con variador de velocidades del motor AV-60

El sistema de embrague está formado por dos zapatas interiores con sistemas de retorno por resorte y tres pastillas de ferodo externas remachadas a la campana interna fijada al cigüeñal. Al aumentar la velocidad de giro del eje, las bolas se

desplazarían al exterior aumentando el diámetro de paso de la correa como consecuencia del giro de la campana exterior accionada por el embrague para transmitir el par a la polea de transmisión.

Puesto que la correa no es elástica, al aumentar el diámetro de paso en el variador manteniendo constante el diámetro de la polea de transmisión, podría partirse. Como solución, podría adaptarse una correa trapezoidal de sobremedida con un tensor de resorte actuando sobre la correa, manteniendo la tensión de la correa en todo momento, siendo mayor esta tensión a medida que el diámetro de paso en el variador fuese aumentando.

6. CONCLUSIONES.

A nivel de diseño podría decirse que el software que se ha empleado para llevar a cabo este modelado, genera bastantes dificultades a la hora de trabajar con madera. Las uniones de ciertos elementos que, en su proceso de fabricación se realizarían de forma artesanal, en SolidWorks resulta una tarea compleja para poder llegar a representar con suma precisión determinadas piezas. De cualquier modo, se ha conseguido representar de forma satisfactoria, solventando los problemas que se han ido planteando a medida que se ha ido avanzando.

Mediante la gama de texturas o apariencias que SolidWorks ofrecía, se han adoptado para las diferentes piezas, tratando de darles un diseño más realista, acorde al modelo real.

Podría llevarse a cabo con otros softwares de diseño asistido por ordenador como Catia, pero además de ser un programa más costoso económicamente, ofrece prácticamente las mismas funciones para poder modelar esta motocicleta. Con lo cual, SolidWorks es un programa de diseño muy potente y muy apropiado para poder llevar a cabo prácticamente cualquier tipo de modelado.

En cuanto a los datos de que se disponían para el motor, se han podido extraer datos sobre la configuración de la relación de transmisión de la motocicleta, determinando la configuración más apropiada para circular en llano y con pendientes

ligeras. Además, se ha contemplado la posibilidad de acoplar un variador de velocidades con embrague centrífugo con el fin de sustituir el rudimentario sistema con el que se diseñó y acercar esta motocicleta al siglo XXI.

7. REFERENCIAS.

Jame Watt. <https://www.britannica.com/biography/James-Watt> [Febrero 2018].

Silvester Howard Roper.

<http://www.motorcyclemuseum.org/halloffame/detail.aspx?RacerID=264> [Febrero 2019]

Lucius Copeland. <http://motoloverz.blogspot.com/2012/10/motorcycle-history-101-part-1-lucius.html> [Febrero 2019]

Nikolaus Otto. <https://educacion.elpensante.com/biografia-de-nikolaus-otto/> [Febrero 2019]

Enrico Bernardi.

https://web.archive.org/web/20101031200125/http://www.museonicolis.com/website/pages_eng/esposizionitematiche_enrico_bernardi.php [Febrero 2019]

Prototipo “Motrice Pia” de Enrico Bernardi.

<http://www.museonicolis.com/en/1cylinder-pia-engine-enrico-bernardi/> [Febrero 2019]

Imágenes “Motrice Pia”. <http://rocket39.blogspot.com/2009/03/first-motor-cycle-verona-august-27-1882.html> [Febrero 2019]

Historia de la motocicleta. <https://www.curiosfera.com/historia-de-la-moto/> [Marzo 2019]

Wilhelm Maybach. Fundadores y pioneros.

<https://www.daimler.com/company/tradition/founders-pioneers/wilhelm-maybach.html> [Marzo 2019]

Video motor experimental “Reloj del abuelo”.

<https://www.youtube.com/watch?v=B3GK2fYpNso> [Enero 2019]

Gotlieb Daimler. <http://daimlermotorcycle.com/history1.htm> [Abril 2019]

Primera motocicleta de la historia. <https://www.thevintagenews.com/2016/03/20/first-motorcycle-built-1885-called-reitwagen-riding-car/> [Marzo 2019]

Daimler Reitwagen 1885 (Museo Mercedes-Benz). <https://mercedes-benz-publicarchive.com/marsClassic/de/instance/ko.xhtml?oid=5971&relId=1001&resultInfoTypeId=172#toRelation> [Febrero 201]

Historia del automóvil. <https://www.kulturgut-mobilitaet.de/aktuell/hist-mobilitaet/1704-automobil-auf-zwei-rdern-am-29-august-1885-meldet-gottlieb-daimler-den-reitwagen-zum-patent-an> [Marzo 2019]

Características técnicas Reitwagen 1885. <https://mercedes-benz-publicarchive.com/marsClassic/de/instance/ko/Daimler-Reitwagen-1885.xhtml?oid=5972> [Marzo 2019]

Ciclo Rankine. <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/44/html/rankine.html> [Abril 2019]

Ciclo Otto. http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ciclo_Otto#Rendimiento_2 [Abril 2019]

Funcionamiento variador velocidades convencional.
<https://www.youtube.com/watch?v=M2PSnoggTmw> [Abril 2019]