

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"DISEÑO, CÁLCULO Y FABRICACIÓN
DEL BASCULANTE DE MOTOCICLETA
DE COMPETICIÓN"

TRABAJO FIN DE GRADO

Febrero –2024

AUTOR: Gustavo A. León

DIRECTOR/ES: David Abellán López

RESUMEN

En este proyecto se plantea el diseño, análisis y fabricación del basculante para una motocicleta de competición de categoría Moto3 para la VI edición de la competición MotoStudent.

Se parte dando un contexto amplio de la competencia en la que se va a participar y varios conceptos importantes de cara al diseño del basculante. También se describirá el desarrollo a lo largo de la historia de la motocicleta, los tipos más comunes que existen actualmente y su funcionamiento. Con esta introducción se presentan las problemáticas y desafíos que se tendrán para llevar a cabo el proyecto, cumpliendo los requisitos impuestos por la competencia.

Se realizarán varios diseño y posteriores iteraciones, realizando un análisis de elementos finitos para comprobar que el basculante cumpla los requisitos de la motocicleta para culminar con la realización de planos y finalmente su fabricación.



ÍNDICE

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Definición de basculante de una moto	7
1.2. ¿Qué es el MotoStudent?	8
1.3. Antecedentes del MotoStudent	9
1.4. Antecedentes técnicos del basculante	10
1.4.1. Sistema Plunger	10
1.4.2. Sistema basculante Vincent	11
1.4.3. Sistema Cantiléver <i>mono-shock</i>	12
1.5. Principios de funcionamiento del tren trasero	13
1.6. Motivación	15
1.7. Restricciones de la competición, cargas de prueba	15
1.8. Cálculo de fuerza lateral y momento torsor (paso por curva)	16
1.9. Rigidez	19
1.9.1. Rigidez lateral	19
1.9.2. Rigidez torsional	19
1.10. Objetivo del proyecto	20
2. METODOLOGÍA	21
2.1. Parámetros	21
2.1.1. Geometría	21
2.1.2. Peso moto	22
2.1.3. Puntos de anclaje	22
2.1.4. Unión con chasis y rueda trasera	22
2.2. Metodología de trabajo	24
2.3. Componentes principales	24

2.4.	Metodología de análisis estructural estáticos	25
2.4.1.	Restricciones de contorno.	25
2.4.1.	Contactos	26
2.4.2.	Mallado	26
2.4.3.	Cargas verticales	26
2.4.4.	Cargas Laterales y torsión.....	27
3.	RESULTADOS	30
3.1.	Historial de diseños	30
3.1.1.	Basculante V1.....	30
3.1.2.	Basculante V2.....	31
3.1.	Diseño Final	32
3.2.	Resultados de los análisis de tensión	32
3.2.1.	Cargas verticales	32
3.2.2.	<i>Cargas Laterales y torsión</i>	33
3.2.3.	Rigidez.....	34
3.3.	Descripción del diseño	36
3.3.1.	Brazos Basculante.....	36
3.3.2.	Cajera, pieza intermedia.....	37
3.3.3.	Casquillos	38
3.3.4.	Soporte pinza de freno trasero	39
3.3.5.	Tensor	40
3.3.6.	Anti-atrapamiento	40
3.4.	Fabricación de Basculante	41
4.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	43
4.1.	Conclusiones.....	43
4.2.	Trabajos futuros	43
5.	Bibliografía.....	44

ANEXOS	45
ANEXO A - REQUISITOS GENERALES SEGÚN LA COMPETENCIA	46
1. DIMENSIONES.....	46
1.1. Altura mínima	46
1.2. El ángulo mínimo de inclinación lateral	46
1.3. Distancia libre al pavimento	46
1.4. Limite frontal.....	47
1.5. Limite posterior.....	47
1.6. La banda de rodadura de los neumáticos	48
1.7. La anchura máxima del asiento	48
2. PESO.....	48
2.1. El peso mínimo total.....	48
2.2. El uso de lastre	48
3. DISEÑO	48
3.1. Chasis comercial.....	48
3.2. Limitaciones de diseño.....	48
3.3. Diseño Chasis.....	49
4. VERIFICACIONES ESTATICAS DE SEGURIDAD EN BANCO.....	49
4.1. Aplicación.....	49
4.2. Procedimientos	49
4.3. Banco de ensayo parte ciclo	49
4.4. Validación.....	50
ANEXO B - GEOMETRÍA BÁSICA DE LA MOTO.....	51
1. REPARTO DE PESOS.....	51
1.1. Peso estático	51
1.2. Peso dinámico	51
2. GEOMETRÍA.....	51

2.1.	Avance.....	51
2.2.	Ángulo de lanzamiento	53
2.3.	Distancia entre ejes	53
ANEXO C - PLANOS		54



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Definición de basculante de una moto

El basculante, también conocido como brazo oscilante trasero, es uno de los elementos estructurales más importantes de una motocicleta. Ver Ilustración 1.

Su función prioritaria es conectar la rueda trasera con el chasis, permitiendo el movimiento relativo entre ambas piezas, de manera que favorece la absorción de las irregularidades del terreno y asegura el contacto de la rueda trasera con el suelo.



Ilustración 1-Basculante moto

Esta última función es de vital importancia en aceleraciones o deceleraciones. En una frenada fuerte la rueda trasera tiende a levantarse, sin embargo, al no estar restringido el movimiento relativo entre el chasis y la rueda, el muelle empuja el basculante, este pivota con respecto al chasis, logrando que la rueda siga en contacto con el suelo hasta que se supere un límite, como se ve en la Ilustración 2.



Ilustración 2- Frenada (Mundodeportivo, 2022)

1.2. ¿Qué es el MotoStudent?

MotoStudent es un concurso internacional que se desarrolla cada 2 años, es promovida por la Fundación Moto Engineering Foundation (en adelante MEF) y TechnoPark Motorland, en el cual participan equipos de estudiantes de universidades de todo el mundo. El objetivo de los alumnos es aplicar los conocimientos adquiridos durante sus estudios en un proyecto integrador, mediante el diseño, desarrollo y fabricación de un prototipo de moto de competición, que será evaluado y probado en el circuito de velocidad de Motorland Aragón, en Alcañiz (Teruel) España.

Los estudiantes se ven desafiados, ya que tienen que demostrar su creatividad y habilidades de innovación para aplicar directamente sus conocimientos de ingeniería en un período de tres semestres.

Otra de las grandes problemáticas del desarrollo de la moto es la búsqueda de *sponsors*, tanto económicos como colaboraciones para la materialización del proyecto. Este último punto es crucial y marca una de las pautas fundamentales para el diseño de todos los sistemas. Ya que se tiene que realizar un diseño que se pueda construir en los plazos previstos y los costos de este no deben ser muy elevados.

La competición se subdivide en dos categorías:

- MotoStudent Petrol (motor de combustión interna).
- MotoStudent Electric (sistema de propulsión 100% eléctrico).

La organización suministra a cada equipo un *kit* básico, según la categoría, para utilizar como base del diseño de la motocicleta. El *kit* para la categoría *Petrol* está compuesto por:

- Un motor monocilíndrico de 250 cm³ que entrega una potencia de 31 CV a 9000 vueltas, marca KTM.
- Un juego de neumáticos *slick* delantero y trasero, marca Dunlop.
- Un juego de llantas delantera y trasera.
- Un sistema de frenos delantero y trasero, marca JJ

Las fases que forman MotoStudent son las siguientes (Motostudent.com):

- MS1: Está formada por la evaluación de una serie de entregas a los organizadores explicando y desarrollando las medidas tomadas para el diseño del prototipo. Estas entregas deben incluir los cálculos y simulaciones que garantizan el correcto comportamiento y seguridad de la motocicleta. También incluye un proyecto de industrialización y otro de innovación.
- MS2: Esta fase se desarrolla en tres instancias. En primer lugar, se realizan pruebas estáticas (pruebas estructurales, del sistema de seguridad y frenada) posteriormente se procede a la realización de pruebas dinámicas, evaluando el comportamiento del prototipo en el circuito. Finalmente, se procederá con los test de aceleración, frenada y maniobrabilidad. Esta fase termina con el evento final y ocupa por completo el fin de semana. Consta de dos entrenamientos libres, la clasificación para definir el orden en la parrilla de salida y la carrera.

1.3. Antecedentes del MotoStudent

La Universidad Miguel Hernández, ha sido representada en cinco de las seis ediciones que lleva la competición, destacándose en dos de ellas. La primera en la III edición en 2014 ganando la prueba final con el equipo UMH Moto-Experience (La Vanguardia, 2014), ver Ilustración 3, y luego en la IV edición en

2016 ganando como mejor innovación con el equipo Proyecto Guepardo (Las Provincias, 2016).



Ilustración 3- Equipo UMH Moto-Experience - (<https://comunicacion.umh.es>, 2014)

1.4. Antecedentes técnicos del basculante

Las primeras motocicletas datan de principios del siglo XX, eran bicicletas que se les adaptaban unos pequeños motores. Por lo que era inexistente cualquier tipo de basculante. La rueda trasera iba unida directamente al chasis, como se observa en cualquier chasis de una bicicleta de la época.

1.4.1. Sistema Plunger

En los años 30' se popularizó el sistema de suspensión Plunger (ver Ilustración 4) debido a que era fácilmente acoplable a los chasis rígidos del momento, era técnicamente muy pobre. Este tipo de diseño tan básico tenía grandes problemas de rigidez torsional y era necesario utilizar dos amortiguadores para poder evitar el par que producía las fuerzas de la suspensión.



Ilustración 4-Sistema de suspensión Plunger

1.4.2. Sistema basculante Vincent

En 1928 Vincent patentó lo que hoy conocemos como brazo oscilante trasero, comúnmente conocido como basculante. Este sistema era notablemente más rígido que sus antecesores. Al estar formado por dos brazos triangulados y conectados al vértice del amortiguador. Una de las primeras motocicletas en las que se montó este tipo de suspensión fue en la *Vincent HRD Meteor*, producida a partir de 1935 hasta 1955. Ver Ilustración 5.



Ilustración 5 - Motocicleta Vincent HRD Meteor (1935)

El sistema estaba formado por un tubo transversal que alojaba los rodamientos de giro y un par de tubos laterales que soportaban la rueda y dos amortiguadores. Uno a cada lado, inclinados en cierto ángulo con respecto al basculante.

Las principales ventajas son:

- Construcción simple.
- Fácil disipación del calor producido por los amortiguadores.
- Gran amplitud del movimiento.
- Pequeñas fuerzas transmitidas al chasis.

Por otro lado, también tenía las siguientes desventajas

- Limitación de la amplitud de la oscilación vertical de la rueda.

- Al contener dos amortiguadores existe posibilidades de que se generen diferentes fuerzas entre ellos. Debido a las diferencias en las precargas de resorte o a las características de los amortiguadores, generando un mal funcionamiento de la suspensión, debido a la generación de momentos que torsionalmente cargan los brazos del basculante.

1.4.3. Sistema Cantiléver *mono-shock*

Para eliminar los defectos, la relación eficaz entre rigidez y peso se obtiene triangulando el basculante y conectando uno de los vértices al amortiguador. Teniendo un único amortiguador. Ver Ilustración 6

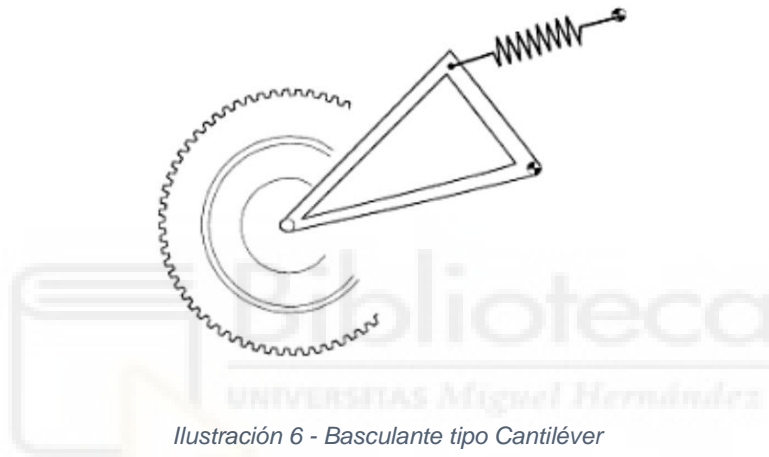


Ilustración 6 - Basculante tipo Cantiléver

Las principales ventajas son las siguientes:

- Facilidad de ajuste, gracias a contener un solo amortiguador.
- Baja masa no suspendida.
- Alta resistencia a la torsión y flexión.
- Alta amplitud vertical de la rueda.

Sin embargo, una de sus principales desventajas es el posicionamiento del amortiguador por encima o por detrás del motor, causando problemas de disipación de calor por parte del amortiguador.

Se ha mejorado este sistema con la introducción de un enlace en la suspensión trasera, haciendo que sea más fácil obtener las curvas de rigidez deseadas. Este enlace es llamado sistema por bieletas.

Estos diseños permiten utilizar una única unidad muelle-amortiguador con un movimiento reducido, además, permiten un tremendo control geométrico de las propiedades de la constante del muelle, por lo que se obtienen unas constantes de muelle y de amortiguamiento progresivas fácilmente. Ver Ilustración 7.

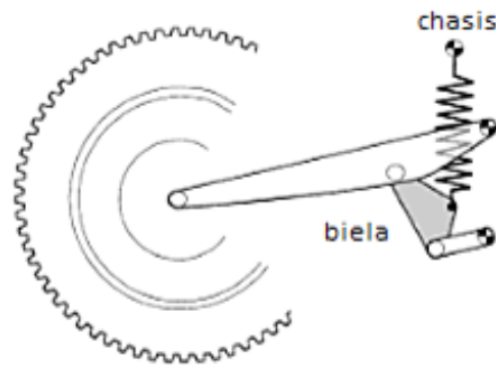


Ilustración 7 - Sistema de bieletas

Como conclusión de lo expuesto, el sistema con mejores prestaciones es el sistema Cantiléver con bieletas, optando claramente para el diseño este tipo de sistema.

1.5. Principios de funcionamiento del tren trasero

Su función principal es conectar la rueda trasera con el chasis, permitiendo el movimiento relativo entre ambas piezas, de manera que favorece la absorción de las irregularidades del terreno y asegura el contacto de la rueda trasera con el suelo.

El tren trasero de una motocicleta está compuesto principalmente por dos subsistemas, el sistema de suspensión y el basculante.

El sistema funciona gracias a que oscile en sentido vertical desde el eje pivote (unión con el chasis). Este movimiento es restringido gracias al sistema de suspensión. Generando que la rueda esté siempre en contacto con el suelo y pueda absorber las transferencias de masas.

El basculante está compuesto por 3 piezas fundamentales, los brazos del basculante que une el chasis a la rueda, y una pieza intermedia, llamada cajera, que acopla los dos brazos. Esta se une al amortiguador trasero por medio de unas bieletas.

Además de lo descrito anteriormente, hay varios subsistemas que dependen de este. Como es el freno trasero, la transmisión a la rueda, el tensor de la cadena y una pieza anti-atrapamiento, que se utiliza para evitar que la cadena pueda atrapar el pie del piloto. Ver Ilustración 8 e Ilustración 9.

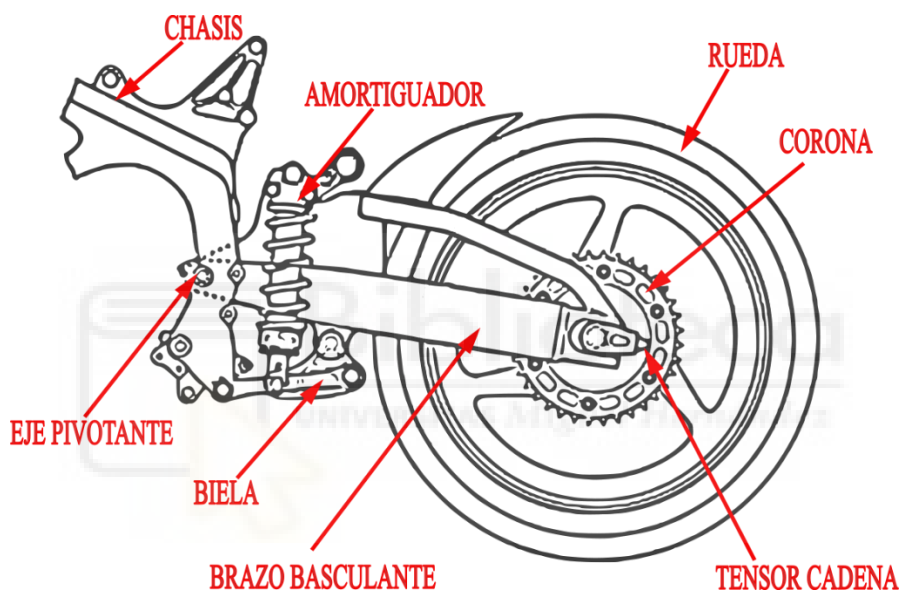


Ilustración 8-Esquema basculante

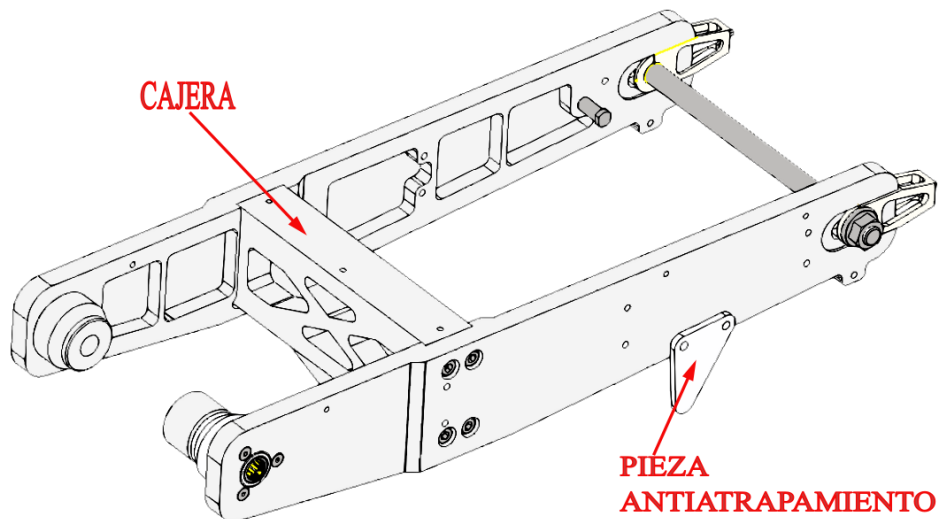


Ilustración 9- Esquema basculante

1.6. Motivación

La motivación principal es el diseño y fabricación de una motocicleta de competición para la IV edición del MotoStudent (2021), formando parte del equipo UMH Racing Team, equipo oficial de la Universidad Miguel Hernández.

El presente proyecto es parte importante de este propósito. Desarrollando el diseño y fabricación del basculante.

Ante esto, se observan varias problemáticas:

- No se tiene experiencia en la realización de un basculante por lo que se debe realizar una gran búsqueda de información.
- Se debe realizar un diseño fiable, seguro y fácil de integrar con los demás subconjuntos.
- Se dispone de un presupuesto acotado.

1.7. Restricciones de la competición, cargas de prueba

La única restricción de diseño es que ningún elemento de la motocicleta puede encontrarse a menos de 15 mm de cualquier punto de la superficie del neumático. Ver ANEXO A - REQUISITOS GENERALES SEGÚN LA COMPETENCIA, apartado 1.3.

La moto antes de poder ingresar al circuito debe pasar 2 pruebas de seguridad.

Los test consisten, en someter a esfuerzos horizontales y verticales a la moto. Las fuerzas horizontales se aplicarán en la rueda delantera y las fuerzas

verticales sobre el asiento, con una carga progresiva de hasta 300 kg y 250 kg respectivamente. Luego de cada ensayo se inspecciona la moto, observando la integridad del chasis, y de que ninguna pieza haya sufrido deformaciones. Ver Ilustración 10.

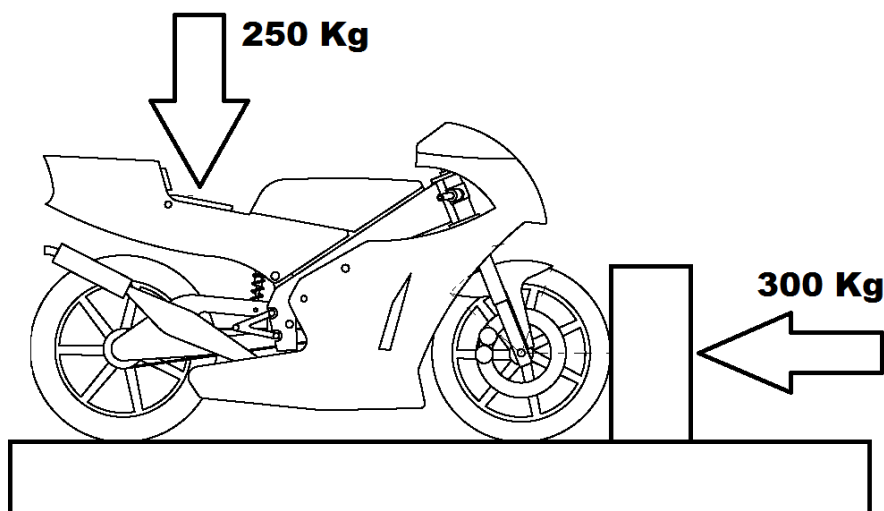


Ilustración 10 - Ensayo estático

En el ANEXO A - REQUISITOS GENERALES SEGÚN LA COMPETENCIA, apartado 4.3 se detalla más información.

El desarrollo de los cálculos y simulaciones que se realizarán. Se toma como sollicitación estas cargas verticales que son las que afectan al basculante en mayor medida, cuando la moto está en posición vertical (rectas). Las cargas horizontales no son relevantes para el diseño del basculante.

En el apartado 2.4.3 se realizará el estudio del basculante a cargas verticales.

Además de cargas verticales que se ensaya previo a la competición, existen otras fuerzas que se generan en la moto. Estas se producen al pasar por las curvas, ya que la moto se inclina generando una fuerza lateral y un momento torsor sobre el basculante.

1.8. Cálculo de fuerza lateral y momento torsor (paso por curva)

Se realizará una hipótesis de cara al paso por curva, donde se manifiestan tanto cargas laterales como un momento torsor.

Ya que la moto en esos momentos se encuentra en aceleración las cargas se aplicarán sobre la rueda trasera y la rueda delantera apenas estará en contacto.

Reduciendo el cálculo solo a la rueda trasera y realizando un diagrama de cuerpo libre, donde se definirán las distintas fuerzas que se ven aplicadas sobre la rueda trasera y suponiendo que el piloto no se descuelga. Ver Ilustración 11. (Cossalter, 2006).

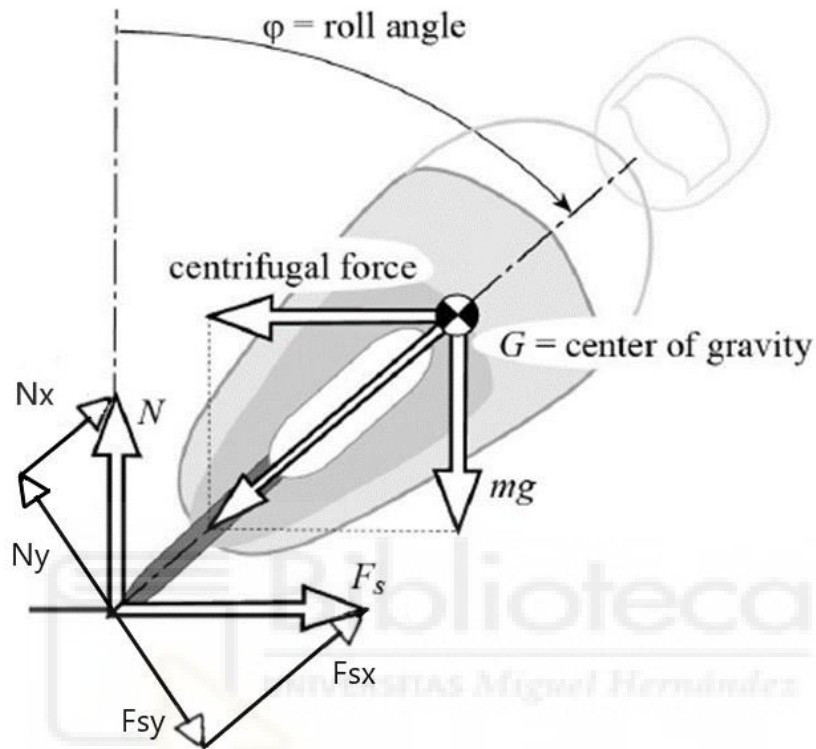


Ilustración 11- Diagrama de cuerpo libre de paso por curva (Cossalter, 2006)

Al realizar el diagrama existen varias fuerzas involucradas en el paso por curva.

- El peso del piloto y de la moto, $P = m \cdot g$.
- La fuerza centrípeta F_c , producida en el paso por curva.
- Las fuerzas generadas en el neumático: fuerza normal al peso N y la Fuerza lateral F_s .

El peso será la masa total m_t de la moto por la gravedad g . La masa total será la suma de la masa de la moto más el peso del piloto.

$$P = m_t \cdot g = (m_m + m_p) \cdot g$$

Fuerza centrípeta F_c , se obtendrá de la siguiente expresión. Para ello debemos previamente obtener el radio de giro R_c . Donde v será la velocidad en el paso por curva, φ el ángulo de inclinación de la moto respecto a la vertical.

$$R_c = \frac{v^2}{g \cdot \tan \varphi}$$

$$F_c = m_t \cdot \frac{v^2}{R_c}$$

Las fuerzas aplicadas en el neumático serán igual a:

$$N = P$$

$$F_s = F_c$$

Estas se descomponen según el ángulo de inclinación de la moto en el paso por curva.

$$N_x = N \cdot \cos \varphi$$

$$N_y = N \cdot \sen \varphi$$

$$F_{sx} = F_s \cdot \cos (90^\circ - \varphi)$$

$$F_{sy} = F_s \cdot \sen (90^\circ - \varphi)$$

Se realiza un equilibrio de fuerzas para obtener las reacciones que se aplican en el basculante.

$$R_x = N_x + F_{sx}$$

$$R_y = N_y - F_{sy}$$

La fuerza R_y genera un momento torsor M_t proporcional al radio de la rueda (r_r).

$$M_t = R_y \cdot r_r$$

En el apartado 2.4.4 se obtendrán estas reacciones y se realizará el estudio del basculante a las cargas laterales y de torsión.

1.9. Rangos de Rigidez del basculante

Se define dos rangos por el cual garantizará la seguridad y una óptima maniobrabilidad de la motocicleta. Por un lado, rigidez lateral y por otro la rigidez torsional. Según el libro de “Motorcycle Dynamics” de Vittore Cossalter, 2006.

1.9.1. Rigidez lateral

Se define cuanto puede deformarse el basculante lateralmente. Para ello se aplicará una carga lateral Q_l de 1000 N longitudinalmente al eje de la rueda, Ilustración 12. Se realizará una simulación, obteniendo el máximo desplazamiento Δl_l . Con este valor máximo se calculará la rigidez lateral R_l .

$$R_l = \frac{Q_l}{\Delta l_l}$$

El valor obtenido debe estar dentro de un rango de 0,8 – 1,6 kN/mm.

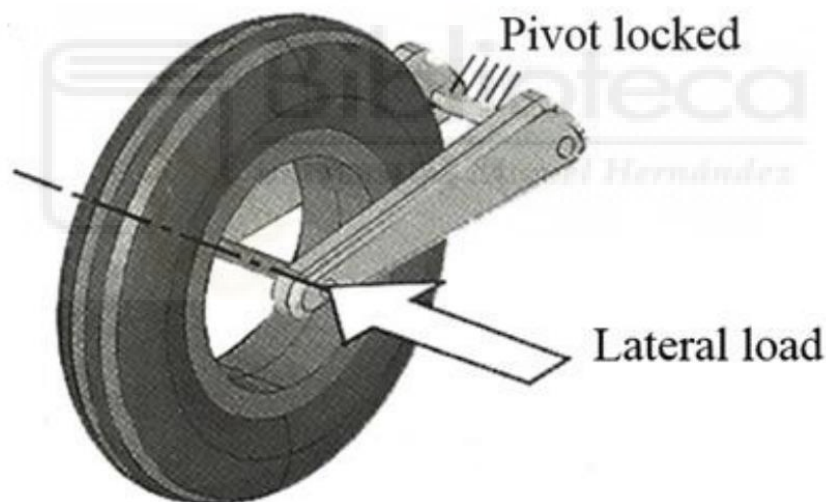


Ilustración 12 - Rigidez lateral

1.9.2. Rigidez torsional

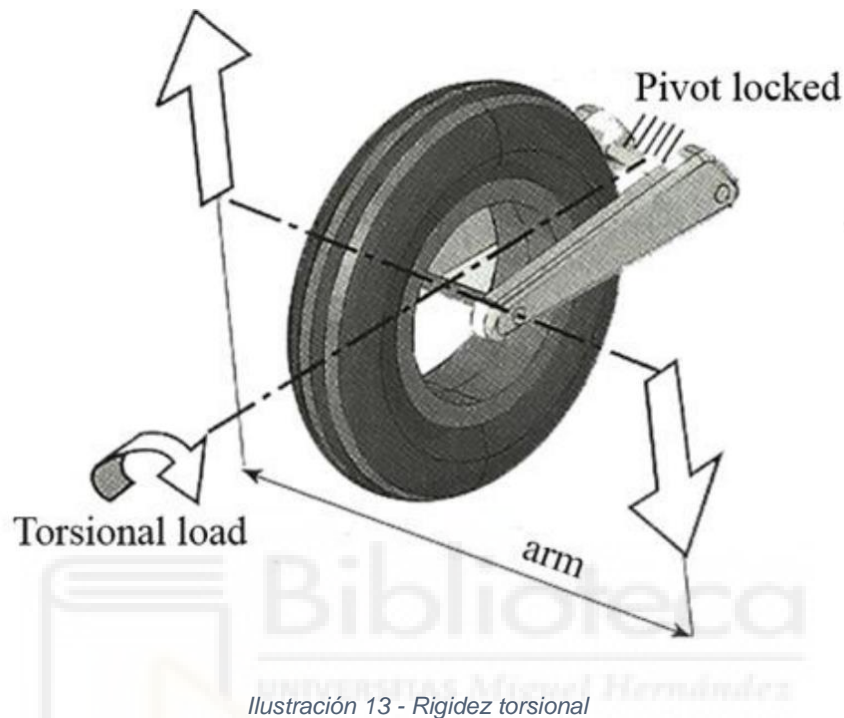
Se define cuanto se puede deformar torsionalmente el basculante, ver Ilustración 13. Para ello se aplica un momento M_t de 1000 Nm al eje de la rueda. Se realizará una simulación, obteniendo el máximo desplazamiento vertical Δl_v , con el valor obtenido se calcula el giro θ que se produce, donde L es el ancho del basculante.

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{\Delta l_v}{L/2} \right)$$

Con el valor obtenido, se calcula la rigidez torsional R_t .

$$R_t = \frac{M_t}{\theta}$$

El valor obtenido debe estar dentro de un rango de 1 – 2 kNm.



1.10. Objetivo del proyecto

El objetivo de este trabajo fue el desarrollo del basculante de la motocicleta que se presentó en la VI edición de MotoStudent (2021).

Las premisas de diseño que se han tenido en cuenta son las siguientes:

- Realizar un diseño dentro de las restricciones de la competición.
- Soportar las cargas de pruebas de seguridad realizadas por la competición.
- El diseño del basculante debe estar dentro de los rangos de rigidez establecidos.
- El basculante debe ser seguro para su conducción en circuito.
- La fabricación de este debe ser económica y de fácil integración con los demás sistemas.
- El peso del basculante debe ser lo más bajo posible. El objetivo será alrededor de los 4 kg.

2. METODOLOGÍA

Para el diseño del basculante, se partió de la geometría básica de la moto, la cual es uno de los puntos más importantes de cara al diseño y comportamiento dinámico de la moto. Ver ANEXO B - GEOMETRÍA BÁSICA DE LA MOTO, donde se describen las distintas características para tener en cuenta para el diseño de la geometría de la moto.

2.1. Parámetros

2.1.1. Geometría

Con los parámetros descritos en el ANEXO B - GEOMETRÍA BÁSICA DE LA MOTO, las normas que se exigen en la competencia, (ver ANEXO A). Se ha decidido la siguiente geometría, esta se acordó con el resto del equipo que diseñaba la moto (chasis, dirección delantera, etc.). Ver Ilustración 14.

- Avance: 96,87 mm.
- Ángulo de lanzamiento: 23,0°.
- Distancia entre ejes: 1250 mm.
- Peso máximo de la moto sin fluidos: 120 kg

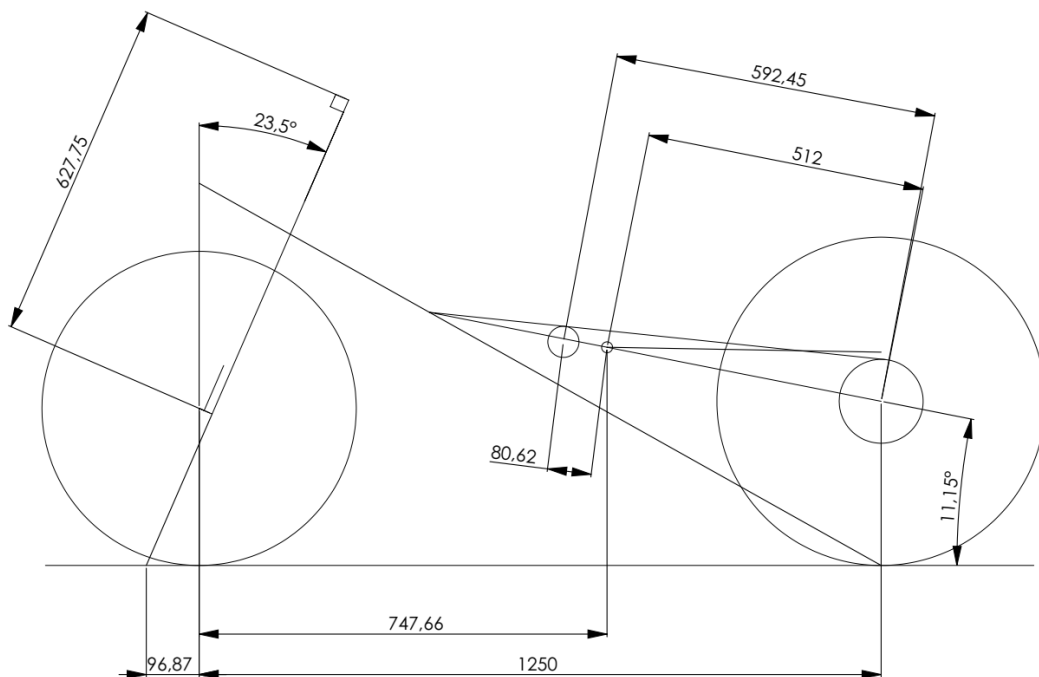


Ilustración 14-Geometría de la moto

El basculante por realizar tendrá entre el eje de la rueda trasera y el eje de rotación del basculante de 512 mm, con un ángulo de 11,15° y habrá una distancia de 80 mm entre el eje del piñón y el eje que bascula nuestro sistema.

2.1.2. Peso moto

Ya que al momento del diseño no se conoce el peso de la moto. Se estima un peso de 130 kg de la moto con todos los fluidos colocados.

2.1.3. Puntos de anclaje

Tendremos tres puntos de anclaje. Dos sujetarán el basculante al chasis. Esta unión dejará un solo grado de libertad, ya que permitirá la rotación de este. Para ello se utilizarán rodamientos de aguja que permiten reducir la fricción de esta unión, en un tamaño reducido.

El punto de anclaje restante será la unión entre la bieleta y el basculante. Por medio de un perno. Ver Ilustración 15.

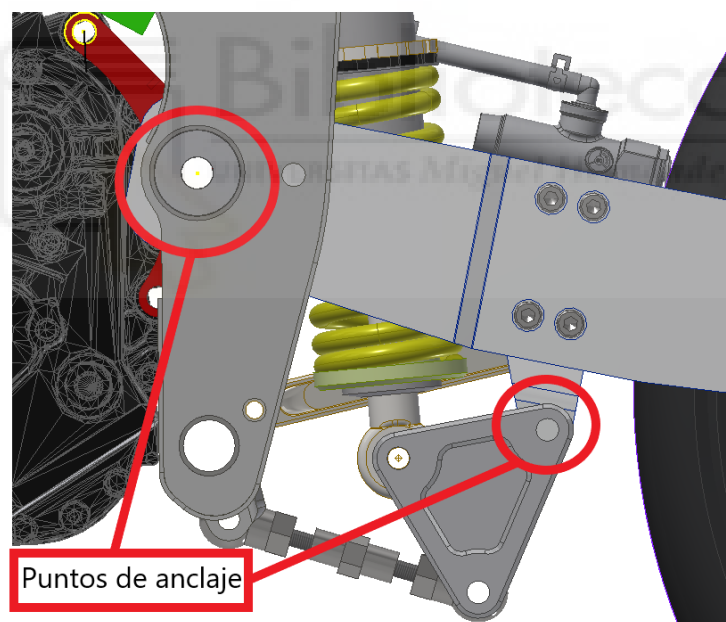


Ilustración 15-Puntos de anclaje del basculante

2.1.4. Unión con chasis y rueda trasera

2.1.4.1. Unión con el chasis

En la unión con el chasis el basculante debe tener una anchura exterior de 234 mm. La anchura interior del basculante en esa zona debe ser mayor a 194 mm, para poder unirse a la cuna del motor (véase la pieza roja en la Ilustración 16). Se dejará una holgura de 0,5 mm en cada lado para poder realizar el ensamblaje

y se colocaran unas galgas entre las piezas para garantizar un acoplamiento sin juego en la dirección axial de la articulación.

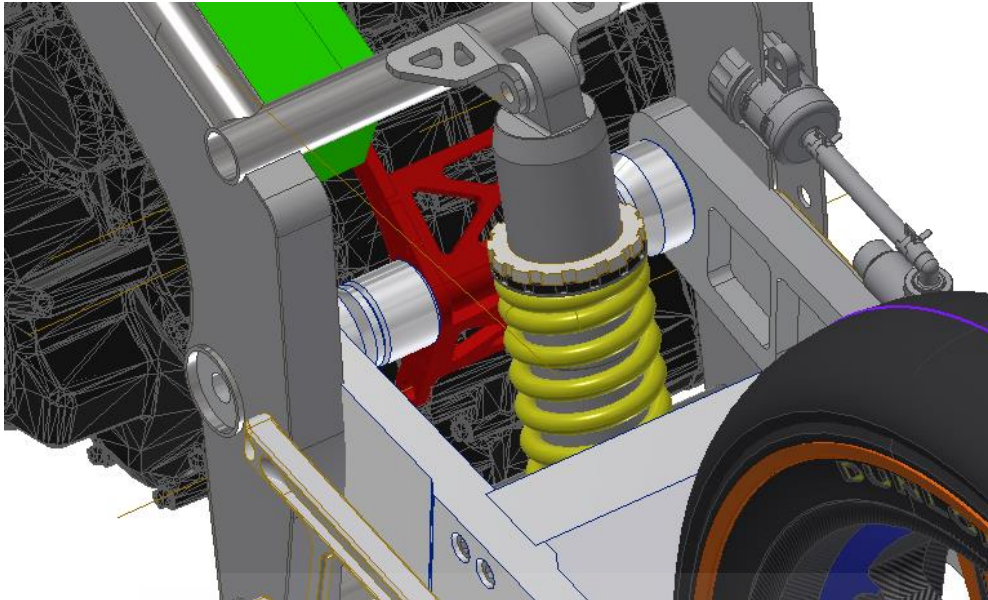


Ilustración 16-Interfase con chasis

2.1.4.1. Unión con la rueda trasera

En la parte trasera de la moto se necesitará una anchura de 204 mm donde tendrá que contener tanto la rueda trasera y el plato de la transmisión como el soporte del freno trasero. Además, se controlará por medio de galgas y casquillos la posición axial de la rueda de transmisión, deberá estar alineada con el piñón del motor. Ver Ilustración 17.

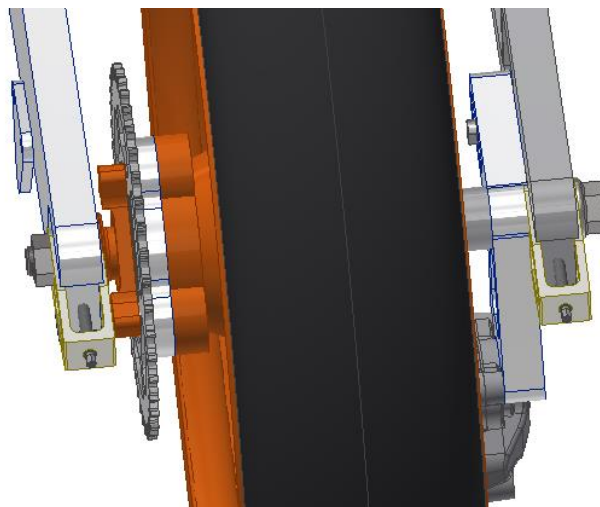


Ilustración 17-Interfase rueda trasera

2.2. Metodología de trabajo

Se realizará un primer prediseño, contemplando los criterios ya descritos y teniendo en cuenta los objetivos planteados en el apartado 1.10. Luego se efectuarán 4 análisis estructurales, uno para cargas verticales, otro para cargas laterales y los restantes para la rigidez latera y torsional, donde observaremos cómo se comporta el basculante, haciendo varias iteraciones en el diseño hasta encontrar un modelo que cumpla con los criterios de seguridad y sea conveniente para su fabricación.

Para ello el programa que utilizará para el diseño y cálculos de análisis estructural será Inventor 2021 de la compañía Autodesk.

2.3. Componentes principales

Según los requerimientos vistos en anteriores puntos los distintos componentes se diseñarán y se utilizarán en el basculante son los siguientes (ver Ilustración 18):

1. Brazos de basculante derecho e izquierdo.
2. Cajera.
3. Eje rueda trasera.
4. Casquillos de unión con el chasis.
5. Soporte de pinza de freno.
6. Tensor derecho e izquierdo.
7. Rodamientos de aguja.
8. Pieza de anti-atrapamiento.
9. Teton de fijación longitudinal.
10. Casquillos rueda trasera.

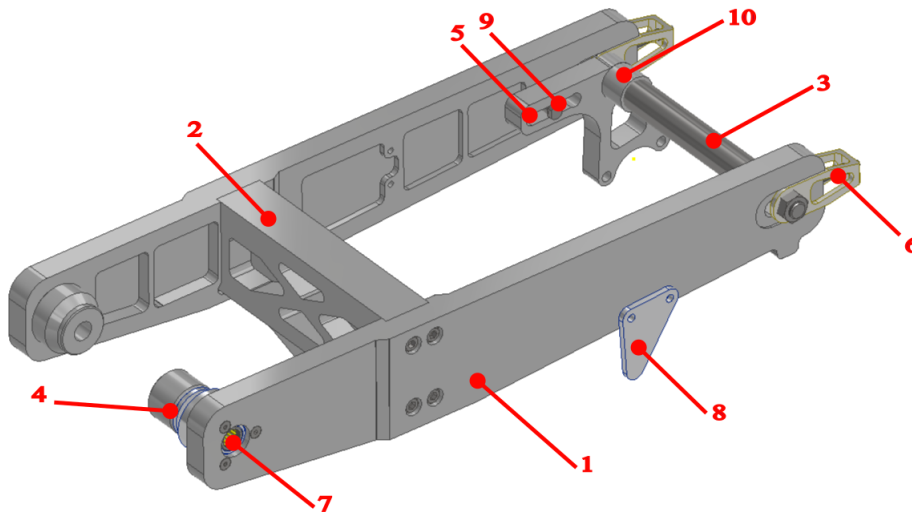


Ilustración 18-Componentes

2.4. Metodología de análisis estructural estáticos

Se efectúan cuatro estudios estáticos comprobando por un lado las cargas estáticas verticales (cargas sometidas en los ensayos de seguridad, ver Anexo A) que debe soportar el conjunto, un estudio de cargas laterales (fuerzas involucradas en el paso por curva) y por ultimo los estudios de rigidez lateral y torsional.

Por ello se toman los siguientes parámetros y cargas sometidas.

Para el cálculo del análisis estructural, utilizaremos el entorno de análisis de tensiones del programa Inventor 2021.

2.4.1. Restricciones de contorno.

Se colocan 3 restricciones del tipo pasador y se agrega un eje trasero tratando de reproducir las condiciones de contorno reales del basculante. Ver Ilustración 19.

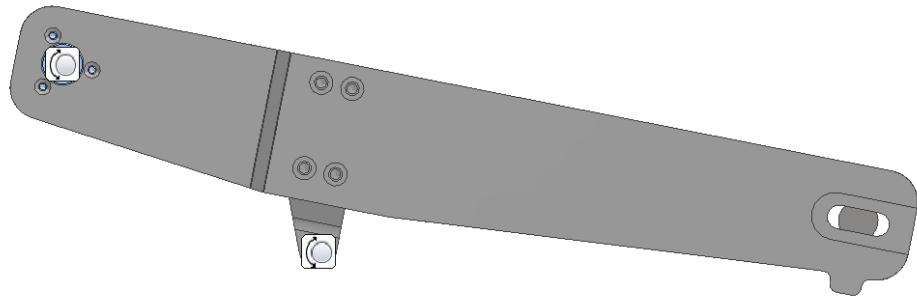


Ilustración 19- Restricciones

2.4.1. Contactos

Para simplificar los cálculos se asume que todas las uniones entre piezas sean fijas, no teniendo en cuenta las uniones atornilladas.

2.4.2. Mallado

Se realiza un mallado fino tratando que sea lo más homogéneo posible, para tener un resultado lo más fiel posible. Ver Ilustración 20.

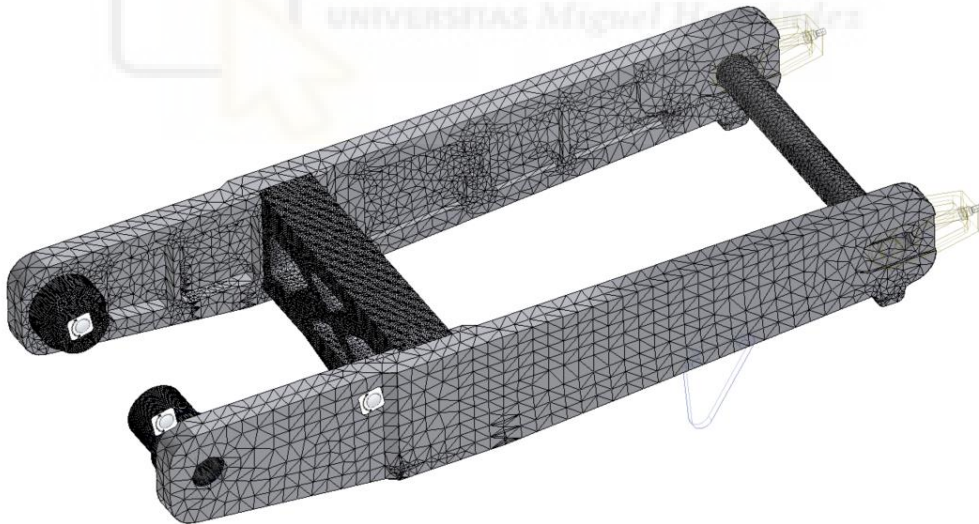


Ilustración 20- Mallado

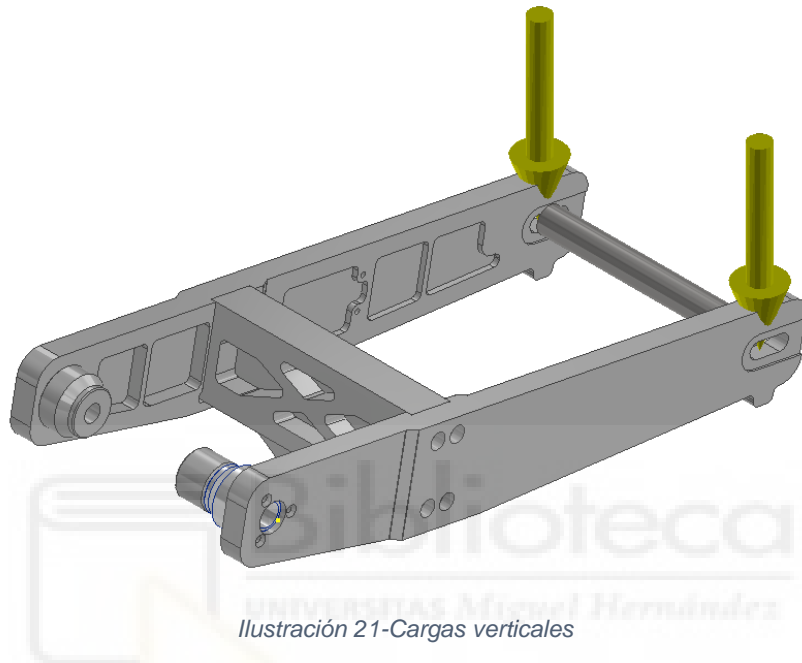
2.4.3. Cargas verticales

Las cargas estáticas verticales F_v según el ANEXO A - REQUISITOS GENERALES SEGÚN LA COMPETENCIA. Deben soportar una carga

mínima P_d de 250 kg. Para simplificar el cálculo y estando en favor de la seguridad, se asume que toda la carga se aplica en el eje trasero.

$$F_v = P_d \cdot g = 250 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = \boxed{2452,5 \text{ N}}$$

Las fuerzas que se aplicarán por consiguiente serán de 2452,5 N repartidos en los brazos. Ver Ilustración 21.



2.4.4. Cargas Laterales y torsión

En el apartado 1.8, se realizó un estudio de las cargas laterales y de torsión a los que se ve sometido el sistema.

Para estimar el peso se tendrá en cuenta el peso promedio de las motos de esta categoría que es inferior a los 130 kg más un peso promedio de un piloto de 70 kg.

$$P = (m_m + m_p) \cdot g$$

$$P = (130 \text{ kg} + 70 \text{ kg}) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = \boxed{1962 \text{ N}}$$

La fuerza centrípeta F_c se obtendrá de la siguiente expresión. Para ello se debe calcular antes el radio de giro R_c . Por ello se debe determinar la velocidad de paso por curva v_c , se tomará la velocidad máxima en de la curva 16, siendo de 140 km/h , unos $38,89 \text{ m/s}$, (Navas, 2019). Y con un ángulo máximo de 47 grados (ARMENGOL, 2011).

$$R_c = \frac{v_c^2}{g \cdot \tan \theta}$$

$$R_c = \frac{(38,89 \text{ m/s})^2}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \tan(47^\circ)} = \boxed{143,76 \text{ m}}$$

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{R_c}$$

$$F_c = 200 \text{ kg} \cdot \frac{38,89 \text{ m/s}^2}{143,76 \text{ m}} = \boxed{2103,93 \text{ N}}$$

Fuerzas aplicadas en el neumático. N y F_s .

$$N = P$$

$$F_s = F_c$$

Estas se descomponen según el ángulo de inclinación de la moto en el paso por curva.

$$N_x = N \cdot \cos \varphi = 1962 \text{ N} \cdot \cos(47^\circ) = \boxed{1338,1 \text{ N}}$$

$$N_y = N \cdot \sen \varphi = 1962 \text{ N} \cdot \sen(47^\circ) = \boxed{1434,89 \text{ N}}$$

$$F_{sx} = F_s \cdot \cos(90^\circ - \varphi) = 2103,93 \text{ N} \cdot \cos(90^\circ - 47^\circ) = \boxed{1539,84 \text{ N}}$$

$$F_{sy} = F_s \cdot \sen(90^\circ - \varphi) = 2103,93 \text{ N} \cdot \sen(90^\circ - 47^\circ) = \boxed{1433,67 \text{ N}}$$

Se realiza un equilibrio de fuerzas en el eje X R_x y en el eje Y R_y para obtener las reacciones que se aplican en el basculante.

$$R_x = N_x + F_{sx} = 1338,1 \text{ N} + 1539,84 \text{ N} = \boxed{2877,94 \text{ N}}$$

$$R_y = N_y - F_{sy} = 1434,89 \text{ N} - 1433,67 \text{ N} = \boxed{1,22 \text{ N}}$$

Sabiendo el radio de la rueda r_r es de 0,3 m. El momento torsor M_t será.

$$M_t = R_y \cdot r_r = 1,22 \text{ N} \cdot 0,3 \text{ m} = \boxed{0,37 \text{ Nm}}$$

Como se observa en la Ilustración 22, Tanto la resultante R_x (flecha de color azul) como el momento torsor M_t (flecha color verde) se aplicarán en el centro del eje. y la resultante R_y (flecha color roja) se aplicará en el eje longitudinal del eje de la rueda.

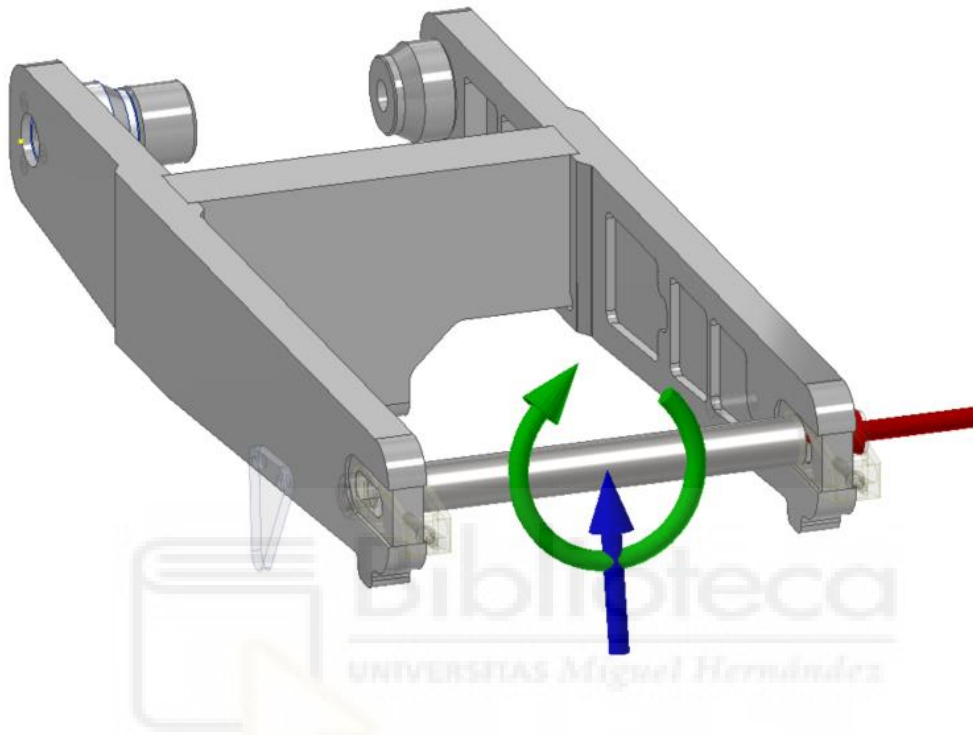


Ilustración 22-Cargas laterales y de torsión

3. RESULTADOS

3.1. Historial de diseños

3.1.1. Basculante V1

En el primer diseño, se realizar un basculante de aluminio, con características similares a las que se observan en lo prototipos de Moto3. Ver Ilustración 23.



Ilustración 23-Basculante de moto3 equipo Red Bull KTM Ajo.

[<https://www.redbull.com/es-es/moto3-piloto-jack-miller-ktm-al-desnudo>]

Como resultado de lo anteriormente descrito el primer diseño es el siguiente. Ver Ilustración 24.

3.1.1.1. Características del Diseño:

- Piezas mecanizadas tipo viga de aluminio 6061-T6 tanto los brazos como la pieza intermedia. Con uniones atornilladas entre las mismas
- La transmisión por cadena pasará entre el brazo izquierdo del basculante.
- Masa total del conjunto: 13 kg.

Se desecha este primer diseño por varios motivos, en primer lugar, se encuentra extremadamente lejos del peso objetivo de 4 kg, en segundo lugar, la fabricación es compleja y costosa de realizar.

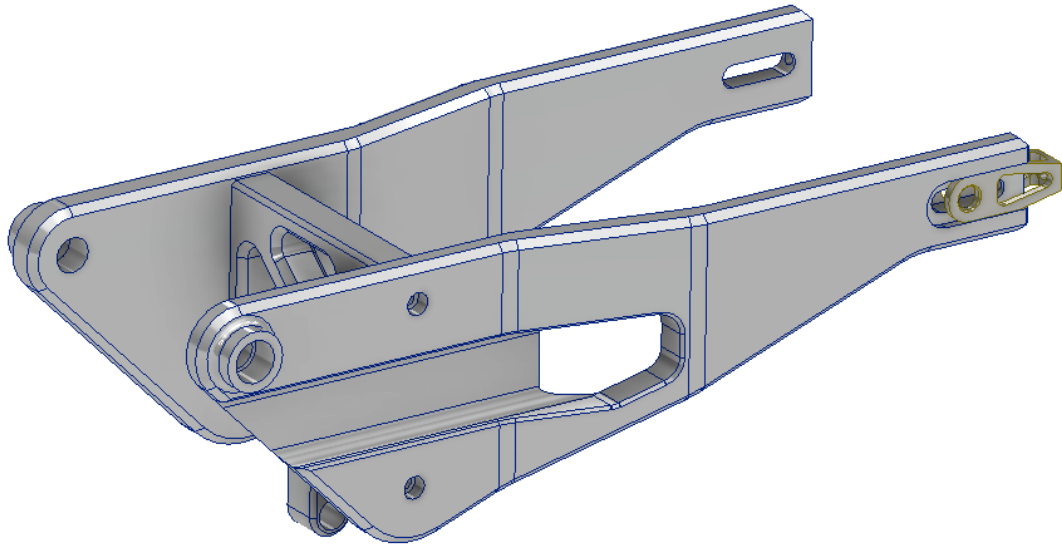


Ilustración 24-Basculante V1

3.1.2. Basculante V2

Luego del primer diseño, se optó por realizar un diseño más simple y económico. Realizando primero una pieza plegada de aluminio 6061-T6 tipo viga y luego mecanizada. Con uniones atornilladas entre las distintas piezas. Ver Ilustración 25.

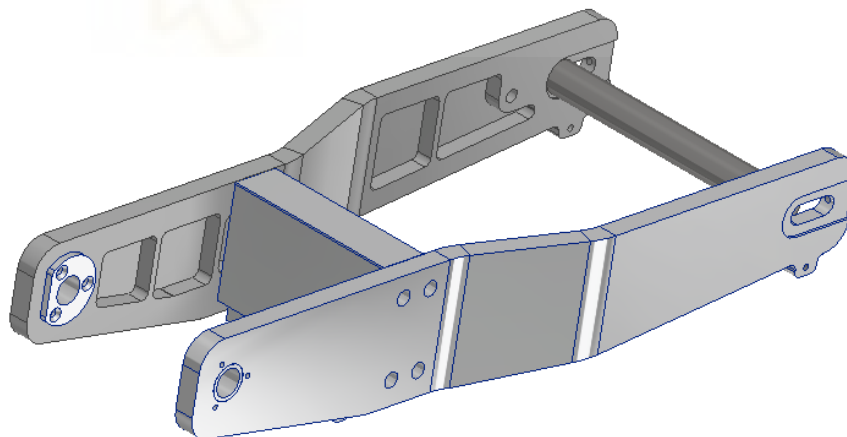


Ilustración 25-Basculante V2

3.1.2.1. Características del Diseño:

- Piezas plegadas y mecanizadas de aluminio los brazos.
- La transmisión por cadena pasará por fuera del brazo del basculante.
- Masa total del conjunto: 8,3 kg.

Se observa una disminución notable del peso. Pero la fabricación sigue siendo compleja y costosa.

3.1. Diseño Final

Luego de varias iteraciones hechas, se opta por realizar un diseño de dos brazos tipo viga, mecanizados. Realizando un diseño simple de fácil fabricación y montaje, logrando un peso de 4,2 kg, un peso cercano al peso objetivo de 4 kg. Ver Ilustración 26.

Para ello se utilizará piezas de aluminio 6061-T6, tendrá buenas propiedades mecánicas, manteniendo un peso reducido. Los brazos serán tipo viga, con varios vaciados para reducir el peso, como así la pieza intermedia. Las demás piezas que integran el basculante como casquillos y soportes de la pinza de freno también se harán en el mismo material.

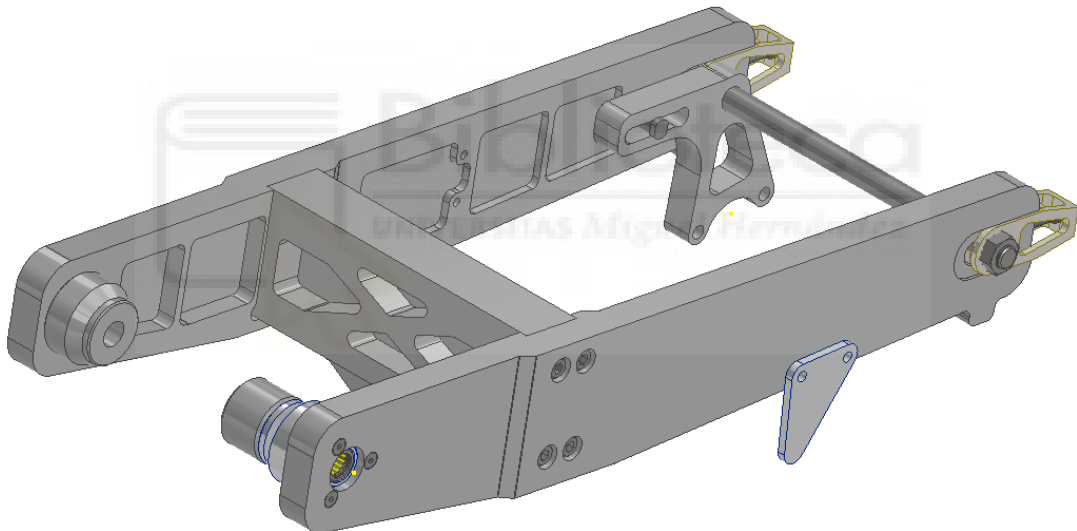


Ilustración 26-Diseño final

3.2. Resultados de los análisis de tensión

3.2.1. Cargas verticales

3.2.1.1. Tensión de Von Mises

Las mayores cargas se observan cerca de la unión entre los brazos y cajera. El valor máximo es de 14,83 MPa. En ningún punto del ensamblaje se supera el límite elástico del aluminio, que es de 190 MPa. Ver Ilustración 27.

Tipo: Tensión de Von Mises
Unidad: MPa

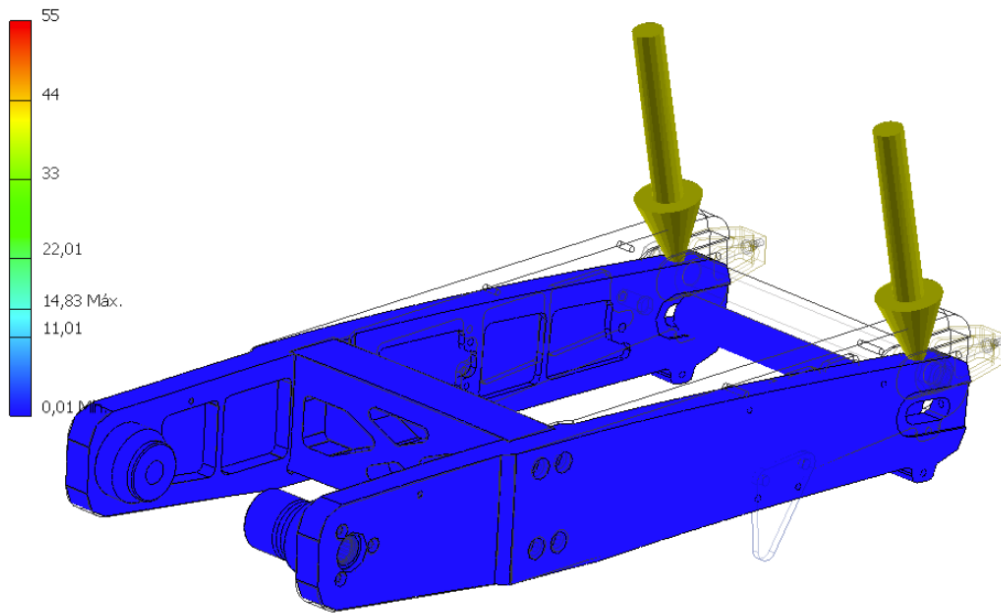


Ilustración 27 - Tensión de Von Mises con carga vertical

3.2.2. Cargas Laterales y torsión

3.2.2.1. Tensión de Von Mises

Las tensiones laterales y de tensión en se calculan cuando la moto realiza el paso por curva, Son de un máximo de 101,3 Mpa, en el centro del eje de la rueda. En el basculante tenemos tensiones alrededor de unos 20 Mpa, Valores inferiores al límite elástico del aluminio 6061-T6, 190 Mpa. Ver Ilustración 28.

Tipo: Tensión de Von Mises
Unidad: MPa

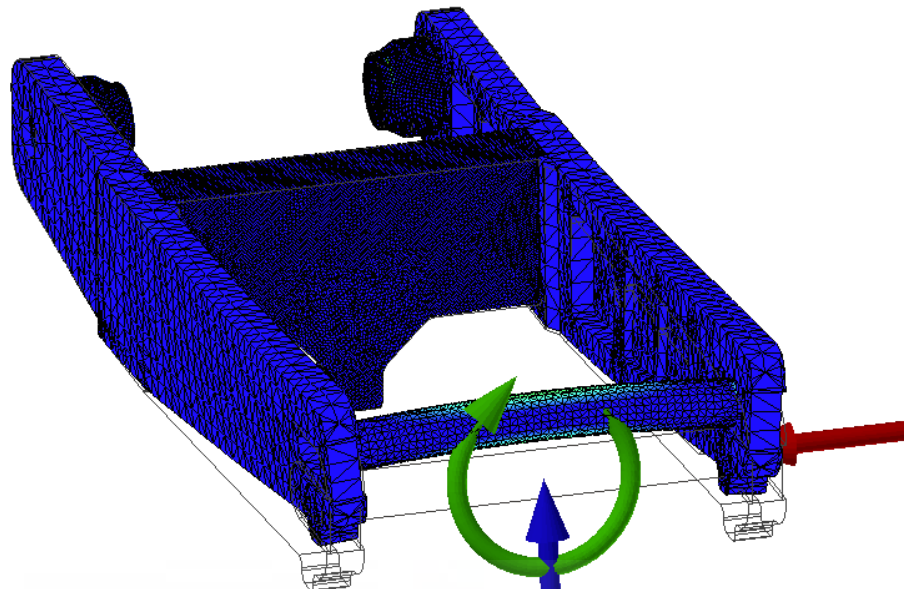
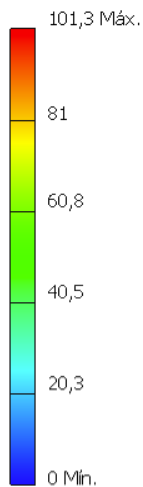


Ilustración 28 - Tensión de Von Mises en paso por curva

3.2.3. Rigidez

3.2.3.1. Rigidez lateral

Se realiza un estudio en el que se aplica una fuerza de 1kN sobre el lateral del basculante, ver Ilustración 29.

Como resultado del estudio, se observan los desplazamientos en el eje Z, Δl_l es de 1,023 mm.

Con el valor obtenido se calcula la rigidez lateral R_l .

$$R_l = \frac{Q_l}{\Delta l_l} = \frac{1 \text{ kN}}{1,023 \text{ mm}} = 0,98 \text{ kN/mm}$$

El valor obtenido está dentro de un rango de 0,8 – 1,6 kN/mm.

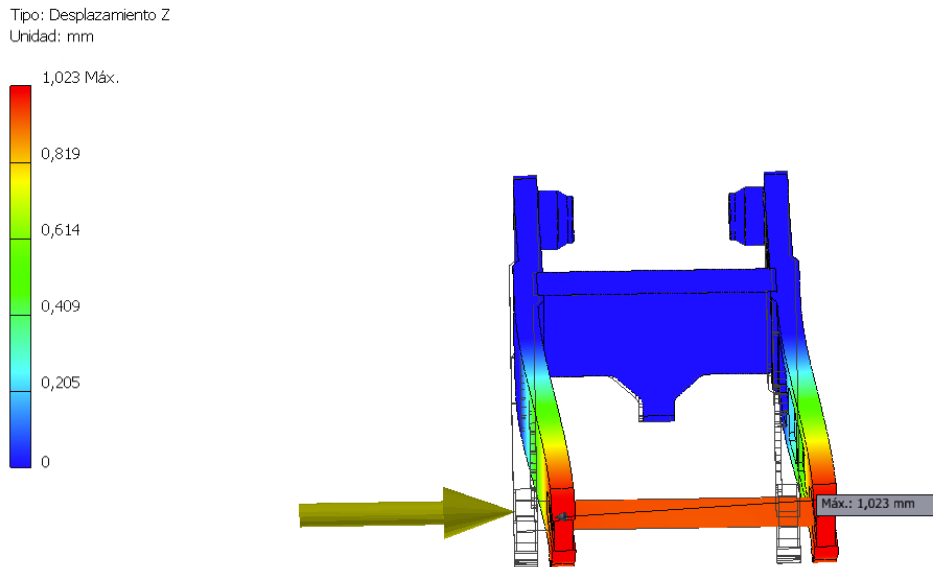


Ilustración 29 - Rigidez lateral

3.2.3.2. Rigidez torsional

Se realiza una simulación donde se aplica un momento M_t sobre el eje de la rueda de 1000 Nm, se observan los desplazamientos en el eje Y. Proporcionando un valor máximo de 2,674 mm en el extremo del brazo del basculante, ver Ilustración 30.

Con los valores obtenidos de desplazamiento máximo, el largo L del basculante y aplicando trigonometría. Se calcula el giro θ en el extremo del basculante.

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{\Delta l_v}{L/2}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{2,674 \text{ mm}}{244/2}\right) = 1,25^\circ$$

Con el valor del giro, se calcula la rigidez a torsión R_t . El valor obtenido debe estar dentro de un rango de 1 – 2 kNm.

$$R_t = \frac{M_t}{\theta} = \frac{1 \text{ kNm}}{1,25^\circ} = 0,8 \text{ kNm}$$

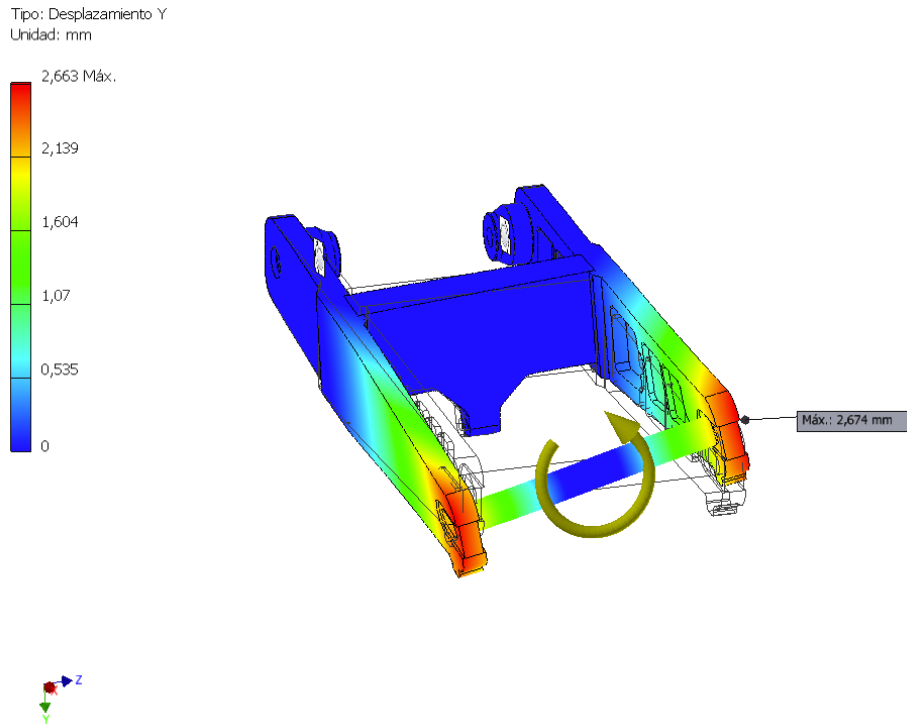


Ilustración 30 - Rigidez torsional

El valor obtenido no se encuentra dentro del rango objetivo. Luego de realizar varias iteraciones, este valor es la mejor aproximación que se ha encontrado llegando a una solución de compromiso entre el peso objetivo y la rigidez torsional.

3.3. Descripción del diseño

3.3.1. Brazos Basculante

Pieza fundamental del basculante, es la encargada de unir el chasis de la moto a la rueda trasera.

El diseño de los brazos es similar. Se realizan partiendo de una única pieza en aluminio 6061-T6. Ver Ilustración 31 e Ilustración 32.

El brazo del basculante contiene en el extremo más cercano al motor, un alojamiento donde se colocará el castillo que contendrá los rodamientos de aguja.

En la parte media, se realizan cuatros agujeros de un tamaño para tornillos de M8, estos agujeros se utilizan para la unión con la pieza intermedia.

Y en el extremo cercano al eje de la rueda se realiza un alojamiento para el tensor de la cadena. Además, en el brazo derecho se realiza un agujero M8, este se utilizará, para la colocación del soporte del freno trasero. En todo el basculante se realizarán varios vaciados para alivianar peso.

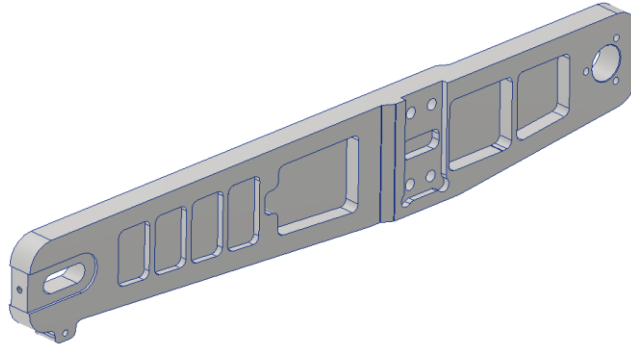


Ilustración 31 - Brazo derecho izquierdo

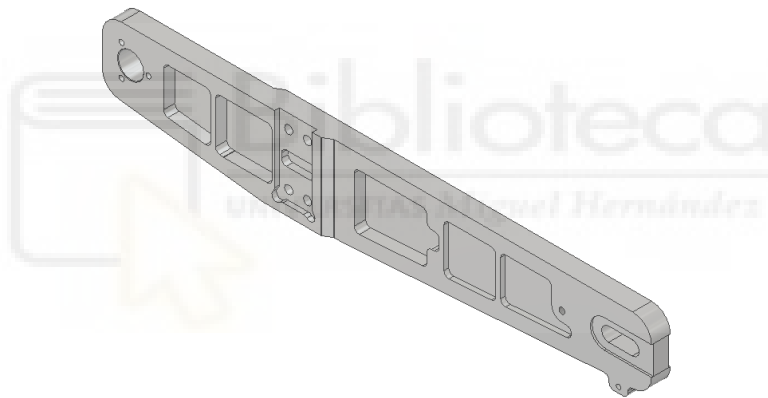


Ilustración 32 - Brazo basculante izquierdo

3.3.2. Cajera, pieza intermedia

Esta pieza une los dos brazos del basculante. Por medio de ocho agujeros roscados de M8, cuatro a cada lado. En la parte central inferior se realiza un agujero para un perno M10, este se utilizará para conectar el basculante a las bielas de la suspensión. Se realizan 4 vaciados para alivianar la pieza. El material utilizado para la fabricación de esta pieza será aluminio 6061-T6.

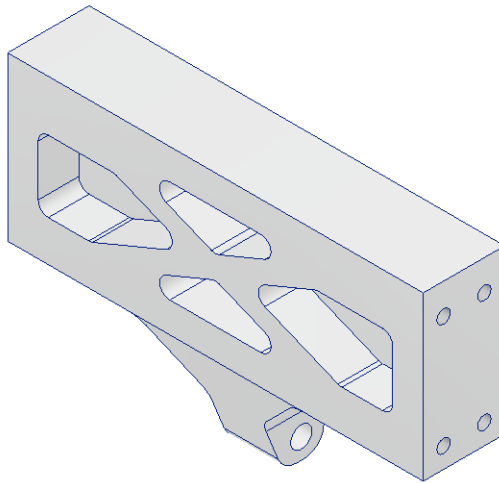


Ilustración 33 - Cajera basculante

3.3.3. Casquillos

Se realizan dos casquillos mecanizados en aluminio 6061-T6. Se utilizarán como alojamiento de los rodamientos de aguja

Los rodamientos utilizados tienen un largo de unos 20 mm, el mismo espesor que los brazos del basculante. Por lo cual se utilizan estos casquillos como piezas intermedias para alojar los rodamientos.

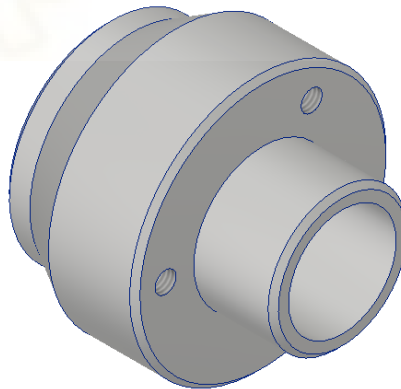


Ilustración 34. Casquillo

Además, se fabrica un espaciador que unirá el brazo izquierdo del basculante con la cuna del motor. Esto es necesario ya que motor y cuna del motor, no se encuentran en el centro de la moto.

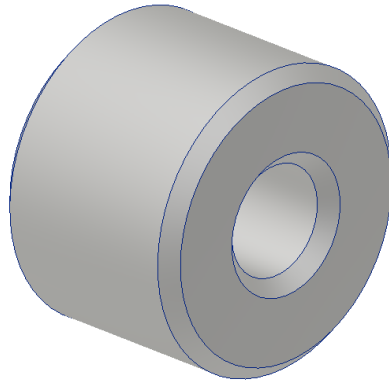


Ilustración 35. Casquillo cuna

3.3.4. Soporte pinza de freno trasero

Se fabrica en Aluminio 6061-T6, el soporte une la pinza de freno. El soporte contiene una corredera, este es solidario a la rueda trasera. Al posicionar la rueda y/o tensar la cadena no se sabe la posición exacta del conjunto de la rueda trasera. De esta manera se asegura un buen ensamblaje entre las distintas piezas.



Ilustración 36. Soporte pinza de freno trasero

3.3.5. Tensor

Se realizan dos tensores uno de cada lado de los brazos del basculante. Se fabrican en 6061-T6. Esta pieza posicionará la rueda trasera en la posición deseada. Además, tensará la cadena.

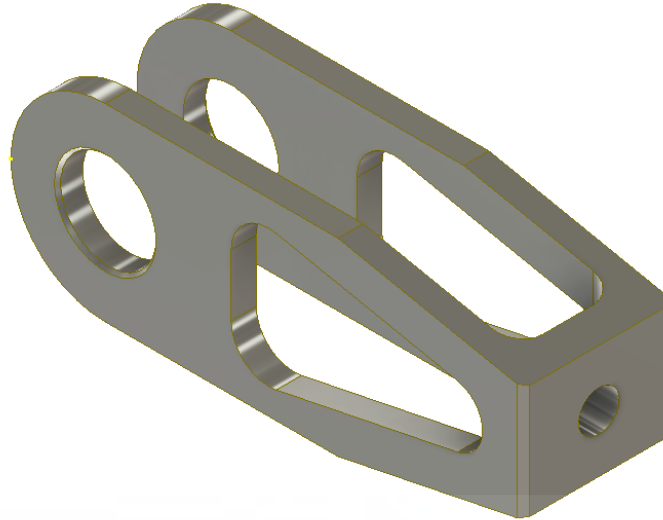


Ilustración 37. Tensor

3.3.6. Anti-atrapamiento

Como medida de seguridad, se diseña una pieza que impida que el pie del piloto pueda ser atrapada por la cadena de la moto. Se fabrica en aluminio 6061-T6.

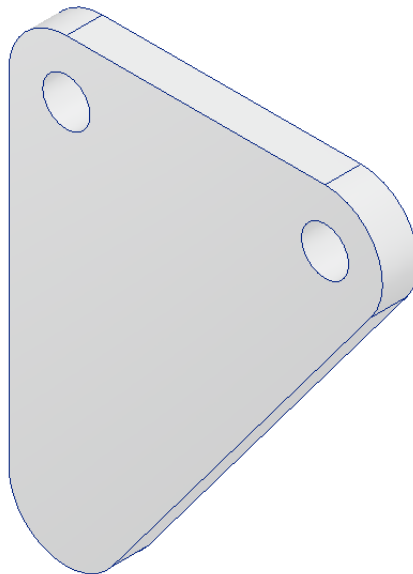


Ilustración 38. Anti-atrapamiento

3.4. Fabricación de Basculante

Todas las piezas se fabricaron en un fabricante de la ciudad de Elche. El tiempo estimado fue de 69,5 horas de mecanizado. Ver Ilustración 39.

El desglose de los costes se describe debajo:

- 69,5 h de mecanizado, a 40 €/h: 2780 €
- Útiles para mecanizado: 72,32 €
- Aluminio 6061-T6 placa de 50 mm más corte por láser: 317,25€
- Aluminio 6061-T6 redondo de 50x500: 125€

Costo total 3294,57 €

En el ANEXO C - PLANOS, se detallan los planos de todas las piezas que se fabricaron.



Ilustración 39 - Mecanizado de brazo izquierdo

Como resultado final se observa el basculante fabricado e integrado. Ver Ilustración 40 e Ilustración 41.

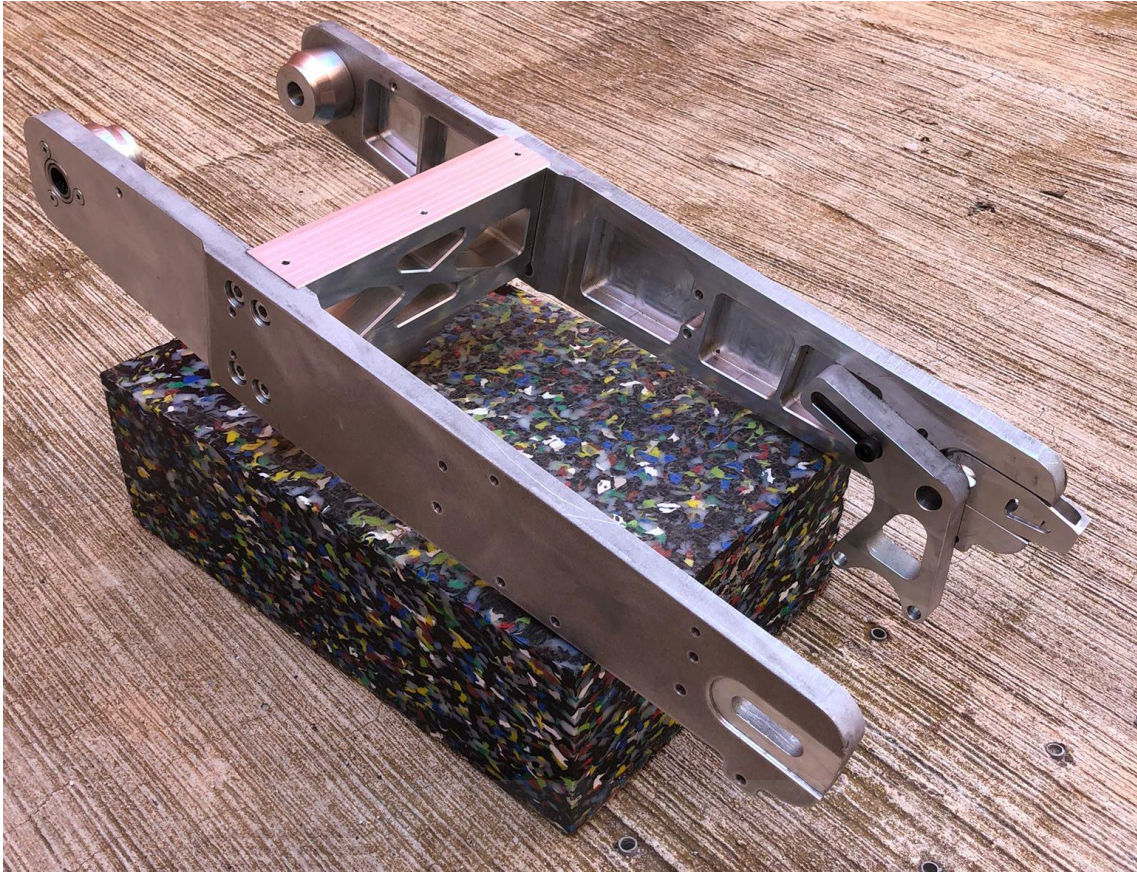


Ilustración 40 - Fabricación final



Ilustración 41. Basculante montado en la moto

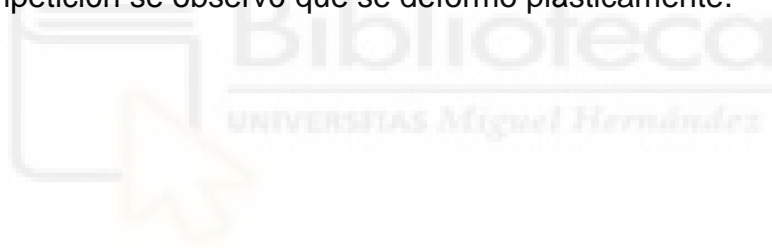
4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

4.1. Conclusiones

Se han conseguido parte de los objetivos principales, conseguir un diseño viable cumpliendo las especificaciones de la competición, dentro de un presupuesto reducido, fácil fabricación e integración con los demás subsistemas de la moto.

4.2. Trabajos futuros

- Optimizar aún más el diseño. Mejorando tanto la rigidez del sistema como la reducción del peso. Llegando a los requerimientos mencionados en el apartado 1.9.
- Luego de la competición y pruebas en circuito. Adquirir información sobre las cargas reales y comportamiento del sistema. Mejorando los estudios de resistencia.
- Realizar estudios de cómo afectan los esfuerzos de la transmisión sobre el sistema, en especial sobre el soporte tensor de la cadena, ya que en la competición se observó que se deforma plásticamente.



5. Bibliografía

ARMENGOL, J. (30 de Diciembre de 2011). *motociclismo.es*. Obtenido de https://www.motociclismo.es/consejos/tecnicas-conduccion/cuanto-inclina-cada-moto_172846_102.html

Cossalter, V. (2006). *Motorcycle Dynamics*. Lulu.com.

Foale, T. (2002). *Motorcycle Handling and Chassis Design, the art and science*. Foale, A.E.

<https://comunicacion.umh.es>. (25 de Noviembre de 2014). Obtenido de <https://comunicacion.umh.es/2014/10/06/umh-moto-experience-gana-la-carrera-del-certamen-internacional-motostudent/>

La Vanguardia. (6 de Octubre de 2014). Obtenido de lavanguardia.com: <https://www.lavanguardia.com/local/valencia/20141006/54417673427/la-umh-de-elche-gana-un-certamen-internacional-con-un-prototipo-de-moto.html>

Las Provincias. (11 de Octubre de 2016). Obtenido de <https://www.lasprovincias.es>: https://www.lasprovincias.es/alicante/201610/11/guepardo-campeona-mundo-motostudent-20161011014206-v.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F#vtm_funnel=exito-registro-gis&vtm_tipoProceso=gis&vtm_procesoFinalizado=si&vtm_proceso=registro-gis&vtm_tipoRegis

Motostudent.com. (s.f.). <https://www.motostudent.com/>. Obtenido de Motostudent: <https://www.motostudent.com/regulations.php>

Mundodeportivo. (11 de 05 de 2022). Obtenido de <https://www.mundodeportivo.com>: <https://www.mundodeportivo.com/motor/motogp/20220511/1001803112/marc-marquez-dice-hemos-llegado.html>

Navas, M. (2019 de Septiembre de 2019). *Motor & racing*. Obtenido de <https://www.motoryracing.com>: <https://www.motoryracing.com/motogp/noticias/claves-motorland-aragon-motogp/>

ANEXOS



ANEXO A - REQUISITOS GENERALES SEGÚN LA COMPETENCIA

1. DIMENSIONES

1.1. Altura mínima

Entre extremos de los semi-manillares debe ser de 450mm. Ver Ilustración 42.

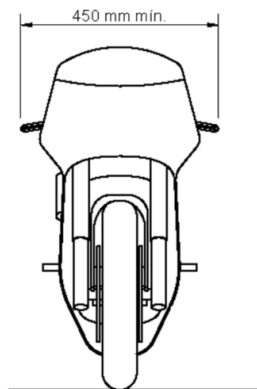


Ilustración 42- Anchura mínima entre extremos.

1.2. El ángulo mínimo de inclinación lateral

El ángulo del prototipo sin que ningún elemento de este (exceptuando los neumáticos) toque el pavimento debe ser 50°. Ver Ilustración 43.

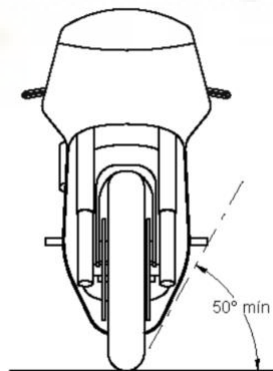


Ilustración 43- Ángulo mínimo de inclinación lateral.

1.3. Distancia libre al pavimento

El prototipo en posición vertical ha de ser de un mínimo de 100mm en situación de reposo. Ver Ilustración 44.

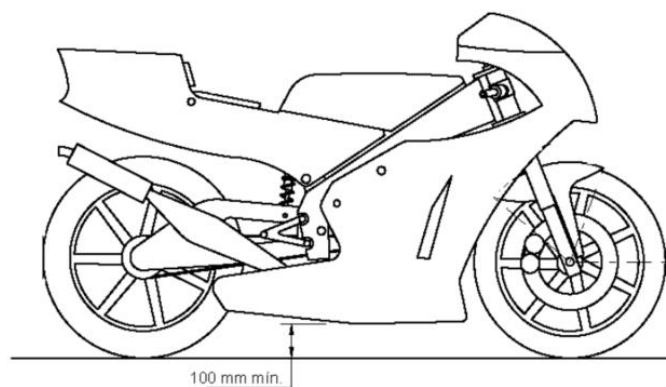


Ilustración 44-Distancia libre al pavimento.

1.4. Limite frontal

Ningún elemento del prototipo podrá sobrepasar la vertical frontal trazada tangencialmente a la circunferencia exterior del neumático delantero. Ver Ilustración 45.

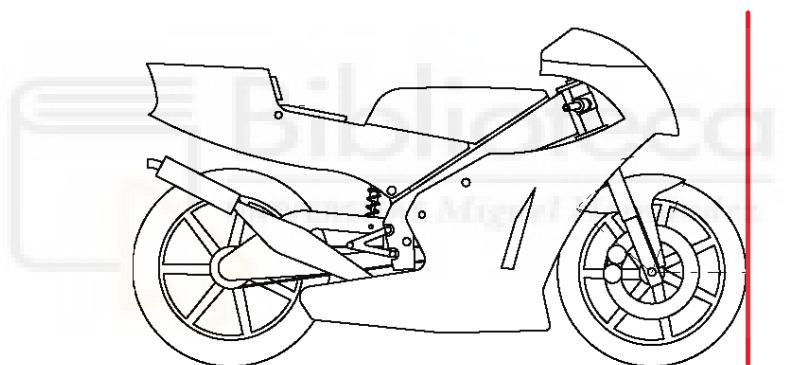


Ilustración 45-Limite frontal

1.5. Limite posterior

Ningún elemento del prototipo podrá rebasar la línea tangente vertical trazada a la circunferencia exterior del neumático trasero. Ver Ilustración 46.

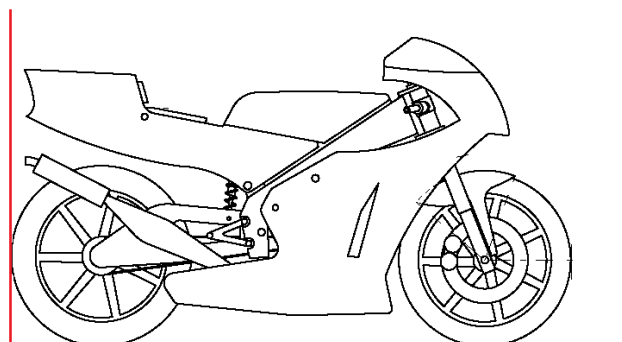


Ilustración 46-Limite posterior.

1.6. La banda de rodadura de los neumáticos

Deberá presentar una distancia libre mínima de 15 mm a lo largo de toda la superficie.

1.7. La anchura máxima del asiento

No debe rebasar los 450mm. No podrá sobresalir de esa anchura ninguno otro elemento del prototipo. Ver Ilustración 47.

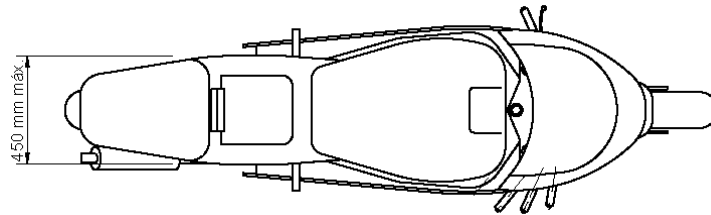


Ilustración 47 Anchura máxima del asiento.

2. PESO

2.1. El peso mínimo total

El prototipo sin piloto será de 95 Kg. Incluyendo todos los líquidos que pudieran ser necesarios para el funcionamiento del prototipo.

2.2. El uso de lastre

Está permitido para alcanzar el peso mínimo. Dicho lastre debe declararse al Cuerpo técnico durante las verificaciones.

3. DISEÑO

3.1. Chasis comercial

No se permite el uso de un chasis comercial, ni tan siquiera una unidad modificada. Deberá tratarse de un chasis prototipo de diseño y fabricación propia.

Se engloba en este artículo el chasis principal, el subchasis y el basculante.

3.2. Limitaciones de diseño

No hay limitaciones en el tipo de diseño o materiales utilizados para la fabricación del chasis, basculante o subchasis.

3.3. Diseño Chasis

EL chasis deberá diseñarse de forma que todos los elementos del motor, admisión de combustible y comburente, sistemas eléctricos y electrónicos de control y seguridad queden protegidos en caso de caída.

4. VERIFICACIONES ESTATICAS DE SEGURIDAD EN BANCO

4.1. Aplicación

Las verificaciones técnicas en banco descritas en el presente artículo afectan a las motos presentadas tanto para la categoría “MotoStudent Petrol” como para la Categoría “MotoStudent Electric”.

4.2. Procedimientos

Si la moto se considera como apta tras las verificaciones visuales y en banco, se marcará con el adhesivo correspondiente y pasará a realizar las verificaciones dinámicas en pista.

Las verificaciones de seguridad en banco se llevarán a cabo en el *Technical Control Area*.

Las verificaciones de seguridad en banco se realizarán seguidamente de la verificación estática de seguridad.

4.3. Banco de ensayo parte ciclo

Si el Cuerpo Técnico de la Organización lo estimara necesario, se podrá someter a la moto a una serie de fuerzas horizontales y verticales en un banco de ensayos para comprobar rigidez del chasis, correcto ensamblaje, geometrías y trabajo de suspensiones.

Se aplicarán sobre la moto las siguientes fuerzas:

- Carga horizontal progresiva en rueda delantera: 300kg
- Carga vertical progresiva sobre el asiento: 250kg

Estas cargas se aplicarán de forma alternativa y progresiva, verificando que en situación de compresión no se producen interferencias entre elementos, así como que todos los sistemas que integran la parte ciclo de la motocicleta trabajan adecuadamente. Al retirar el esfuerzo se verificará que la geometría original no ha sufrido deformaciones, así como que no haya aparecido ninguna fisura en los

componentes estructurales o elementos de unión. Para que la moto se considere apta en esta prueba deberá cumplir las disposiciones descritas. Ver Ilustración 48.

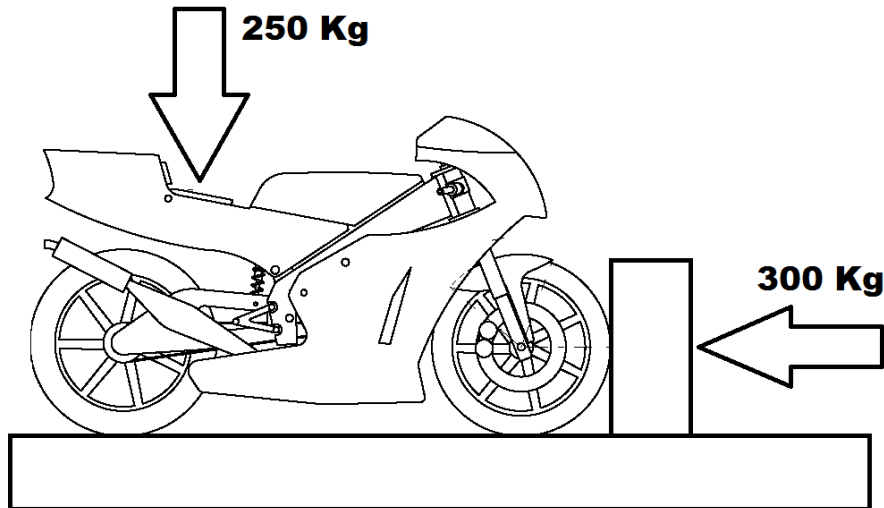


Ilustración 48-Descripción grafica de la prueba

4.4. Validación

Si la moto se considera como apta tras las verificaciones visuales y en banco, se marcará con el adhesivo correspondiente y pasará a realizar las verificaciones dinámicas en pista. Ver Ilustración 49.



Ilustración 49-Adhesivo de verificación

ANEXO B - GEOMETRÍA BÁSICA DE LA MOTO

En la geometría de la moto hay varios aspectos importantes que debemos considerar, el reparto de pesos y la geometría de esta. Dentro de la geometría se destacan también varios puntos uno es el avance, el ángulo de lanzamiento y la distancia entre ejes. Existen varios conceptos más avanzados, pero reduciremos el estudio a los ya mencionados. (Foale, 2002)

1. REPARTO DE PESOS

1.1. Peso estático

Se refiere al porcentaje de apoyo de los ejes de las ruedas, suele ser entre 51-52% en el eje delantero, en las motos de competición. Estos porcentajes son en parado y sin piloto, al colocarse el piloto aumentan sobre el eje trasero.

1.2. Peso dinámico

Al peso apoyo de los ejes de la rueda delantero y trasero al frenar o acelerar producido por la transferencia de carga. En deceleración o frenado puede llegar hasta un 100% de apoyo delantero. También se puede en una aceleración llegar un 100% en el eje trasero. Este factor es importante en la elección de los neumáticos y las distintas reacciones de la motocicleta en la pista (*grip*, cabeceos de dirección en recta, etc.).

Cuanto más apoyo tenga el neumático más *grip* tendrá, luego podemos jugar con el reparto de peso para conseguir más o menos tracción o más o menos capacidad de giro en el paso de curva. También por otro lado define la compresión o recorrido de las suspensiones y como consecuencia la geometría estática y dinámica de la misma.

“El reparto de pesos influye en la geometría y la geometría influye en el reparto de pesos”.

2. GEOMETRÍA

2.1. Avance

Es uno de los puntos más importantes para la estabilidad direccional. Es la distancia que existe entre el centro de la huella de contacto del neumático en el asfalto con el punto imaginario de contacto en el

asfalto de la prolongación del eje de dirección (pipa de dirección). Ver Ilustración 50.

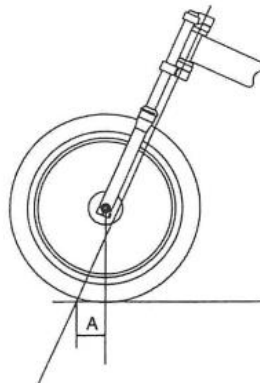


Ilustración 50- Esquemático del avance

Cuanto más avance haya más fuerzas de auto alineamiento habrá. Ver Ilustración 51

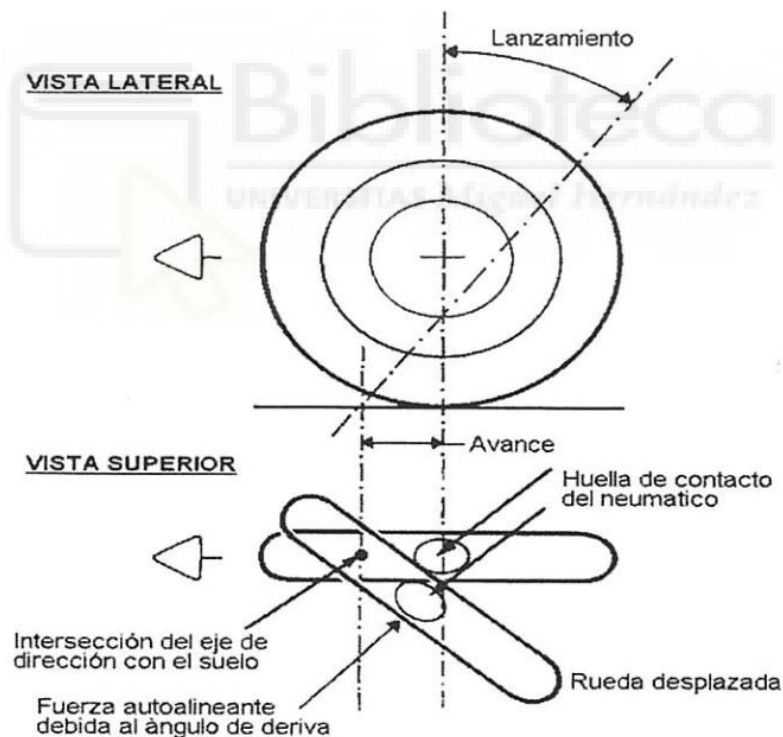


Ilustración 51- Diagrama de auto alineamiento

Cuanta más distancia haya entre la huella de contacto del neumático en el asfalto con la intersección del eje de la dirección al girarla, más momento autoalimente tendremos. Si se tiene una mayor distancia, mejorara el comportamiento en las rectas, pero empeorara el paso por curvas. En contraparte cuanto menor avance

mejor paso por curva, ya que será más fácil de girar la moto. Y en las rectas tendremos más inestabilidad en las rectas (efecto Shimmy).

2.2. Ángulo de lanzamiento

El Ángulo de lanzamiento se define como el que existe entre el eje de dirección y el eje vertical que pasa por el centro de la rueda. El lanzamiento de dirección hace que la moto tenga una mayor o menor facilidad para romper el auto alineamiento. Ha mayor ángulo de lanzamiento menor sensación de direccionalidad. Haciendo que la moto tenga un comportamiento más inestable en rectas, si por el contrario tenemos un menor ángulo mayor será la sensación de direccionalidad.

2.3. Distancia entre ejes

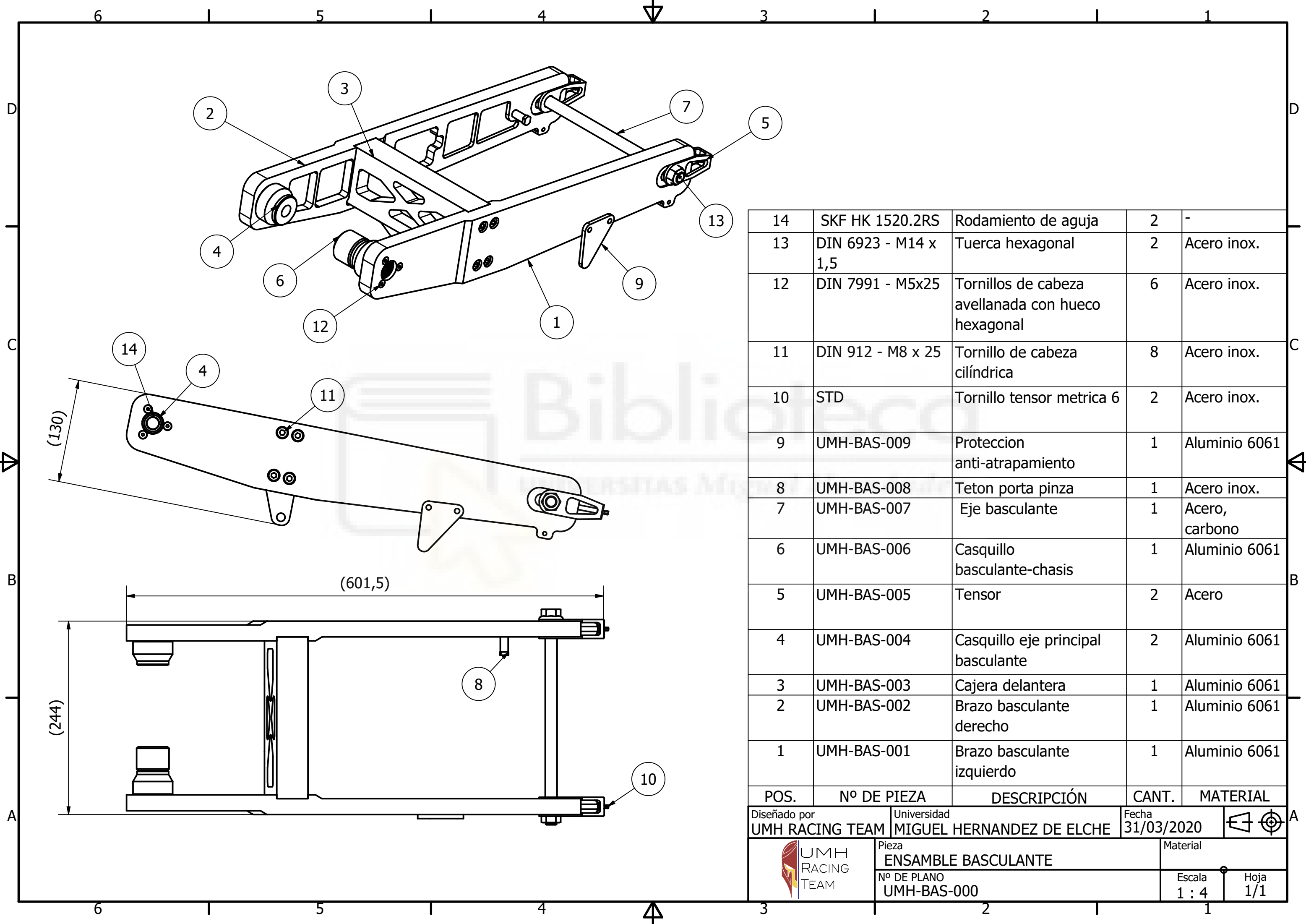
Es una de las medidas más importante de cara a la estabilidad direccional, por lo tanto, estabilidad en rectas y curvas, capacidad de giro, centro de gravedad, etc.

Si se acorta la distancia entre ejes la moto será más ágil, mejorará el paso por curvas lentas. Como desventaja tenderá a ser menos dócil en curvas rápidas y en las rectas.

En cambio, si se aumenta la distancia entre ejes, la moto tendrá una dirección más estable, mejorando el paso por curva rápida y en rectas, la transferencia de pesos tendrá menor influencia en el comportamiento de la moto.

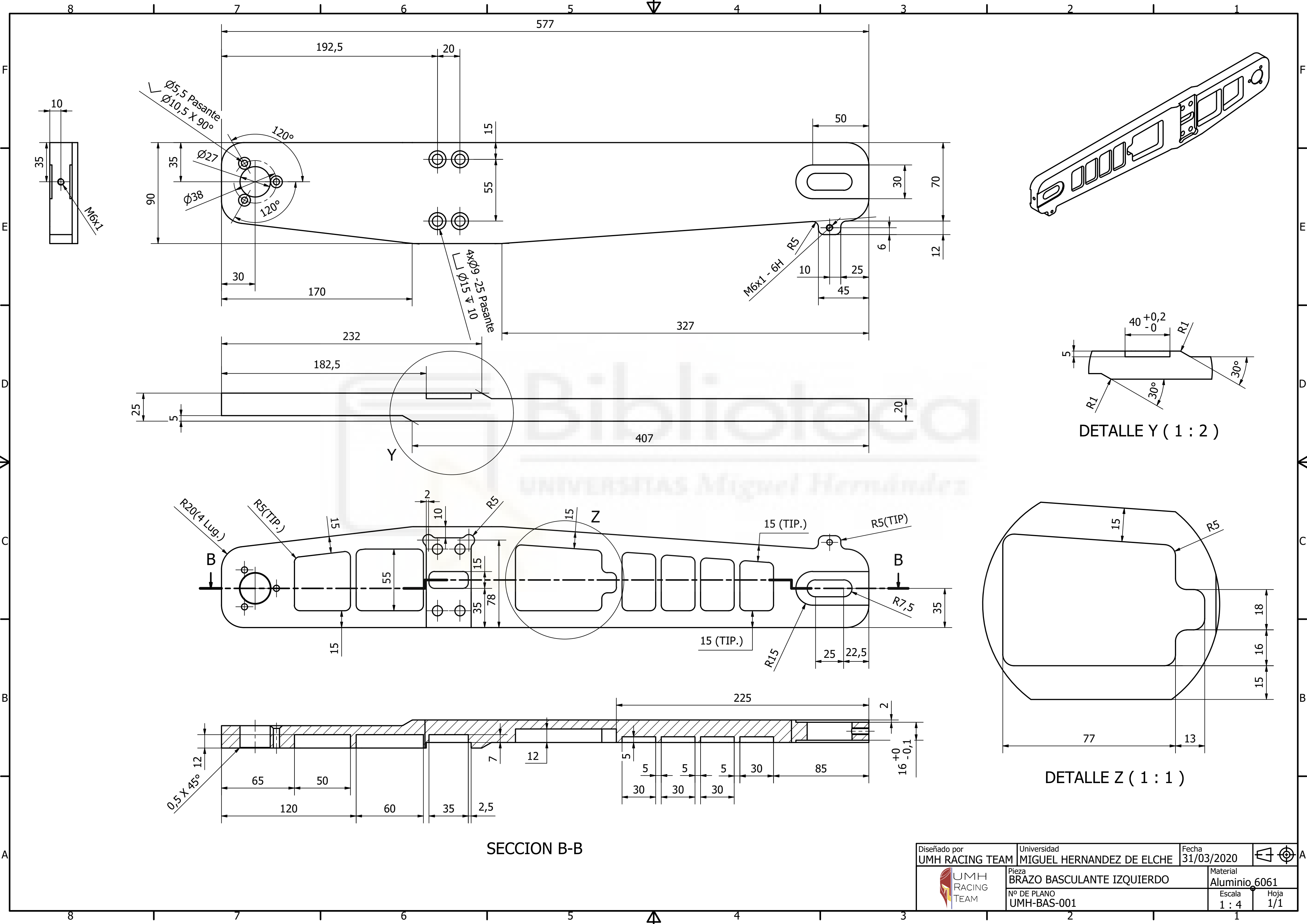
ANEXO C - PLANOS





14	SKF HK 1520.2RS	Rodamiento de aguja	2	-
13	DIN 6923 - M14 x 1,5	Tuerca hexagonal	2	Acero inox.
12	DIN 7991 - M5x25	Tornillos de cabeza avellanada con hueco hexagonal	6	Acero inox.
11	DIN 912 - M8 x 25	Tornillo de cabeza cilíndrica	8	Acero inox.
10	STD	Tornillo tensor metrica 6	2	Acero inox.
9	UMH-BAS-009	Proteccion anti-atrapamiento	1	Aluminio 6061
8	UMH-BAS-008	Teton porta pinza	1	Acero inox.
7	UMH-BAS-007	Eje basculante	1	Acero, carbono
6	UMH-BAS-006	Casquillo basculante-chasis	1	Aluminio 6061
5	UMH-BAS-005	Tensor	2	Acero
4	UMH-BAS-004	Casquillo eje principal basculante	2	Aluminio 6061
3	UMH-BAS-003	Cajera delantera	1	Aluminio 6061
2	UMH-BAS-002	Brazo basculante derecho	1	Aluminio 6061
1	UMH-BAS-001	Brazo basculante izquierdo	1	Aluminio 6061
POS.	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL

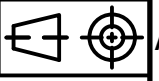

Diseñado por UMH RACING TEAM		Universidad MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE		Fecha 31/03/2020	
	Pieza ENSAMBLE BASCULANTE			Material	
	Nº DE PLANO UMH-BAS-000			Escala 1 : 4	Hoja 1/1

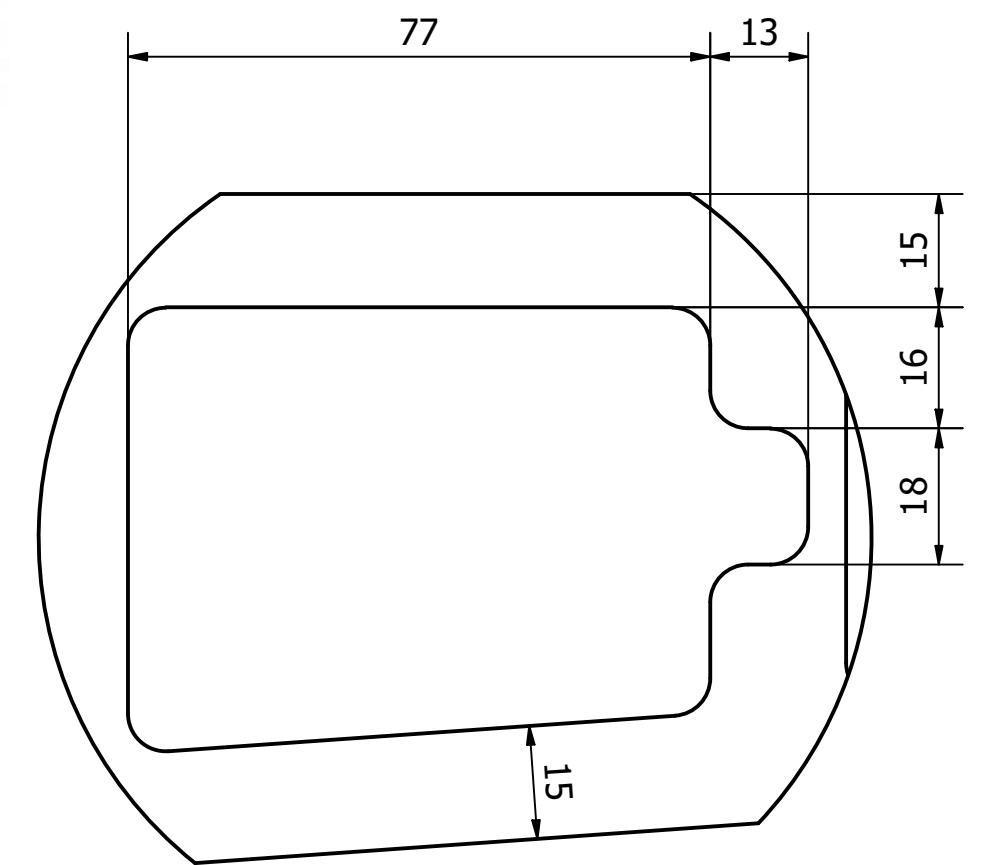
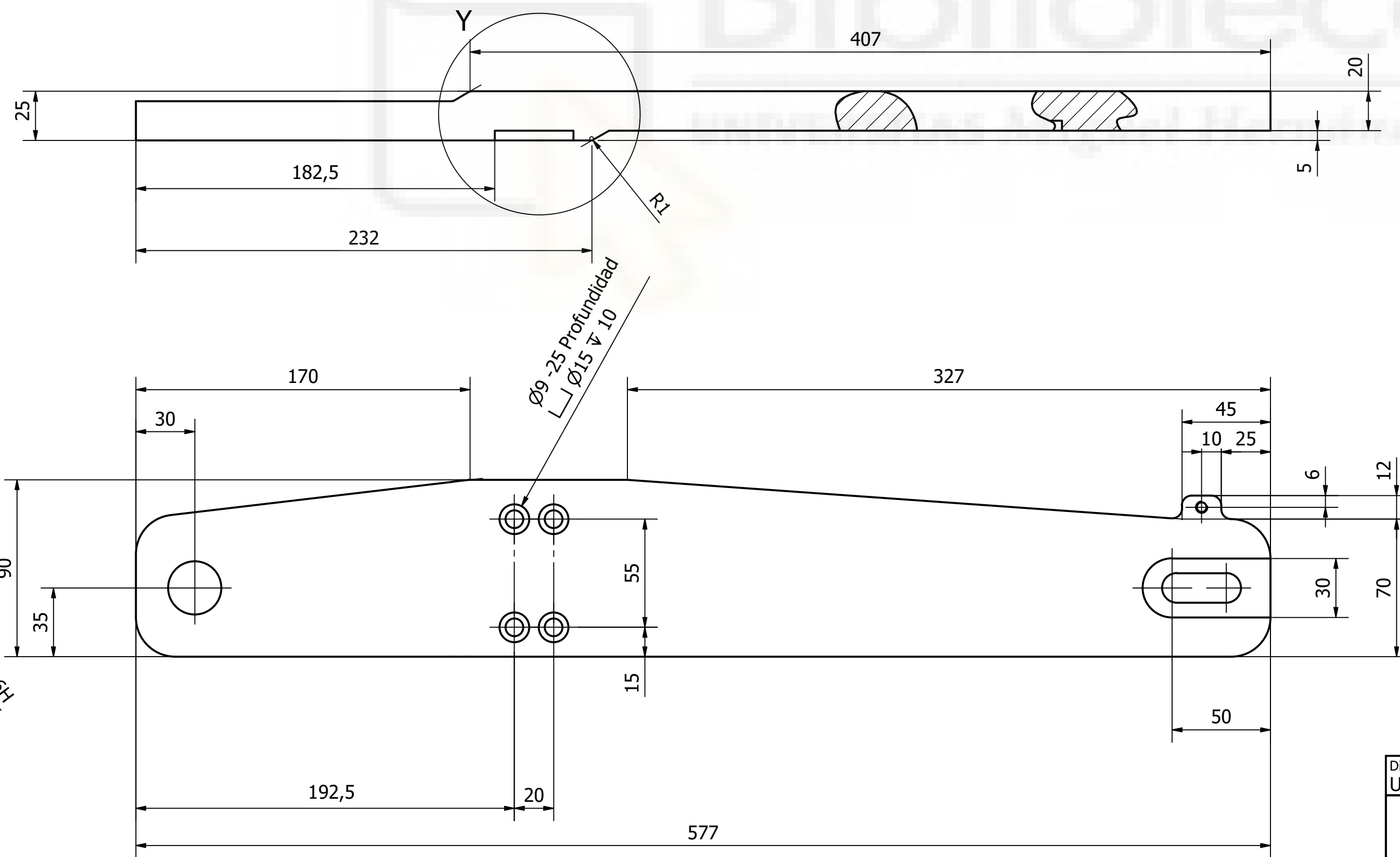
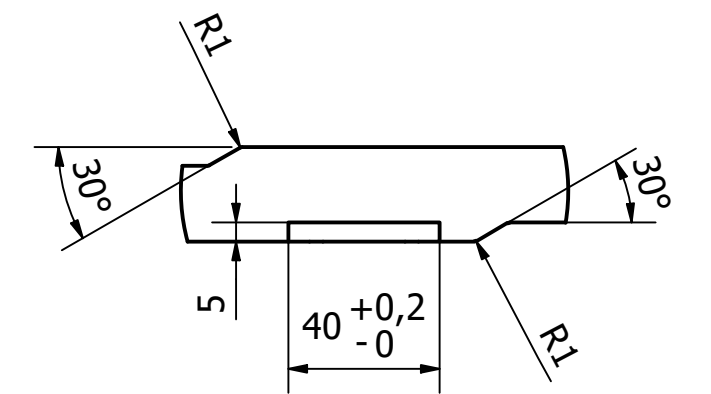
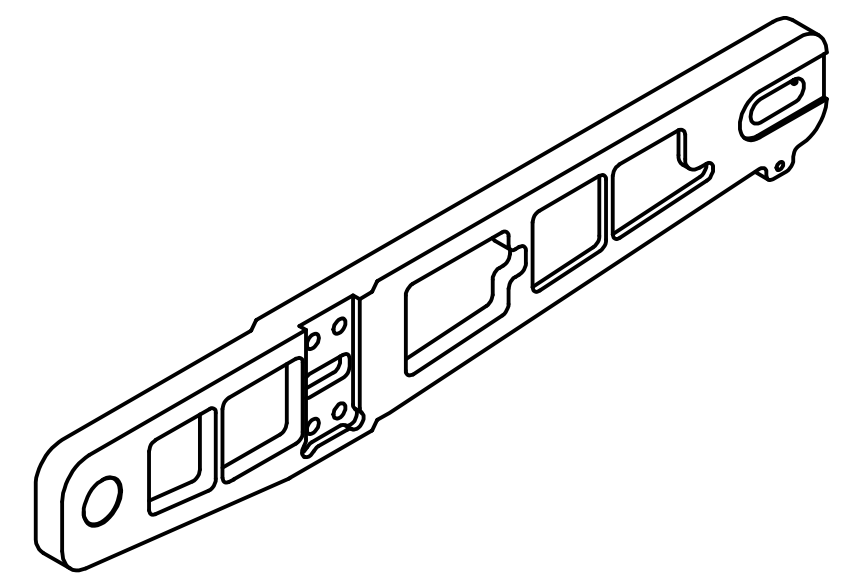
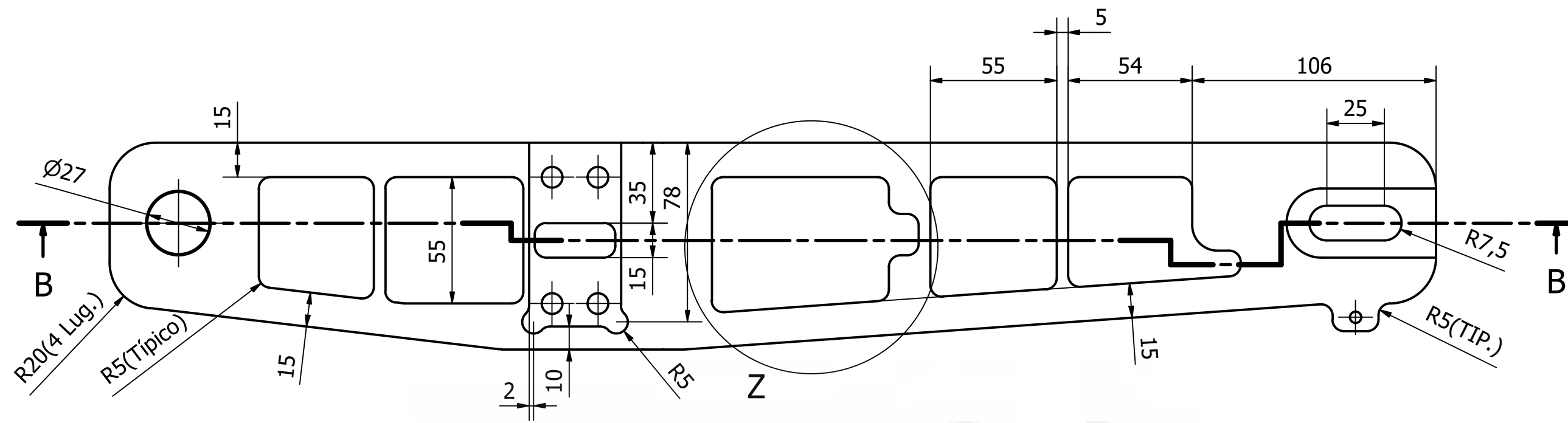
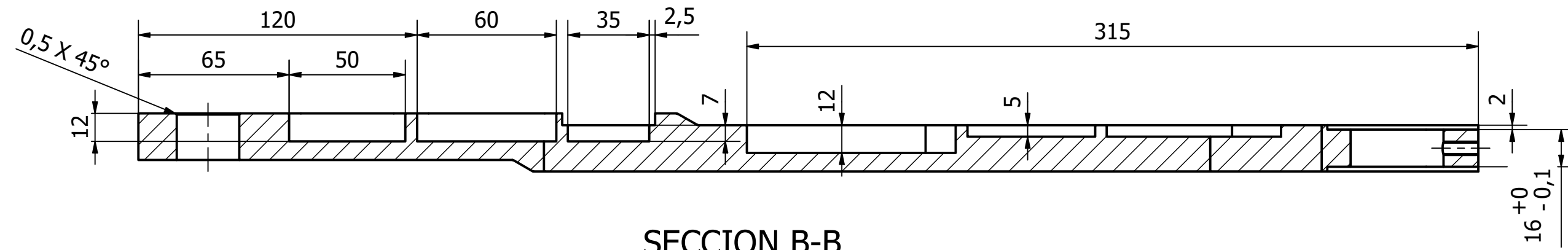


SECCION B-B

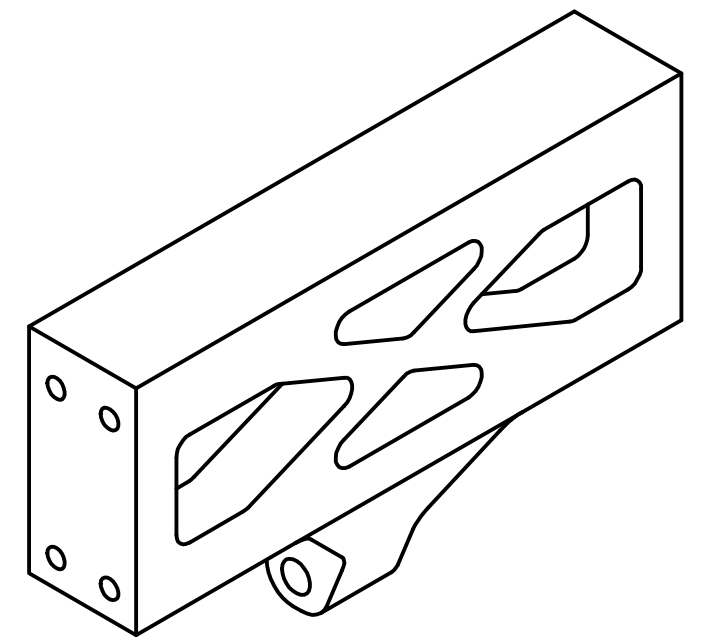
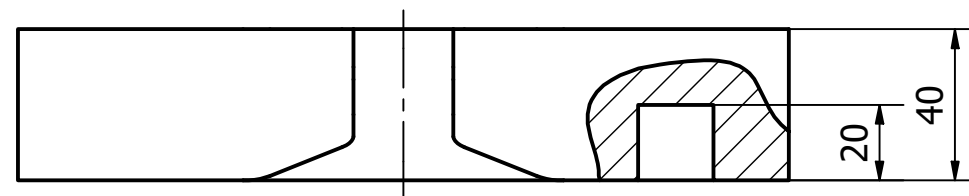
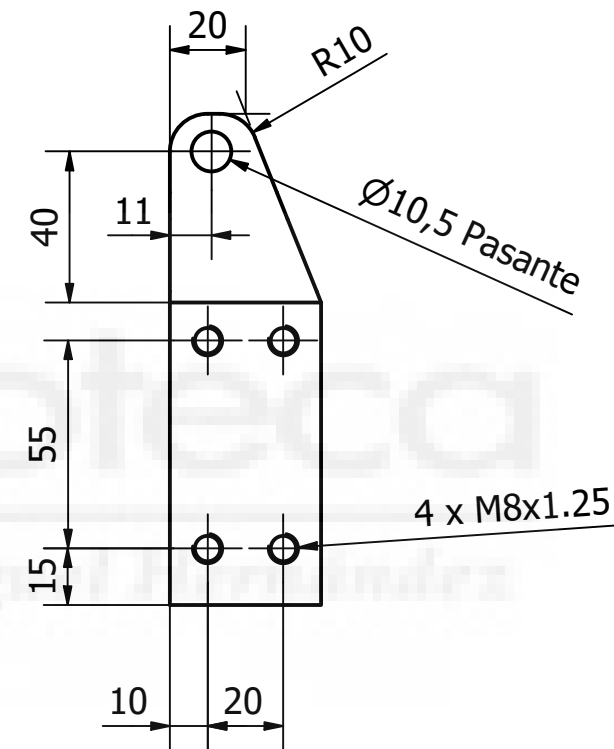
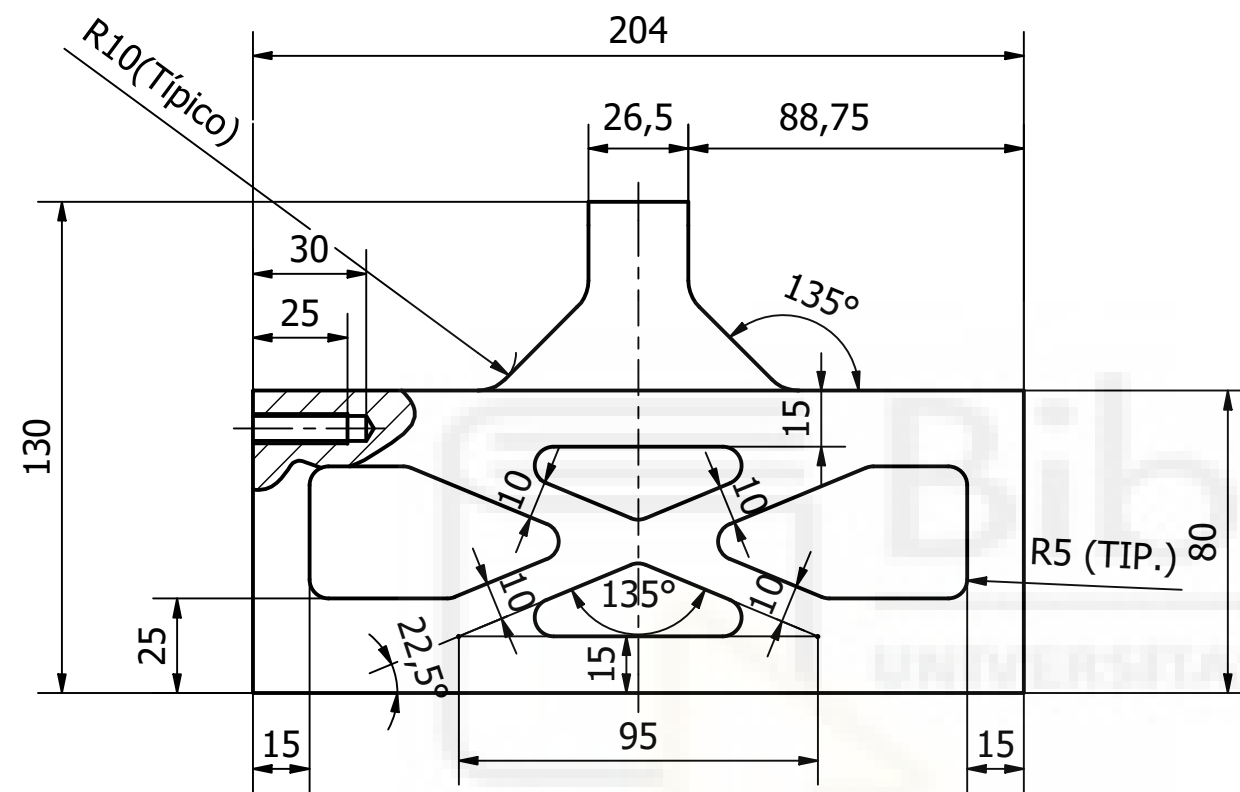
DETALLE Y (1:2)



DETALLE Z (1:1)

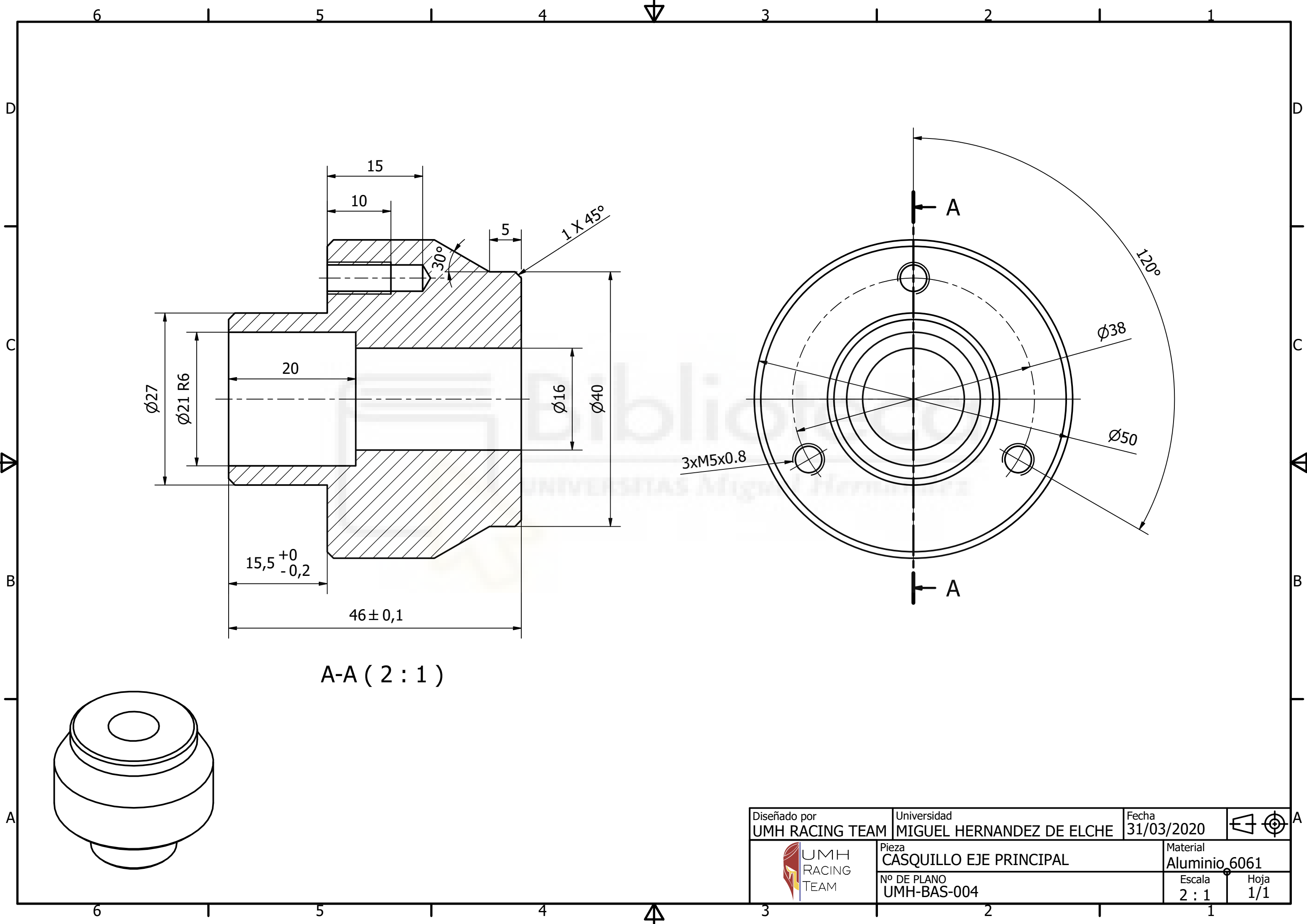
Diseñado por UMH RACING TEAM	Universidad MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	Fecha 31/03/2020	
	Pieza BRAZO BASCULANTE IZQUIERDO	Material Aluminio 6061	
Nº DE PLANO UMH-BAS-001		Escala 1:4	Hoja 1/1



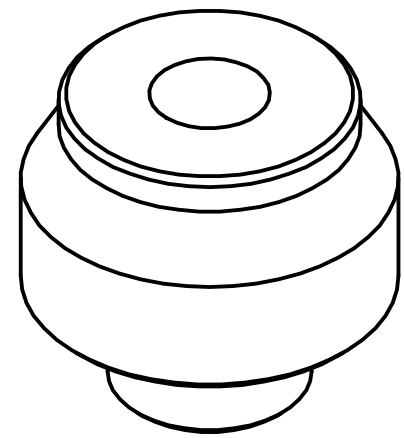
Diseñado por UMH RACING TEAM	Universidad MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	Fecha 31/03/2020	
	Pieza BRAZO BASCULANTE DERECHO	Material Aluminio 6061	
Nº DE PLANO UMH-BAS-002		Escala 1 : 4	Hoja 1/1



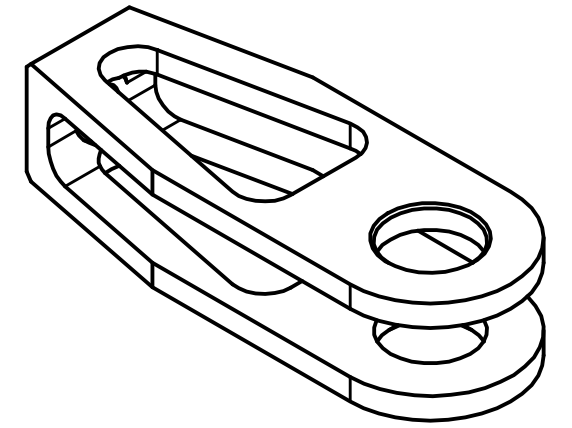
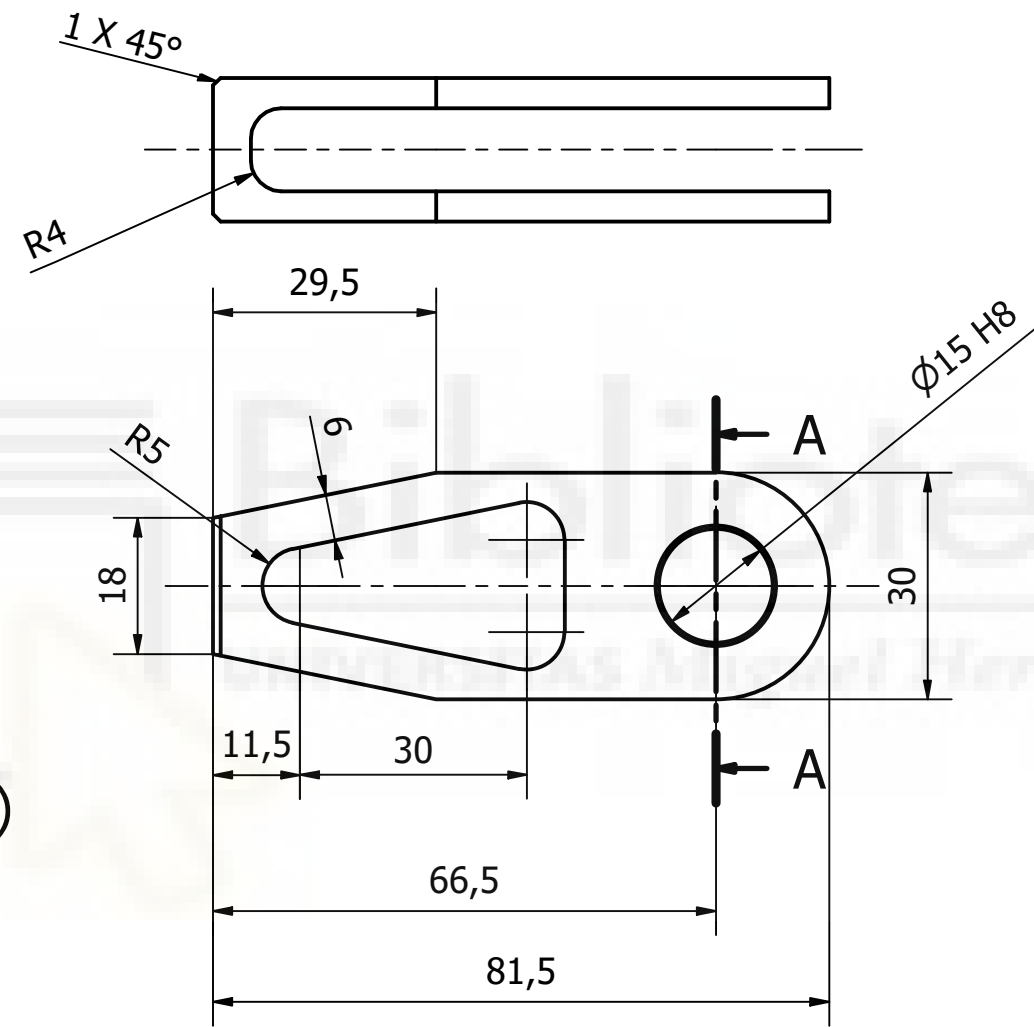
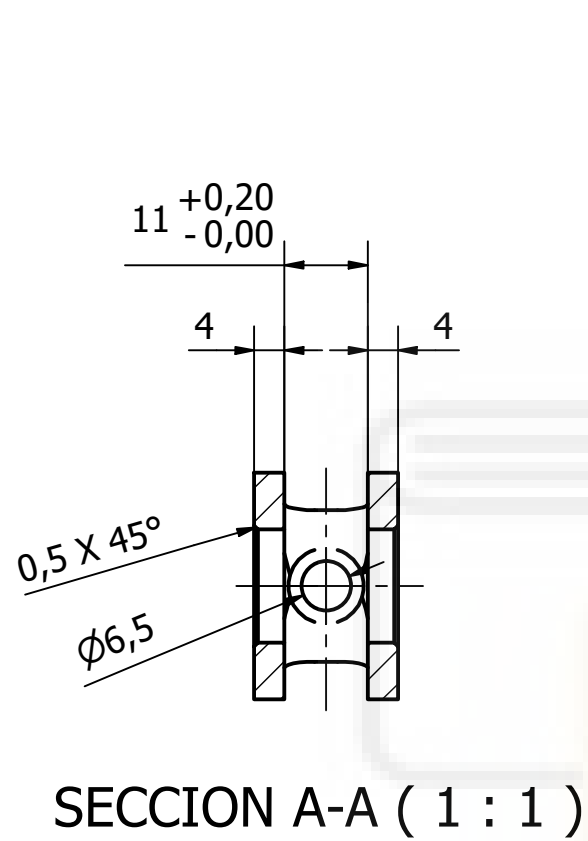
Diseñado por UMH RACING TEAM	Universidad MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	Fecha 31/03/2020	
	Pieza CAJERA DELANTERA	Material Aluminio 6061	
	Nº DE PLANO UMH-BAS-003	Escala 1 : 2	Hoja 1/1





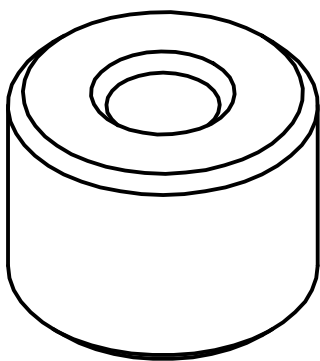
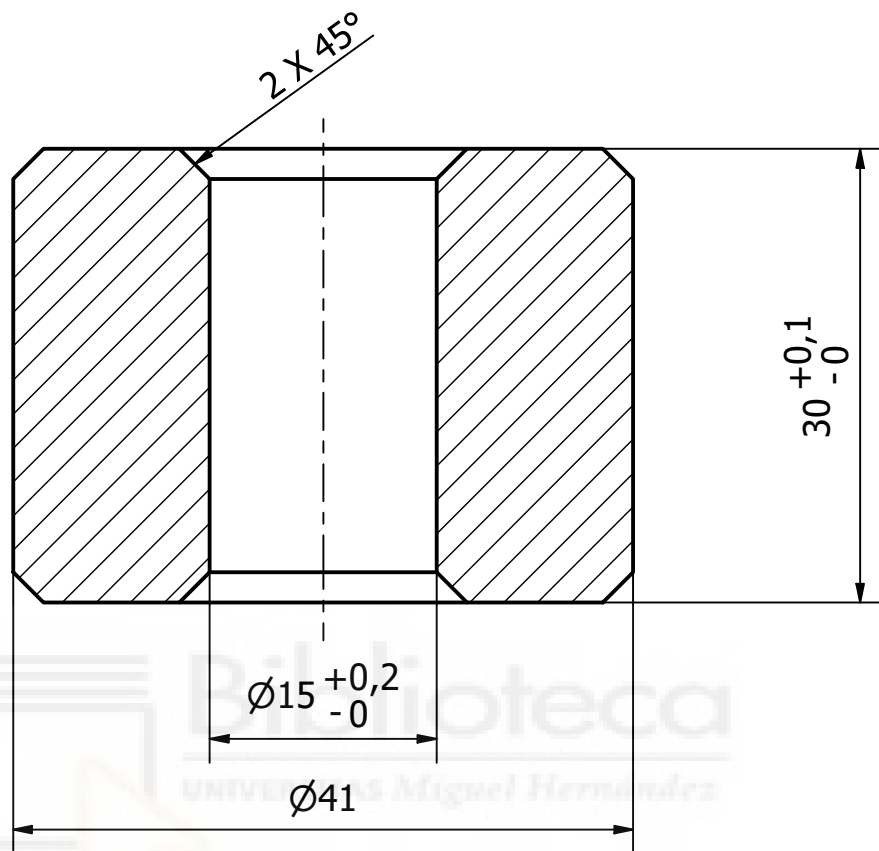
A-A (2 : 1)



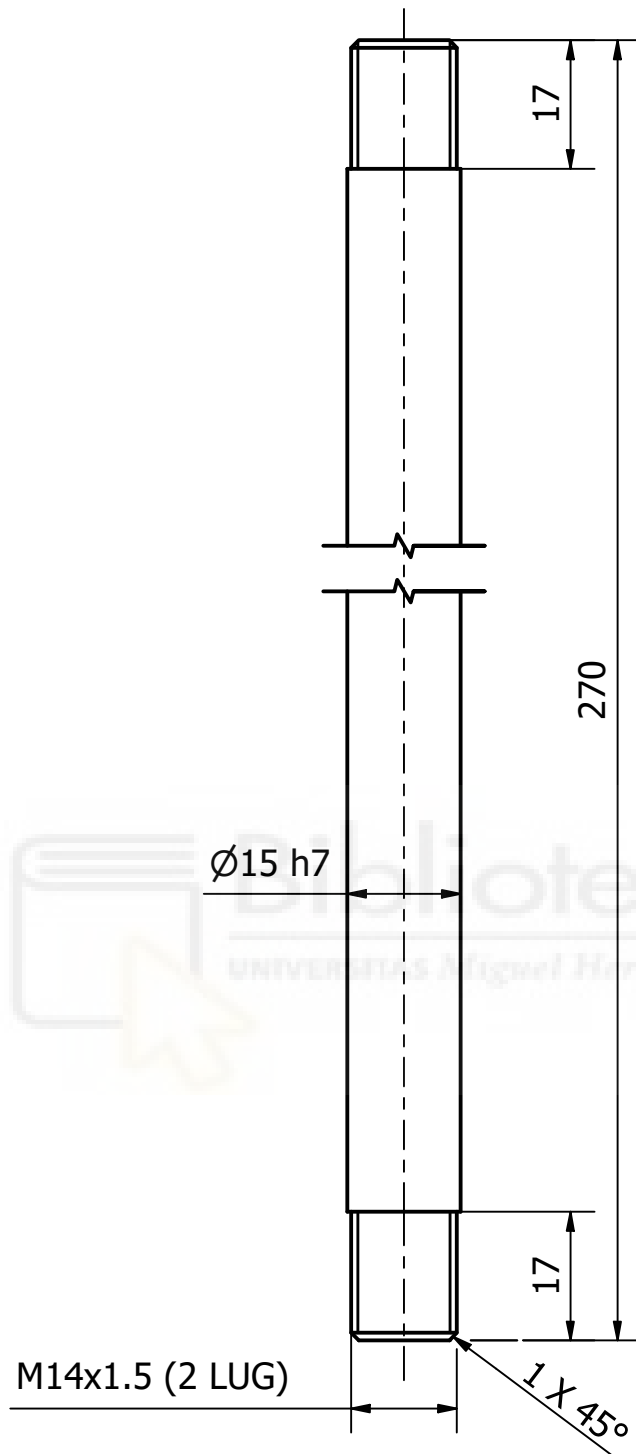
Diseñado por UMH RACING TEAM	Universidad MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	Fecha 31/03/2020	
	Pieza CASQUILLO EJE PRINCIPAL	Material Aluminio 6061	
	Nº DE PLANO UMH-BAS-004	Escala 2 : 1	Hoja 1/1






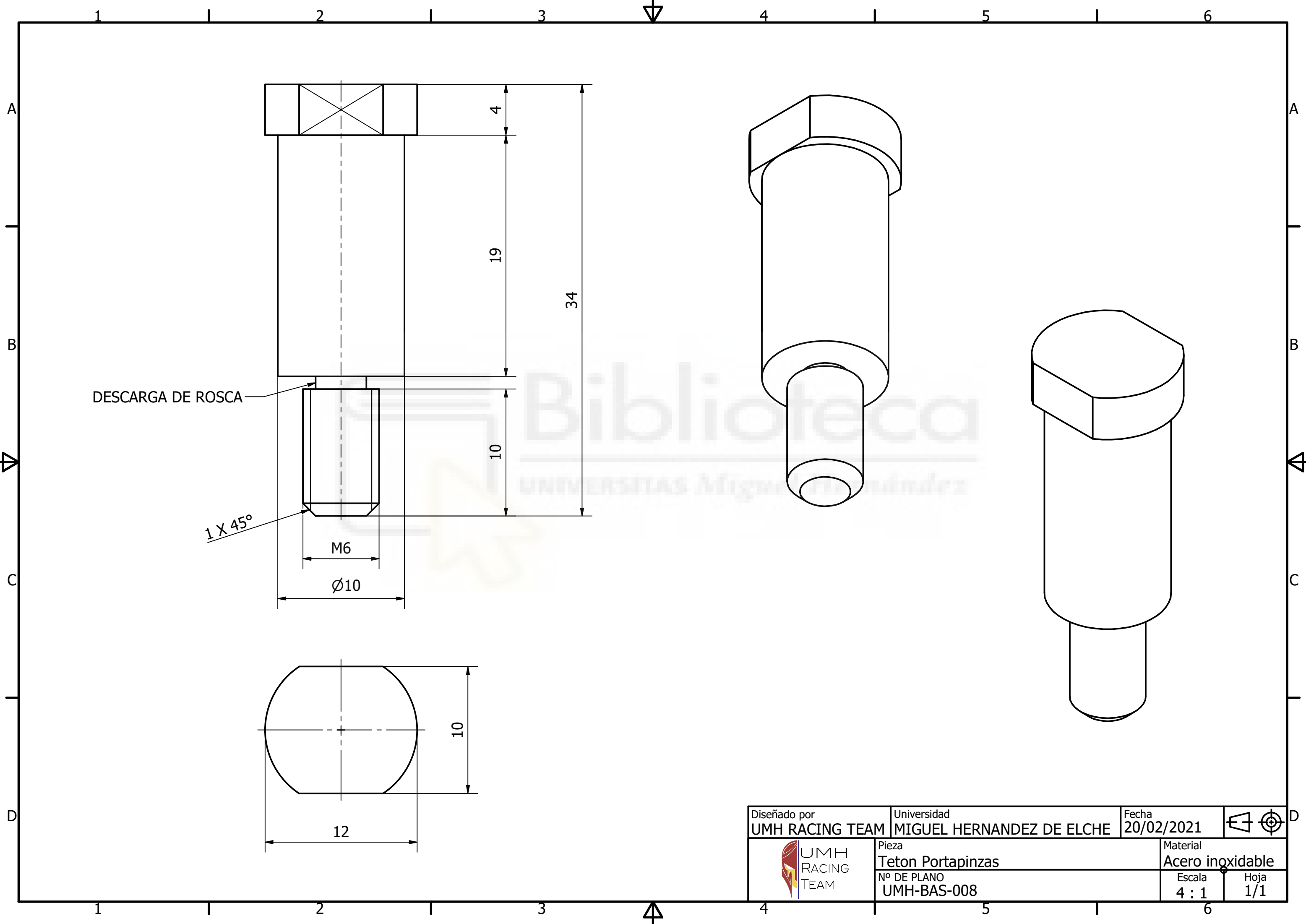
Diseñado por UMH RACING TEAM	Universidad MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	Fecha 31/03/2020	
	Pieza TENSOR	Material Acero, carbono	
	Nº DE PLANO UMH-BAS-005	Escala 1 : 1	Hoja 1/1





Diseñado por UMH RACING TEAM	Universidad MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	Fecha 31/03/2020	
	Pieza CASQUILLO	Material Aluminio 6061	
	Nº DE PLANO UMH-BAS-006	Escala 2 : 1	Hoja 1/1

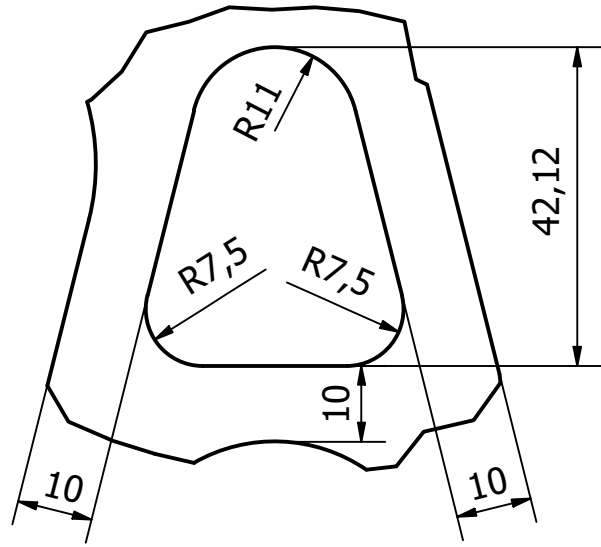


Diseñado por UMH RACING TEAM	Universidad MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	Fecha 31/03/2020	 
 UMH RACING TEAM	Pieza EJE BASCULANTE	Material Acero, carbono	
	Nº DE PLANO UMH-BAS-007	Escala 1 : 1	Hoja 1/1

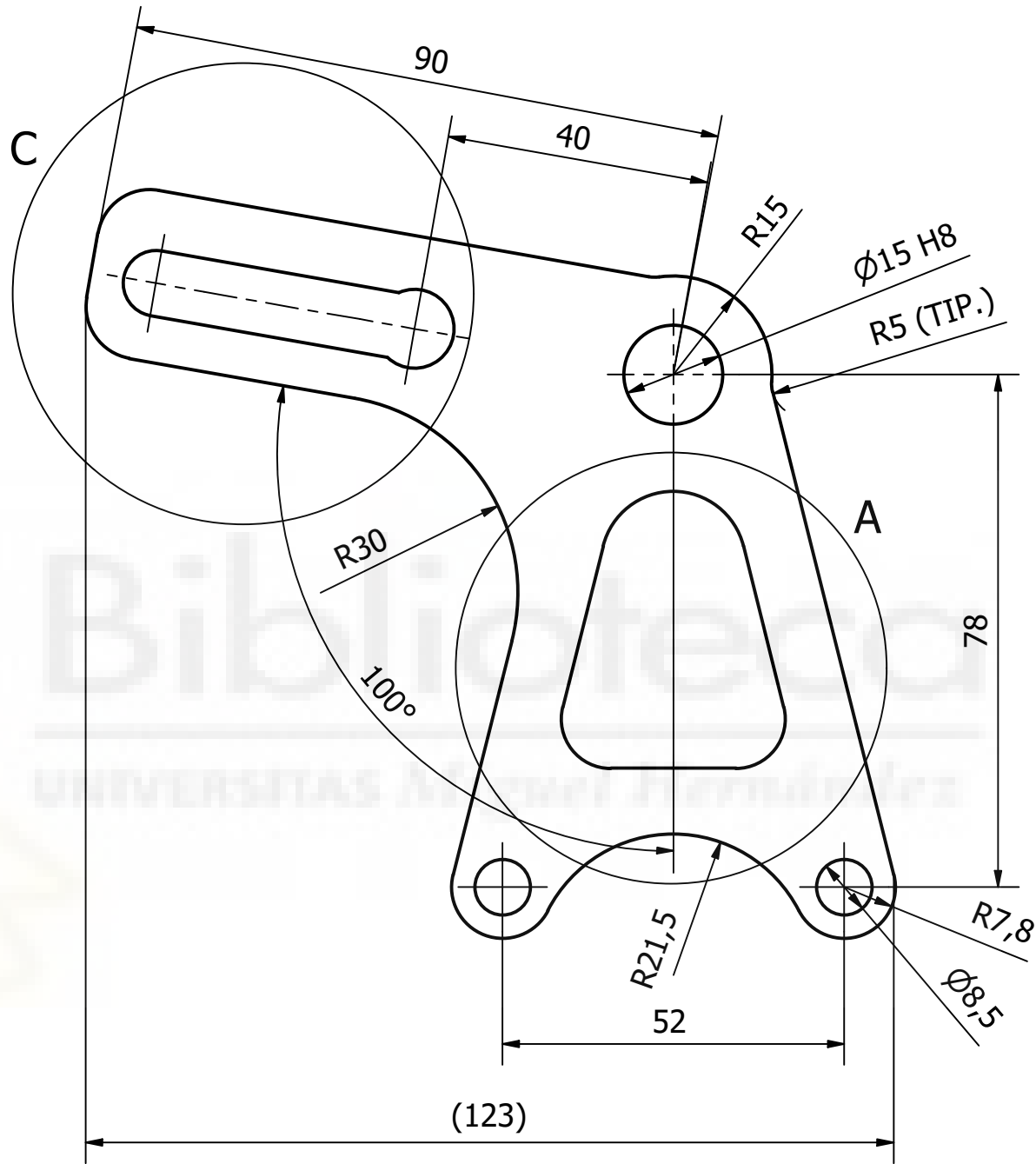
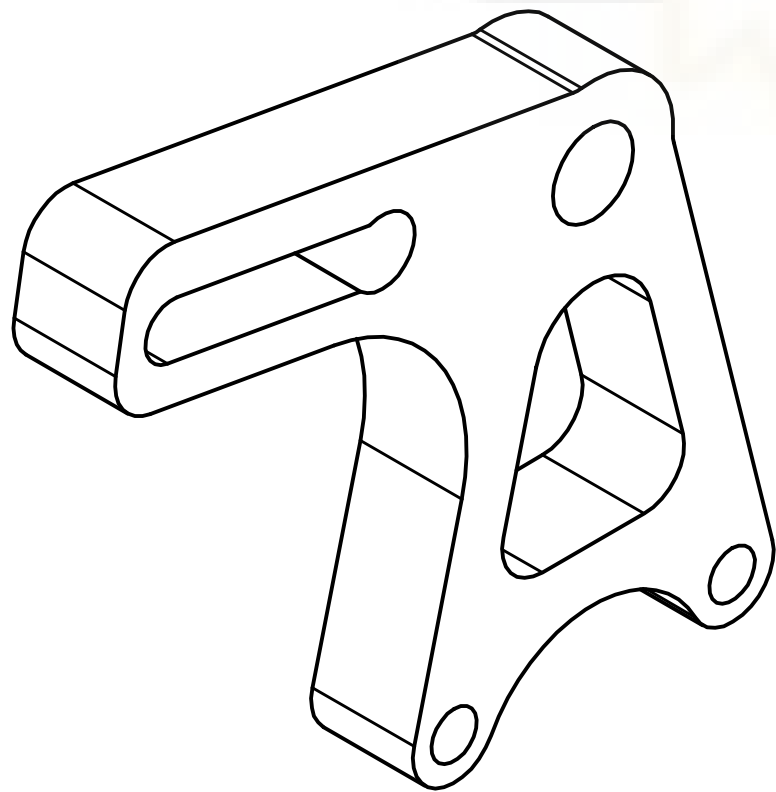
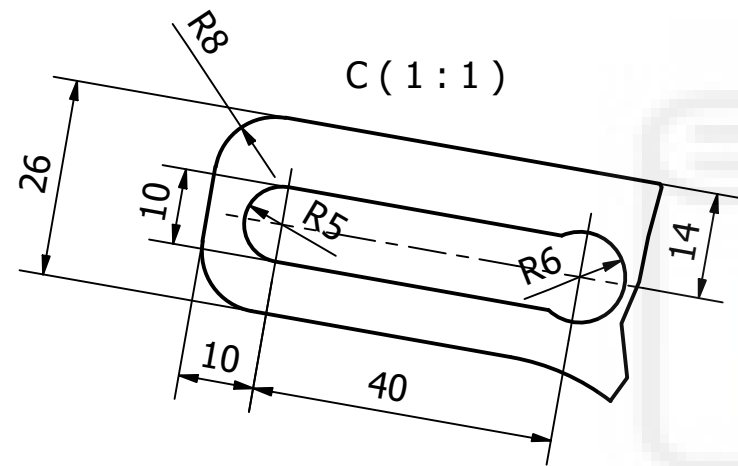


Diseñado por UMH RACING TEAM	Universidad MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	Fecha 20/02/2021	
	Pieza Teton Portapinzas	Material Acero inoxidable	
	Nº DE PLANO UMH-BAS-008	Escala 4 : 1	Hoja 1/1

A (1:1)



C (1:1)



Diseñado por UMH RACING TEAM	Universidad MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE	Fecha 20/02/2021	
	Pieza Portapinzas	Material Aluminio 6061	
	Nº DE PLANO UMH-BAS-010	Escala 1 : 1	Hoja 1/1