

UNIVERSITAT JAUME I

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO Y CÁLCULOS MECÁNICOS DE UN CHASIS DE MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE COMPETICIÓN



TRABAJO FIN DE GRADO

AUTOR

Carles Serrano Soler

DIRECTOR

Pedro Company Calleja

Castellón, Julio de 2017

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto simboliza el fin de una etapa en mi formación como estudiante y como persona.

Y, en esta etapa, he estado acompañado de una serie de personas que desde el primer hasta el último instante me han dado su apoyo incondicional y fuerzas para enfrentar las distintas adversidades con las que me he encontrado a lo largo de este recorrido. Así como otras que he ido conociendo a lo largo de este camino, que de alguna manera y sin saberlo, han aportado su parte en la consecución de esta etapa y este proyecto. Por tanto, no está de menos reconocer que sin este grupo de personas, llegar a este punto y con todo lo conseguido, habría sido impensable.

De este modo, mis agradecimientos van para:

Mis padres, como principal apoyo y único sustento durante todo el tiempo de dedicación exclusiva a los estudios. Sin ellos nada de esto, ni lo que hoy en día soy, sería posible.

Familiares, amigos y seres queridos, los cuales han estado ahí aguantando mis quebraderos de cabeza y angustias; y dándome ánimos para seguir.

Amistades forjadas en las aulas, que a día de hoy son como una familia (Industriales. V.).

Los profesores que han estado ahí para orientarme cuando las cosas se torcían.

Miembros del equipo “UJI Electric Racing Team” y colaboradores del proyecto. Sin los cuales, el sueño de diseñar, fabricar y llevar a la pista una motocicleta de competición, no habría podido hacerse realidad y el proyecto que contienen las hojas de este documento no consistiría probablemente en el diseño de un chasis para una motocicleta de competición.

Por todo esto y más, muchísimas gracias a todos por aportar vuestro granito de arena en la consecución de este proyecto.

EL EQUIPO 'UJI ELECTRIC RACING TEAM'

Esta hoja es para hacer mención a los compañeros con los que tuve el privilegio de participar en la IV edición de la competición Motostudent®, celebrada el 9 de octubre de 2016.

Mis compañeros:

- David Berbel Rodriguez.
- David Oliver Blasco.
- Hugo Negre Gomez.
- Juan Alberto Marí Alegre.
- Carlos Cantos Gonzalez.
- Daniel Segura García.
- Francisco Sayas Doménech.
- Miguel Oury Julian.
- Adrián Bellés Negre.
- Leticia Lázaro.
- Jose Trilles Ferrando.
- Néstor Aparicio Marín



Nuestro emblema:



Nuestra recompensa: **el 3er puesto en la clasificación!**



ÍNDICE

1. MEMORIA	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. La competición Motostudent®	2
1.2.1. Descripción general.....	2
1.2.2. Características del motor eléctrico reglamentario en la categoría "Electric" de la competición.	3
1.3. Objetivo.	4
1.4. Análisis previos al diseño.....	5
1.4.1. Análisis del producto: El chasis como elemento y su función en el vehículo.	5
1.4.2. Análisis del usuario: el piloto.	10
1.5. Diseño del producto.	11
1.5.1. Introducción.	11
1.5.2. Requisitos del diseño.	11
1.5.3. Diseño preliminar.....	13
1.5.4. Primer modelo conceptual: chasis modular de aluminio mecanizado.....	16
1.5.5. Segundo modelo conceptual: chasis tubular de aluminio.....	21
1.5.6. Tercer modelo conceptual: chasis tubular de acero, versión 1.	26
1.5.7. Cuarto modelo conceptual: chasis tubular de acero, versión 2.	33
1.5.8. Quinto modelo conceptual: chasis tubular de acero, versión 3.	45
1.6. Conclusiones de diseño.	52
1.6.1. Solución adoptada:.....	53
1.6.2. Método de fabricación.....	57
1.7. Cálculos.....	58
1.7.1. Análisis estructural.....	58

2. ANEXOS	77
2.1. Reglamento Motostudent® implicado en este proyecto.....	77
2.1.1. Elementos que afectan al diseño del chasis, suministrados por la organización y de uso obligatorio en la motocicleta.	77
2.1.2. Normativa aplicada en el diseño del chasis.....	78
2.2. Elementos adicionales involucrados en el diseño. Especificaciones y características.	79
2.2.1. Barras horquilla.....	79
2.2.2. Amortiguador trasero.....	80
2.2.3. Estribos apoyo piloto.....	80
2.2.4. Rotulas.....	81
2.2.5. Rodamientos de dirección.....	81
2.3. Acumulador.....	82
2.3.1. Acumulador preliminar.....	82
2.3.2. Acumulador definitivo.....	83
2.4. Geometrías y efectos que intervienen en la dinámica de la motocicleta.	84
2.4.1. Ángulo de lanzada y distancia entre ejes.	84
2.4.2. “Squat” y “Anti-Squat”.....	85
2.4.3. La posición del eje motor y el eje del basculante.....	86
2.5. Sistemas de amortiguación trasera.	86
2.5.1. Progresión directa:	86
2.5.2. Sistemas de bieletas:	86
2.6. Materiales.....	87
2.6.1. Aceros:	87
2.6.2. Al 2011 T3:	91
3. PLANOS.....	93
3.1. Explicación breve sobre el conjunto de planos.....	93

3.2. Conjunto de planos.....	94
4. PLIEGO DE CONDICIONES.....	95
4.1. Introducción.....	95
4.2. Condiciones generales.....	95
4.3. Condiciones técnicas.	96
4.3.1. Conocimientos de Normativa.	96
4.3.2. Requerimientos mínimos de herramienta.....	96
4.3.3. Especificaciones de ejecución.....	97
4.3.4. Especificaciones de materiales y conformado.....	97
4.3.5. Verificación del producto fabricado.....	104
5. PRESUPUESTO	105
5.1. Introducción.....	105
5.2. Coste de fabricación.	105
6. BIBLIOGRAFÍA.....	109

1. MEMORIA

1.1. Introducción.

El presente Trabajo de Final de Grado lo he desarrollado en el marco de la participación en la IV edición de la competición *Motostudent*[®], en la categoría *Electric* (participación con moto eléctrica), como miembro del equipo '*UJI Electric Racing Team*', en representación de la Universitat Jaume I.

Motostudent[®] es una competición internacional de motociclismo entre equipos de estudiantes universitarios venidos de universidades de todo el mundo.

En un apartado posterior describiré más detalladamente las características generales de la competición.

Nuestro equipo lo formábamos alumnos de los distintos grados de ingeniería que se imparten en la Universidad: *Grado en Tecnologías industriales, Grado en Ingeniería Eléctrica, Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos y Grado en Ingeniería Mecánica*. Entre nosotros nos dividimos en grupos de trabajo coordinados entre sí para estudiar y desarrollar cada una de las partes y sistemas de la motocicleta conjuntamente para lograr el mejor diseño aprovechando al máximo nuestros recursos.

Los distintos sistemas de la motocicleta que estudiamos y diseñamos en cada grupo de trabajo fueron:

- Sistema eléctrico (control y gestión energética de potencia eléctrica).
- Aerodinámica y estética.
- Sistema mecánico y estructural.

Mi tarea particular dentro del equipo consistió en el diseño, modelado, estudio y cálculos de toda la parte mecánica de la motocicleta que se desarrolló dentro del equipo. Básicamente el diseño y análisis de todos los elementos estructurales y mecanismos desarrollados dentro del equipo, estudiando su disposición, geometría e interacción conjunta.

Pero debido a la gran extensión de la parte del proyecto en la que participé, en este Trabajo de Final de Grado, que supone la culminación del Grado en Tecnologías Industriales, describo únicamente las tareas diseño y cálculos mecánicos realizadas para concebir el chasis de la motocicleta.

1.2. La competición Motostudent®.

1.2.1. Descripción general.

Es un evento que tiene lugar cada dos años en el circuito *Motorland*, ubicado en *Alcañiz* (Teruel).

La participación en esta competición está restringida a equipos formados por estudiantes universitarios o de formación profesional (inscritos bajo la titularidad de una universidad), y que no se hayan dedicado previamente a la competición.

Cada equipo ha de diseñar y fabricar un prototipo de motocicleta propio y original para participar.

Por primera vez en la IV edición, la competición se divide en dos categorías diferenciadas que deben su nombre a la fuente energética que alimenta el motor de la motocicleta:

- *Petrol*: Motor de explosión alimentado con gasolina
- *Electric*: motor eléctrico alimentado mediante electricidad suministrada por un sistema acumulador eléctrico.

Ambas categorías están sujetas a una normativa común y que consiste en:

- Utilizar obligatoriamente un set de elementos comunes para todos los equipos, con el objetivo de igualar las prestaciones básicas entre todos los equipos, que está compuesto por:
 - El sistema propulsión (motor térmico o eléctrico, según la categoría).
 - Llantas delantera y trasera.
 - Neumáticos delantero y trasero.
 - Sistema de frenado.
- Cumplir una serie de requisitos en cuanto a dimensiones y geometrías, peso mínimo admitido, características estructurales y elementos de seguridad que van destinados a asegurar la equidad básica entre equipos y seguridad en la pista.

Y la competición se divide en 2 fases o apartados:

- MS1: en esta fase se valora el trabajo teórico realizado por los equipos en los que se puntúan el diseño, la innovación y un estudio teórico de mercado e industrialización destinado a fabricar 600 motocicletas anualmente.
- MS2: en esta fase se pone a prueba el prototipo diseñado y fabricado mediante una serie de verificaciones técnicas que restringen el acceso a pista y una serie de pruebas dinámicas (aceleración, frenada, gymkhana, vuelta rápida y carrera)

En general, esta competición ofrece un marco en el que los estudiantes podemos aplicar los conocimientos adquiridos en las aulas en un proyecto real y apasionante como es el de diseñar, fabricar y poner a prueba una motocicleta de competición frente a otros equipos en un evento homologado por la Federación Internacional de Motociclismo.

1.2.2. Características del motor eléctrico reglamentario en la categoría "Electric" de la competición.

HEINZMANN PMS 150 AIR COOLED RLS 8 BIT ENCODER – TECHNICAL SPECS

Type	AFPM Motor
Rated Power	13 kW
Cooling	Air (External ventilation)
Max speed	6.000 rpm (without field weakening)
Rated Voltage	96 VDC
Rated Current	153 A
Peak Stall Current	550 A
Rated Torque	20,7 N.m
Peak Stall Torque	71 N.m
Motor Constant	0,0087 V/rpm
Weight	22,3 kg
Encoder	RLS – RMB29AC01SS1
Temperature sensor	KTY-84



OFFICIAL ELECTRIC MOTOR SUPPLIER

Ilustración 1: Ficha técnica del motor eléctrico (izquierda), Indicaciones de anclaje del motor (derecha).

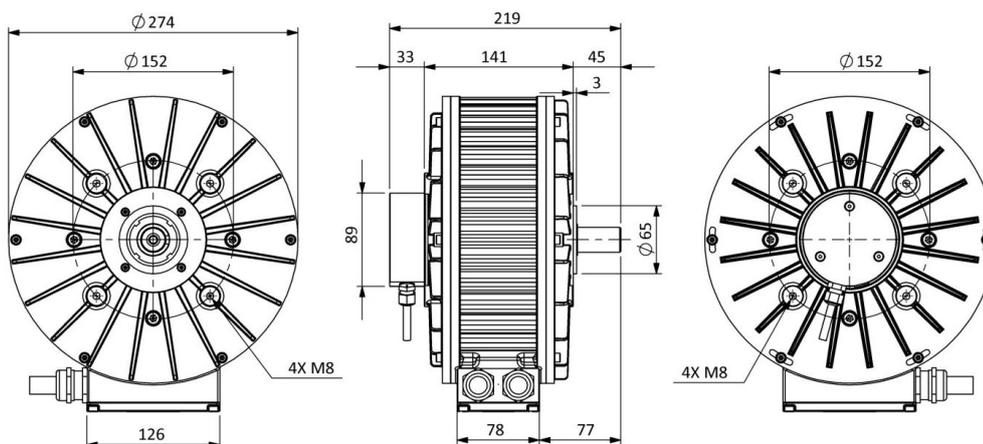


Ilustración 2: Dimensiones del motor.

PUNTOS DE ANCLAJE RECOMENDADOS

Se recomienda usar los puntos de anclaje originales para fijar el motor al chasis. El Heinzmann PMS150 está preparado con 4 puntos de anclaje roscados de M8.

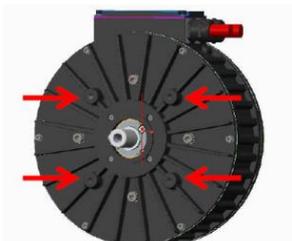


Ilustración 3: Indicaciones de anclaje recomendado por el fabricante.

1.3. Objetivo.

El objetivo general del equipo de diseño de la moto es:

- Dotar a la moto de los elementos necesarios para poder ponerla en pista y a poder ser ganar la competición.

En consecuencia, el objetivo general del proyecto de diseño del chasis (que corresponde con este trabajo de final de grado) es el siguiente:

- Dotar a la moto de un chasis que permita ponerla en pista y a poder ser ganar la competición.

Los objetivos programáticos son:

- Definir un chasis compatible con el resto de los sistemas de la moto
- Definir un chasis del que pueda fabricarse un prototipo con los medios y el tiempo disponible.
- Intentar que el chasis le proporcione a la moto la mejor combinación de bajo peso, resistencia estructural y elevada estabilidad.

1.4. Análisis previos al diseño.

1.4.1. Análisis del producto: El chasis como elemento y su función en el vehículo.

El chasis es el elemento central y cohesionador de la motocicleta. Depende del resto de elementos de la moto, y el resto de elementos de la moto dependen de él. Por tanto, para obtener un producto resultante satisfactorio se deben conocer todos estos elementos que lo rodean y los efectos que ejercen sobre él, así como los que su geometría condiciona.

Para entender la labor del chasis hay que observar el conjunto de elementos y sistemas que se combinan para formar la motocicleta. Enumerados a continuación:

- Sistema motor 1A
- Sistema de frenado 2A
- Sistema de mando 3A
- Y la parte de ciclo compuesta por:**
- El sistema de dirección y amortiguador delantero 4A
- Ruedas, compuestas de llanta y neumático 5A
- Basculante y amortiguador trasero 6A
- Y el elemento que se trata en este trabajo:**
- El chasis 7A

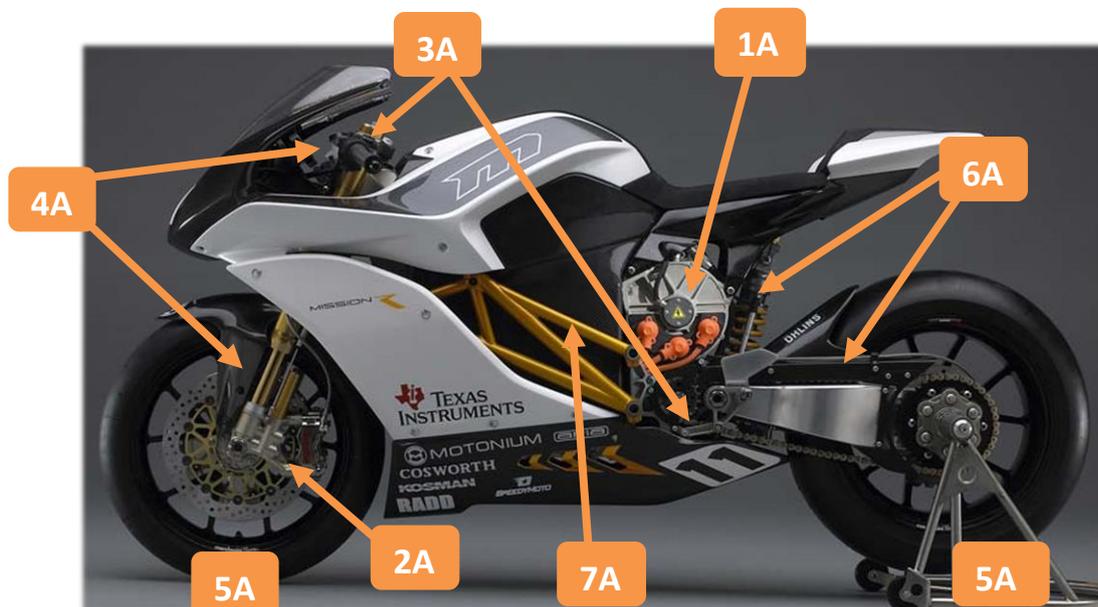


Ilustración 4: Elementos en una moto eléctrica *Mission R*.

En la ilustración 4, se observa la disposición, en la motocicleta eléctrica *Mission-R*, de los distintos elementos y sistemas enumerados. Se ha escogido como ejemplo esta motocicleta por su característica de moto eléctrica. Pero no como referente, ya que en el equipo pretendemos desarrollar un diseño totalmente innovador, original y adaptado a nuestras necesidades.

La geometría de la motocicleta queda determinada por un conjunto reducido de cotas principales que afectan, definen y condicionan el comportamiento dinámico de la misma en la pista. En la ilustración 5 se pueden observar dichas cotas principales:

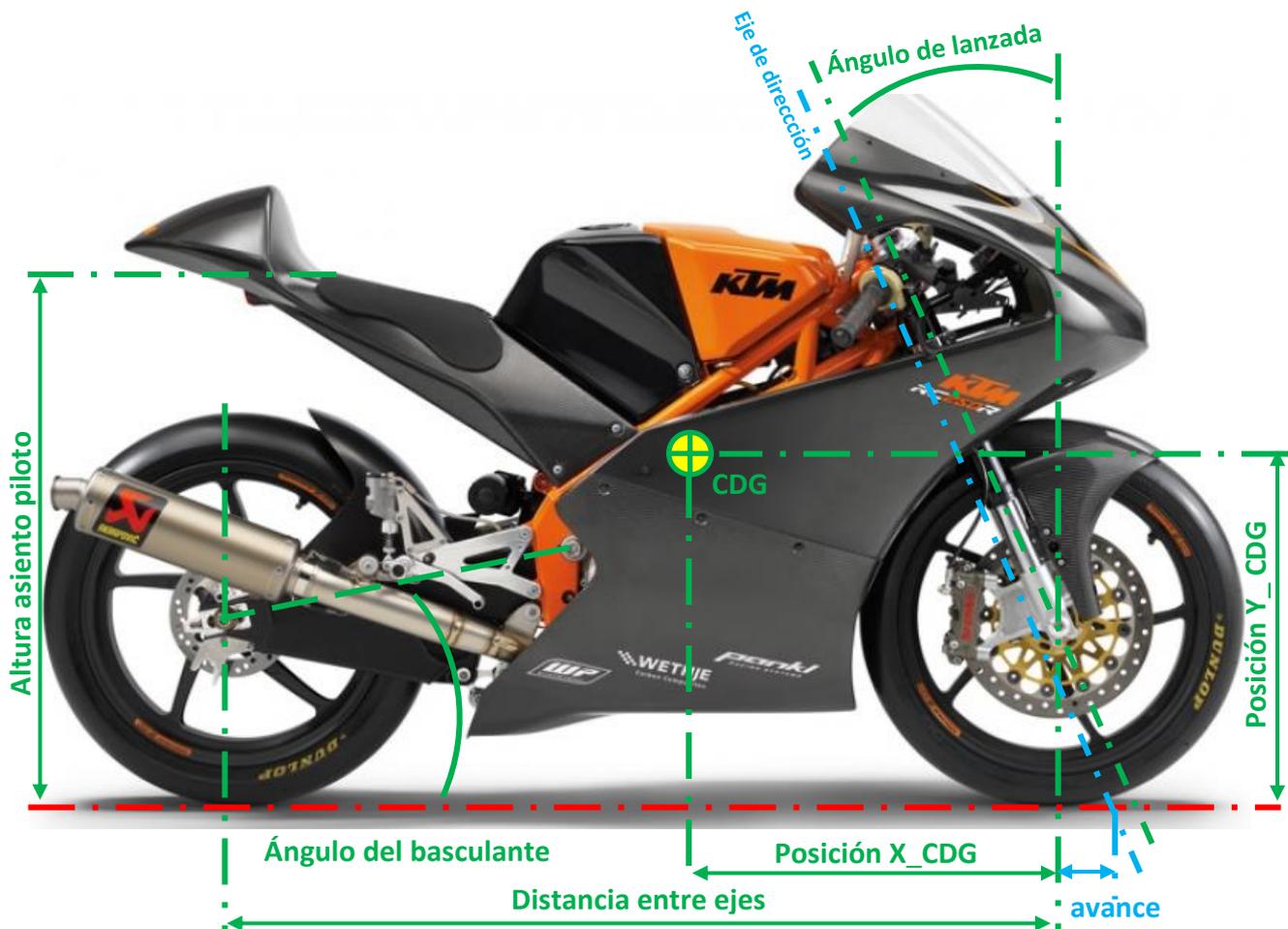


Ilustración 5: Cotas Funcionales en la motocicleta.

En función de los valores que toman las cotas descritas en la anterior ilustración, se tienen distintas magnitudes de ciertos efectos que afectan al comportamiento de la motocicleta, entre los cuales destacan como más determinantes e influyentes en la conducción los siguientes:

- El efecto Squat. Condicionado por el ángulo y la longitud del basculante, la posición del CDG, el diámetro de la corona trasera y del piño de la salida de potencia a la cadena, y de la posición de este piño con respecto al eje del basculante.
- Estabilidad del vehículo. Condicionado por el ángulo de lance y la distancia entre ejes.
- Transferencia de carga. Condicionado por la posición relativa del CDG respecto al suelo y a los puntos de contacto de los neumáticos con el suelo. Y que tiene efectos en la adherencia y comportamiento de la moto en aceleraciones y deceleraciones.

Para la explicación de estos efectos: [Ver anexos, apartado 2.4.1 y 2.4.2].

El chasis, que es el elemento en el que se centra este proyecto, tiene una función estructural y cohesiva entre los distintos elementos. Y generalmente consta de las siguientes partes, que son indispensables para cumplir con las exigencias de una motocicleta para competición.

- | | |
|------------------------------------|----|
| - Pipa de dirección | 1B |
| - Anclaje del amortiguador trasero | 2B |
| - Anclaje del basculante | 3B |
| - Anclaje del sub-chasis trasero | 4B |

Existe una gran variedad de chasis, en cuanto a formas, dimensiones, materiales empleados y técnicas de fabricación aplicadas. Aparte, se distinguen en función del tipo de motocicleta que lo incorpora, y de las especificaciones de la misma, ya que esto condiciona su forma y geometrías. Pero en el caso de este proyecto, el análisis se centra en los tipos de chasis más comunes empleados en motocicletas de competición de velocidad sobre asfalto.

Los chasis más comunes empleados en competiciones de velocidad sobre asfalto se dividen en dos tipos:

- Multitubular: compuestos por una serie de tubos de distintos tamaños y espesores, generalmente de acero o aluminio, unidos entre sí mediante soldadura.
- “Doble viga”, “perimetral”, “Deltabox” o “Cobas”: conformado con varias piezas, generalmente de aluminio, unidas solidariamente entre sí mediante soldadura, que forman una estructura envolvente compuesta por dos vigas perimetrales (de aquí vienen los nombres “Doble viga” y “perimetral”) que deja un vano o hueco interior, desde la pipa de dirección hasta el eje del basculante. Esta forma peculiar es la que le da el nombre “deltabox” al asemejarse (visto desde la parte superior) a la letra griega Delta (Δ). Y es llamado “Cobas” a su vez, dado que el creador de este concepto de chasis fue el ingeniero español Antonio Cobas.

Luego existen otro tipo de chasis que definiré como “compuestos”. Éstos a diferencia de los dos tipos anteriores, tienen la peculiaridad que se componen de varias partes unidas mecánicamente entre sí, pudiendo ser estructurales o funcionales, reforzadas para absorber las reacciones dinámicas. Los que emplean partes funcionales (como puede ser el motor) como parte estructural, son llamados comúnmente “auto-portantes”.

A continuación, se exponen ejemplos de los tipos de chasis mencionados: multitubular y delta-box, con las distintas partes que integran, enumeradas anteriormente, señaladas:

Chasis multitubular, (ver ilustración 6):

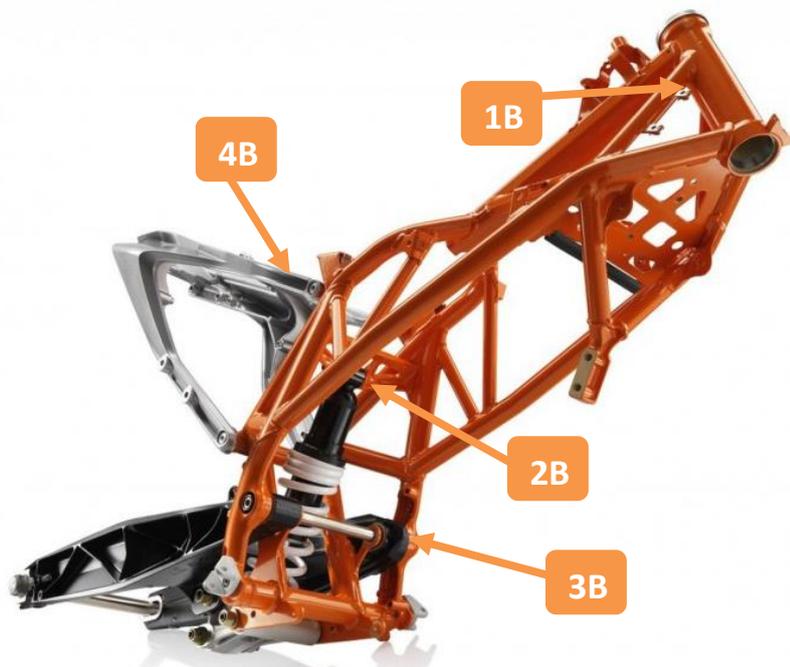


Ilustración 6: Detalle del chasis *multitubular* de la *KTM DUKE 690*.

Chasis Delta-box o perimetral, (ver ilustración 7):

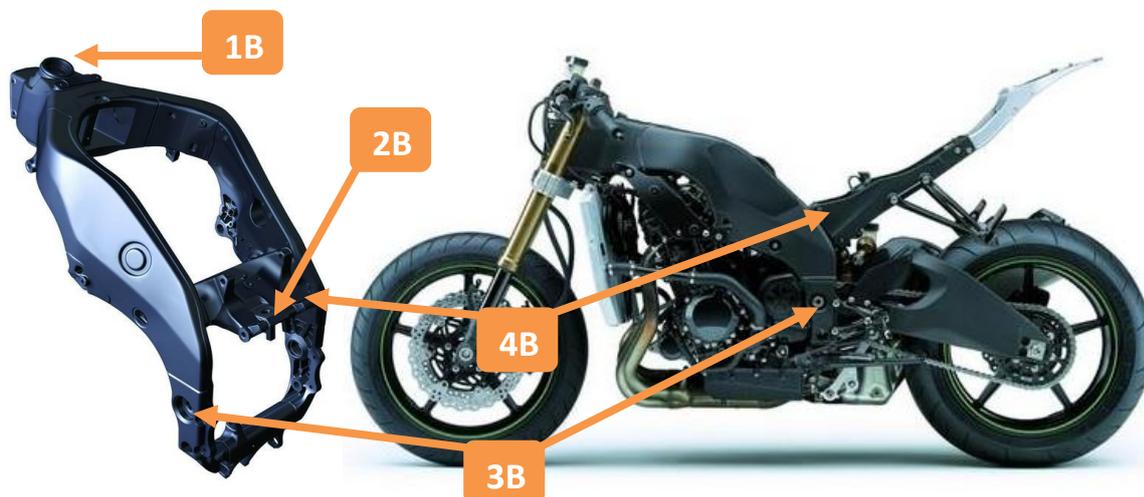


Ilustración 7: Detalle del chasis *Delta-box* o *Perimetral*, y conjunto de la *Kawasaki ZX10*.

Y como ejemplo de chasis compuesto tenemos el caso del que monta la motocicleta *Mission-R*. Pero en este caso, se indican las distintas partes unidas que conforman el chasis.

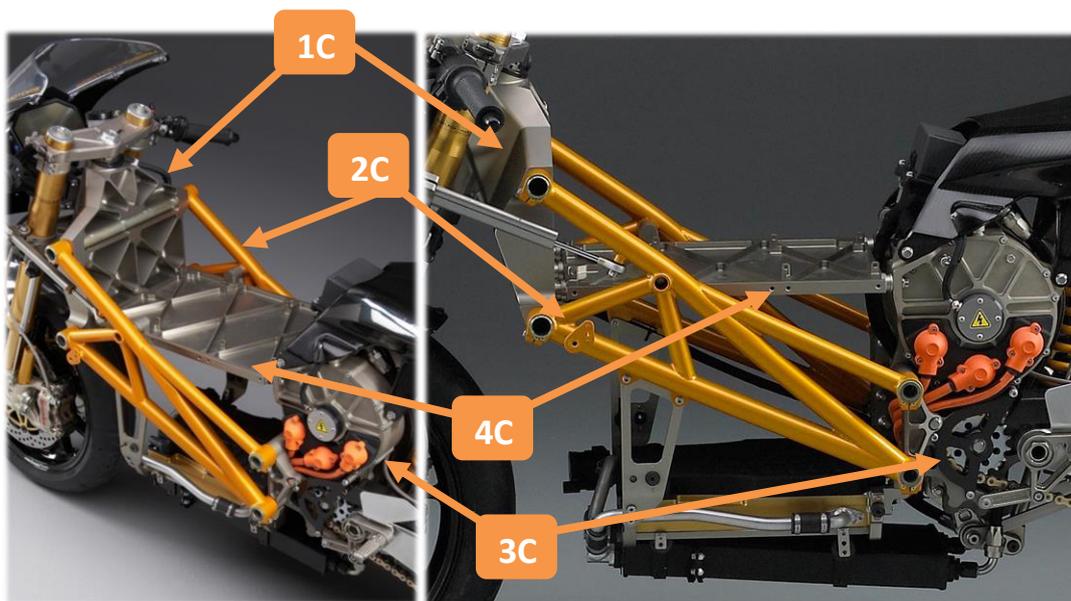


Ilustración 8: Detalle del chasis “compuesto” de la motocicleta eléctrica *Mission R*.

En la ilustración 8 se observa que el chasis de la *Mission-R*, está compuesto por:

- Subchasis frontal realizado en aluminio mecanizado 1C
- Estructura tubular, encargada de unir la parte frontal con la trasera 2C
- Conjunto motor “auto-portante” 3C
- Bandeja para apoyo y anclaje del acumulador energético 4C

En resumen, el chasis es el elemento que da cohesión al conjunto de elementos que componen la motocicleta. Y de sus características, geometría y configuración dependen el comportamiento, estabilidad, resistencia y seguridad de la motocicleta.

De modo que, si se quieren maximizar las prestaciones de la moto, el chasis es una parte fundamental para analizar y estudiar, y así poder hallar la mejor configuración posible.

1.4.2. Análisis del usuario: el piloto.



Ilustración 9: Piloto situado en posición aerodinámica sobre una motocicleta de competición de categoría moto 3.

La ilustración 9 se ha elegido para representar la postura que comúnmente adoptan los pilotos en motocicletas en la categoría *Moto3*. Este tipo de motocicletas son las más semejantes en cuanto a geometrías y dimensiones con la que desarrollamos en el equipo para la competición *Motostudent*®.

Analizando la ilustración se puede extraer la siguiente información:

- La posición del piloto es elevada y retrasada para ocupar el mínimo espacio en la parte delantera y baja de la moto, donde se sitúan la mayor parte de elementos de la moto por razones de reparto de masas. Esto permite estrechar la moto en la parte frontal para vencer con mayor facilidad la resistencia aerodinámica y a su vez que el piloto quede resguardado tras el carenado.
- El piloto se sitúa encogido y recostado hacia delante para favorecer la aerodinámica de la moto y porque es la postura que ofrece mayor control de la motocicleta, ya que al tener las piernas lo más juntas posible se puede hacer mayor fuerza para controlar las reacciones de la moto.

En la realización del diseño del chasis se han de tener en consideración estos detalles para que la moto sea competitiva, o que al menos, el chasis no se lo impida.

1.5. Diseño del producto.

1.5.1. Introducción.

Éste no es un proyecto de ingeniería típico, donde un cliente solicita un producto determinado, con unas especificaciones de partida concretas y definidas. Se trata de un proyecto innovador, que consiste en desarrollar un prototipo que presenta una gran cantidad de opciones de configuración, especificaciones y alternativas abiertas al estudio y análisis. Además, una parte de las especificaciones que lo definen dependen de otros elementos, cuyo diseño se elabora conjunta, combinada y paralelamente a éste para que sean totalmente compatibles y queden integrados entre sí en la motocicleta.

Otro factor que define las características del prototipo, es que va a ser utilizado en un marco de competición y que solamente se va a fabricar una unidad. Por lo que el precio no es un factor a tener en cuenta en el desarrollo del mismo. Además, contamos con apoyo para fabricarlo por parte de empresas privadas; aunque limitado a determinados materiales y herramientas de fabricación. Por tanto, lo importante es que se pueda fabricar, sea competitivo y fiable.

1.5.2. Requisitos del diseño.

Aunque el diseño de este prototipo esté abierto a tantas posibilidades como se desee explorar, existen una serie de requisitos y especificaciones que se dividen en tres grupos diferenciados entre sí por su origen y características:

- Primer grupo: Tienen su origen en la normativa de la competición. Son inalterables e incuestionables.
- Segundo grupo: los planteo inicialmente para cumplir una serie de necesidades y objetivos planteados por el equipo. Serán sometidas a análisis en la etapa de diseño preliminar y conceptual para su aprobación e inclusión en el diseño final.
- Tercer grupo: Son especificaciones que se generan a medida que se avanza en el diseño del chasis, en combinación con las distintas partes que componen la motocicleta. La aparición y descarte de éstas son la consecuencia y la causa de la evolución del diseño conceptual en la etapa de diseño preliminar.

Las especificaciones de los dos primeros grupos son las siguientes:

- Primer grupo:

- Ni el motor ni el acumulador de energía pueden formar parte estructural del vehículo. Deben ir sostenidos y sujetos por y en el mismo. [Ver anexos, apartado 2.1.2., D.3.4 normativa *Motostudent*[®]]. **[E1.1]**
- El acumulador debe estar protegido por el chasis frente a impactos laterales. [Ver anexos, apartado 2.1.2, D.3.4 normativa *Motostudent*[®]]. **[E1.3]**
- La moto en conjunto debe ser resistente estructuralmente. **[E1.4]**
- La moto en conjunto debe ser capaz de soportar unas cargas a compresión aplicadas en el asiento del piloto verticalmente (de 250Kg) y longitudinalmente (de 300kg). [Ver anexos, apartado 2.1.2, E 3.3.3 normativa *Motostudent*[®]]. **[E1.5]**
- La parte más baja de la moto ha de mantenerse a una distancia mínima libre del suelo de 110mm en cualquier estado de compresión del sistema de amortiguación. [Ver anexos, apartado 2.1.2, B.2.1.3 normativa *Motostudent*[®]]. **[E1.6]**

- Segundo grupo:

- El chasis debe ser firme y sin holguras. **[E2.1]**
- El chasis debe ser ergonómico y seguro para el piloto. Además, debe permitir una posición de pilotaje semejante a la utilizada actualmente en competición. **[E2.2]**
- El montaje y desmontaje de los distintos componentes debe ser simple y lo más rápido posible. **[E2.3]**
- La fabricación del chasis debe ser factible y los procesos de conformado deben estar comprendidos entre los siguientes: torneado, corte, soldadura, mecanizado en 3 ejes, corte láser de chapa, chapa plegada. **[E2.4]**
- El peso del chasis debe ser el mínimo posible. **[E2.5]**
- El diseño del chasis debe tener atractivo estético. **[E2.6]**
- El chasis debe envolver y contener en su interior el acumulador. **[E2.7]**
- El motor debe sujetarse solamente del lado del eje utilizando los 4 taladros roscados que dispone, tal y como recomienda el fabricante. [Ver anexos, apartado 2.1.1]. **[E2.8]**
- El chasis debe favorecer que la moto en reposo tome los siguientes valores para las variables geométricas indicadas a continuación: Ángulo de lanzada de la moto entre 23 y 24 grados. Distancia entre ejes entre 1240 a 1350 mm. Y, altura del asiento para el piloto debe ser de entre 800 y 840mm. [Ver anexos, apartado 2.4.1]. **[E2.9]**
- El eje de salida de potencia del sistema motor debe situarse lo más próximo posible al eje del basculante para minimizar las variaciones de tensión de la cadena debidas al giro del basculante sobre su eje. [Ver anexos, apartado 2.4.3]. **[E2.10]**
- La geometría del chasis debe ofrecer una cohesión adecuada con el resto de elementos mecánicos que componen la motocicleta para favorecer el correcto funcionamiento y desempeño de su función. **[E2.11]**
- El chasis debe facilitar que los componentes más pesados se sitúen en el centro de la moto para que el centro de gravedad quede lo más centrado y bajo posible para favorecer el control del vehículo. **[E2.12]**
- Se debe valorar la implantación de un sistema de caja de cambios. **[E2.13]**
- La magnitud del efecto "*squat*", generado por la geometría resultante del conjunto formado por los elementos que componen la parte estructural de la motocicleta en combinación con el chasis, debe ser la adecuada para tener un buen comportamiento dinámico en la pista. [Ver anexos, apartado 2.4.2]. **[E2.14]**

1.5.3. Diseño preliminar.

1.5.3.1. Selección del emplazamiento para el sistema motor:

Ya que el diseño de la moto está totalmente abierto a especificaciones y configuraciones, se pueden emplazar los componentes donde mejor convenga para intentar tener el mejor comportamiento en la moto.

En este apartado expongo el método analítico que utilicé para determinar el emplazamiento más conveniente del sistema motor en la moto, ya que esto condiciona por completo el diseño del chasis.

La ubicación del sistema motor afecta a:

- La forma del chasis
- La ubicación y el volumen disponible en el chasis para el resto de elementos.
- Las características estructurales que debe ofrecer la parte de la moto donde vaya anclado el motor.
- El comportamiento dinámico que va a tener la moto en función del reparto de masas en cada eje y la altura del CDG.

Todo esto viene dado debido a que el sistema motor es uno de los elementos más pesados y voluminosos contiene la moto. Y que, además, genera una serie de esfuerzos de reacción al entregar la potencia al sistema de transmisión de la moto.

Las opciones consideradas para la ubicación del sistema motor en la moto son:

- En el chasis. (Esquemático en el boceto situado a la izquierda en la ilustración 10)
- En el basculante. (Esquemático en el boceto situado a la derecha en la ilustración 10)

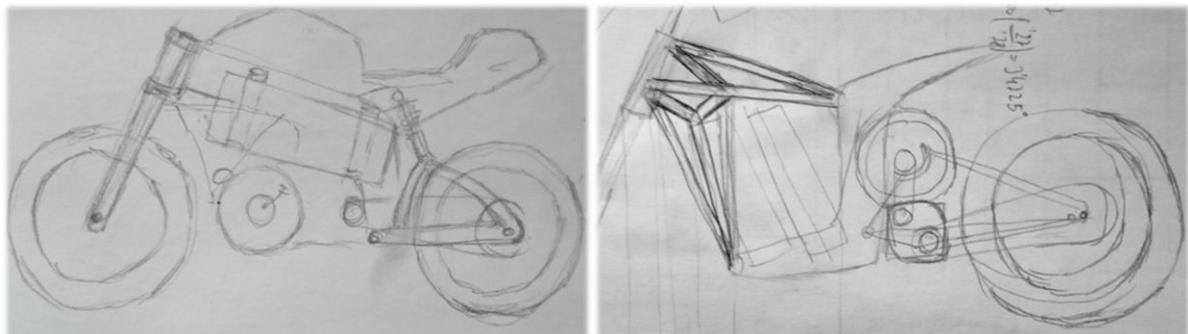


Ilustración 10: Bocetos ilustrativos: Izq.: (motor + caja de cambios en chasis), Der.: (sistema motor en basculante).

Y para evaluar cuál es la opción más conveniente, aplico una metodología cuantitativa, teniendo en cuenta una serie de características deseadas, ponderadas porcentualmente según la importancia de cada una respecto a las demás.

En la siguiente tabla se indica qué opción cumple cada característica deseada.

CARACTERÍSTICA DESEADA	VALOR %	UBICACIÓN EN EL BASCULANTE	UBICACIÓN EN EL CHASIS
A. MEJOR CONTROL DE LAS REACCIONES DE LA CADENA EN ACELERACIÓN	10	CUMPLE	0
B. MEJOR CONTROL DEL EFECTO "SQUAT". [Ver Anexos: 2.4.2]	20	CUMPLE	0
C. PERDIDAS MECÁNICAS MENORES	5	CUMPLE	0
D. MEJOR CENTRADO DE MASAS	20	0	CUMPLE
E. SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN TRASERO MÁS SIMPLE	15	0	CUMPLE
F. MENOR ALTURA DE POSICIONADO	20	0	CUMPLE
G. MAYOR SIMPLICIDAD DE IMPLANTACIÓN	10	0	CUMPLE

Tabla 1: Selección del emplazamiento del sistema motor.

A continuación, se calcula la puntuación obtenida a partir de las características cumplidas por cada opción de ubicación.

$$\mathbf{CUMPLE = 1 :}$$

$$\% \text{ Ubicación en el Basculante} = \%A + \%B + \%C = 10\% + 20\% + 5\% = \mathbf{35\%}$$

$$\% \text{ Ubicación en el Chasis} = \%D + \%E + \%F + \%G = 20\% + 15\% + 20\% + 10\% = \mathbf{65\%}$$

El resultado ha sido de 65% a favor de la ubicación del sistema motor en el chasis.

Y como consecuencia, se establece la siguiente especificación del tercer grupo:

- El sistema motor debe instalarse en el chasis, y éste debe ser capaz de albergarlo y sostenerlo y sujetarlo adecuadamente. [E3.1]

1.5.3.2. Estudio de la funcionalidad de la caja de cambios.

La caja de cambios ofrece distintas relaciones de transmisión desde el motor hasta la rueda motriz para sacar el mayor provecho del sistema propulsor del vehículo que la incorpore.

Al tener un propulsor eléctrico en la moto, la instalación de una caja de cambios conlleva una serie de ventajas y desventajas frente a la transmisión directa del eje del motor a la rueda motriz. Para evaluar cuál es la opción más conveniente, aplico una metodología cuantitativa, teniendo en cuenta una serie de características deseadas, ponderadas porcentualmente según la importancia de cada una respecto a las demás.

CARACTERÍSTICA DESEADA	VALOR %	CAJA DE CAMBIOS	TRANSMISIÓN DIRECTA
A. ACELERACIÓN (MAYOR)	20	CUMPLE	0
B. VELOCIDAD PUNTA (MAYOR)	20	CUMPLE	0
C. PERDIDAS MECÁNICAS (MENOR)	5	0	CUMPLE
D. PESO (MENOR)	10	0	CUMPLE
E. DIFICULTAD DE DISEÑO (MENOR)	15	0	CUMPLE
F. FIABILIDAD (MAYOR)	6	0	CUMPLE
G. OCUPACIÓN DE VOLUMEN DE BATERÍAS (MENOR)	18	0	CUMPLE
H. COSTE (MENOR)	6	0	CUMPLE

Tabla 2: Evaluación de la instalación de una caja de cambios.

A continuación, se calcula la puntuación obtenida a partir de las características cumplidas por cada opción de ubicación.

$$\mathbf{CUMPLE = 1 :}$$

$$\% \text{ Caja de cambios} = \%A + \%B = 20\% + 20\% = \mathbf{40\%}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Transmisión directa} &= \%C + \%D + \%E + \%F + \%G + \%H \\ &= 5\% + 10\% + 15\% + 6\% + 18\% + 6\% = \mathbf{60\%} \end{aligned}$$

El resultado ha sido de 60% a favor del sistema de transmisión directa.

Y como consecuencia, se establece la nueva restricción del tercer grupo:

- El chasis debe adecuarse para la instalación de un sistema de transmisión directa del eje del motor a la rueda trasera. Con relación de transmisión constante. **[E3.2]**

1.5.4. Primer modelo conceptual: chasis modular de aluminio mecanizado.

1.5.4.1. Motivación:

- Lograr un chasis ligero a partir del empleo de aluminio mecanizado a modo de obtener las mejores prestaciones posibles en la relación al peso. (Especificación **[E2.5]**)
- Lograr un chasis modular para poder tener distintas piezas intercambiables que permitan configurar distintas geometrías en la parte de ciclo de la moto.

1.5.4.2. Descripción

Este concepto de chasis consta de dos "placas" paralelas de aluminio mecanizado, unidas entre sí mediante un soporte central (que actúa a la vez de soporte para el motor y baterías), un sub-chasis frontal desmontable donde para instalar el sistema de dirección y un sub-chasis trasero desmontable donde se encuentra el asiento de la moto.

El concepto del soporte de motor desmontable se da para poder montar y desmontar el motor más cómodamente en la moto, encajando el conjunto (motor + soporte) de arriba a abajo, por la parte superior de la moto, en su posición.

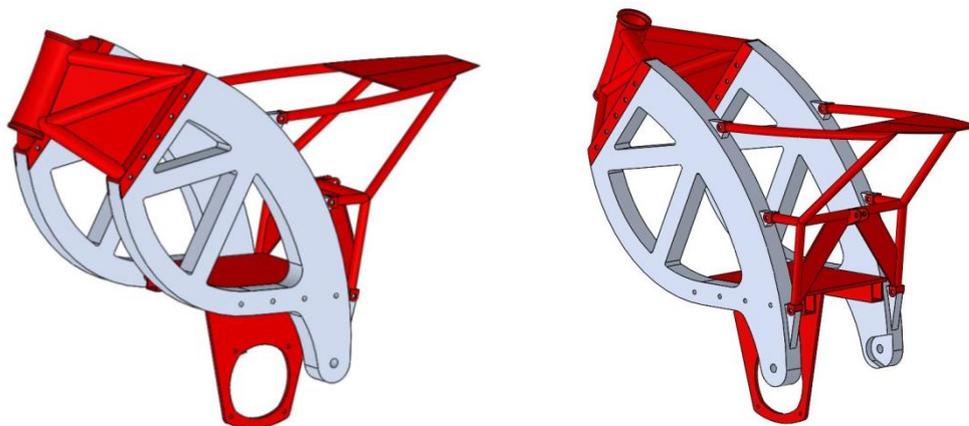
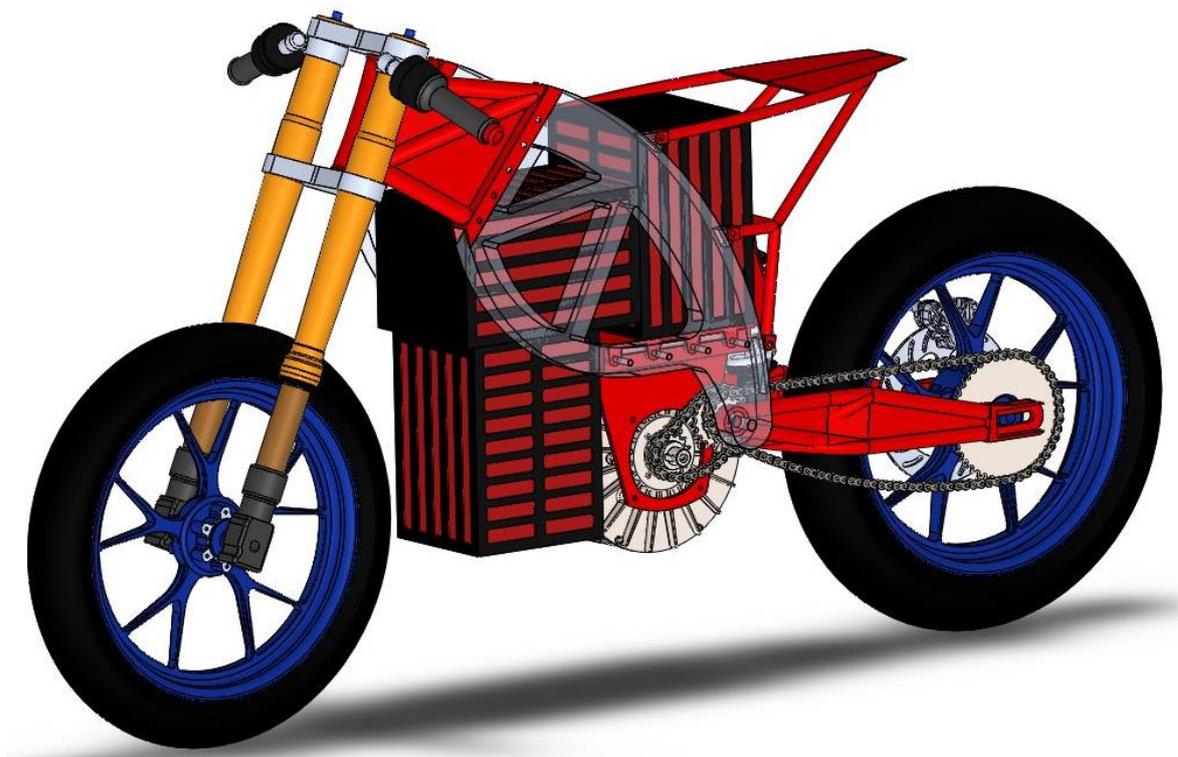


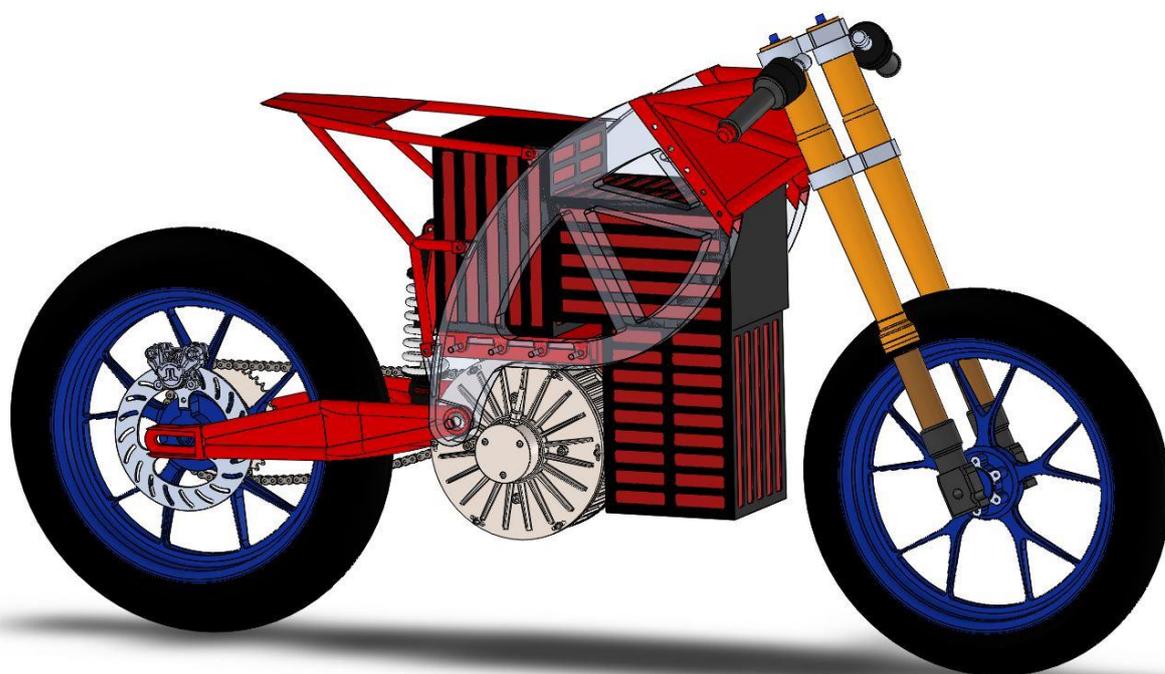
Ilustración 11: Conjunto Chasis mecanizado.

Y en cuanto al sistema de transmisión en este modelo conceptual, opté por insertar un sistema de transmisión con relación de marcha constante, pero con una doble etapa de desmultiplicación. Esto significa tener una primera etapa de desmultiplicación que va del eje del motor a un sistema compuesto por dos piñones que giran solidariamente y se sitúan estratégicamente en el eje del basculante.

Como no se conocía el volumen necesario para albergar el tamaño de las baterías, hice una estimación a partir los datos de consumos del motor. Esta estimación y los cálculos realizados los adjunto en los anexos, [Ver anexos, apartado 2.3.1].



Il·lustració 12: Vista lateral izquierdo del concepto de moto con chasis aluminio mecanizado.



Il·lustració 13: Vista lateral derecho del concepto de moto con chasis aluminio mecanizado.

En la ilustración 14 se observan las cotas generales de la moto en conjunto, teniendo esta versión de chasis montada y los sistemas de amortiguación en su máxima extensión:

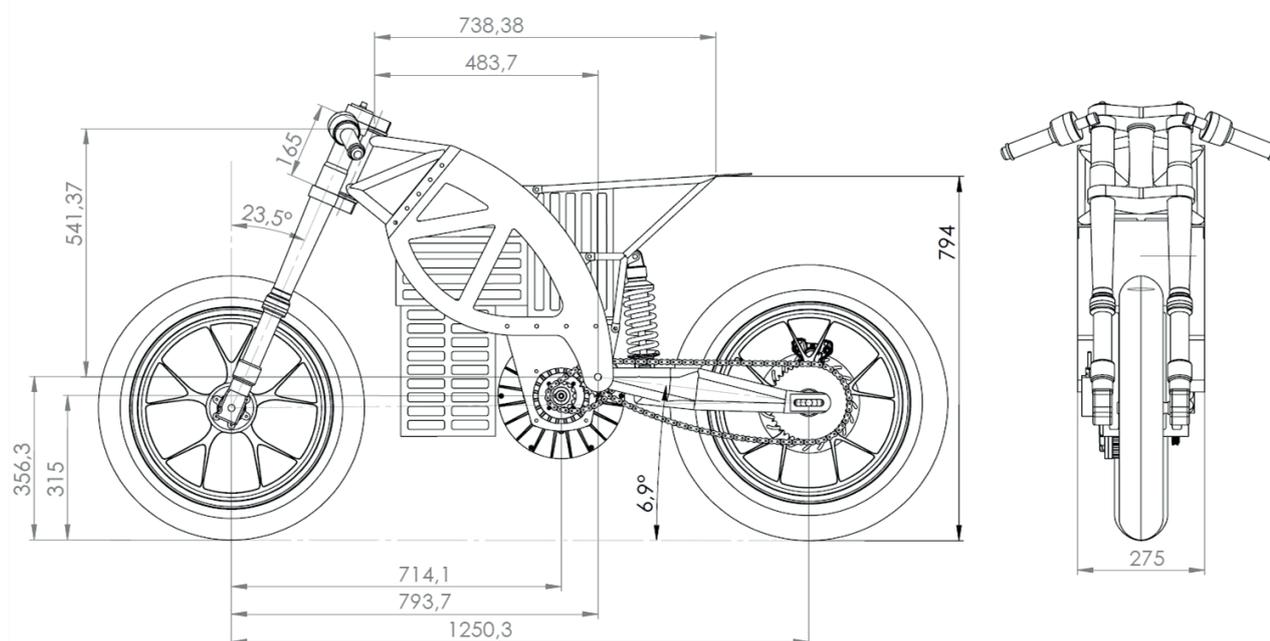


Ilustración 14: Cotas generales del concepto de moto con chasis aluminio mecanizado.

RESUMEN DEL DISEÑO	
VERSIÓN DEL MODELADO	1ª
TIPO DE CHASIS:	Aluminio mecanizado + sub-chasis frontal y trasero fabricados con tubo redondo y chapa de acero
TIPO DE COHESION DEL CHASIS	Unión mecánica
SUBCHASIS TRASERO	Desmontable
ANCLAJE DEL MOTOR	En soporte desmontable.
INFORMACIÓN SOBRE EL ACUMULADOR	Estimada
ANCLAJE / APOYO ACUMULADOR	Con soporte auxiliar (no definido) y apoyado sobre el soporte del motor
CONSIDERACIÓN ERGONOMÍA PILOTO	No
SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN TRASERO	Progresión directa (PDS). [Ver anexos, apartado 2.5.1]
TRANSMISIÓN	Doble etapa, con relación de transmisión constante.
CONSIDERACIÓN DEL EFECTO SQUAT	No

Tabla 3: Resumen del diseño del primer modelo conceptual de chasis.

1.5.4.3. Análisis del modelo conceptual durante su realización:

PRESTACIONES Y EFECTOS POSITIVOS

Al ser un chasis compuesto por distintos elementos desmontables, se pueden crear variantes de los mismos y tener múltiples configuraciones geométricas en la motocicleta para variar su comportamiento en pista sin requerir una inversión elevada en dinero ni tiempo.

El sistema de doble etapa de transmisión permite la utilización de coronas de menor diámetro y posee la ventaja de suprimir las tensiones y distensiones debidas al movimiento del basculante. Por otro lado, permite situar el eje de salida de potencia del motor en una posición inferior y con ello bajar el centro de gravedad de la moto

Tabla 4: Prestaciones y efectos positivos del primer modelo conceptual de chasis.

DEFECTOS Y DÉFICITS MEJORABLES

Complejidad en el diseño óptimo del vaciado de las placas de aluminio. Ya que en esta parte del proyecto no se tienen claras las exigencias mecánicas que va a tener que soportar el chasis por falta de información concisa de los elementos finales que va a montar la moto.

Elevado coste de fabricación de las piezas mecanizadas que puede suponer un fracaso en la fabricación del chasis de no ser asumible por el equipo.

Elevado número de componentes unidos entre sí puede ocasionar la aparición de holguras con el uso. Esto crea un conflicto con la especificación de diseño **[E2.1]**.

inconvenientes del sistema de transmisión de doble etapa:

- Robustez comprometida al generar una zona de concentración de tensiones y esfuerzos donde se unen los esfuerzos generados por la transmisión a los generados por la unión mecánica del basculante
- Aporta una complicación adicional en el diseño del chasis.
- Comporta una posición descentrada del motor, respecto a la vertical de la moto. Lo cual descentra la masa de la moto hacia un lado.
- No presenta una ventaja comprobada experimentalmente. Por tanto, supone cierto riesgo en cuanto al correcto desempeño de las ventajas buscadas.

El montaje del amortiguador trasero en el sub-chasis puede acarrear desajustes y holguras entre la unión del sub-chasis con las placas mecanizadas.

Debido a la configuración de montaje del chasis (dos planos paralelos unidos entre sí por elementos que restringen su movimiento relativo) podría aparecer un déficit de solidez en la unión mecánica del basculante que sea ineficiente en la absorción de torsiones generadas por el mismo que comprometiera el buen comportamiento de la moto en dichas circunstancias, ya que no se tiene el eje pasante que compacte la unión.

Tabla 5: Defectos y déficits mejorables del primer modelo conceptual de chasis.

1.5.4.4. Conclusiones generadas del análisis del primer modelo conceptual:

Atendiendo los efectos negativos extraídos del análisis opto por abandonar el desarrollo de este concepto de chasis y buscar otra configuración que solvente las deficiencias.

Ésta nueva configuración debe seguir las siguientes especificaciones, definidas para resolver los defectos encontrados en este concepto mediante el análisis realizado:

- La pipa de dirección, por ser una parte clave en la estabilidad y manejo de la motocicleta, debe unirse solidariamente con el chasis. **[E3.3]**
- El chasis debe ser simple de fabricar y analizar **[E3.4]**
- Debe minimizarse el uso de aluminio mecanizado para la fabricación del chasis. **[E3.5]**
- La transmisión debe ser de relación constante y directa, con el eje del motor situado lo más cercano posible al eje del basculante. **[E3.6]**
- Las dos partes laterales del chasis deben estar conectadas sólidamente. **[E3.7]**

1.5.5. Segundo modelo conceptual: chasis tubular de aluminio.

1.5.5.1. Motivación:

Este concepto de chasis lo planteo para ser fabricado con tubulares de aluminio por los siguientes motivos:

- Permite construir una estructura sólida con la simplicidad que tiene un sistema de barras articuladas a nivel de cálculo, diseño y análisis. Ya que la virtud de las estructuras de barras articuladas es que se bastan del mínimo número de elementos para restringir los grados de libertad necesarios.
- Obtener un peso mínimo con la utilización de aluminio frente a otros materiales.

1.5.5.2. Descripción:

Este modelo de chasis está compuesto por una estructura multitubular cerrada envolvente para situar en su interior el acumulador y el motor eléctrico.

El acumulador se situaría apoyado sobre el soporte del motor, que es desmontable y sujeta el motor únicamente por el lado del eje de salida de potencia.

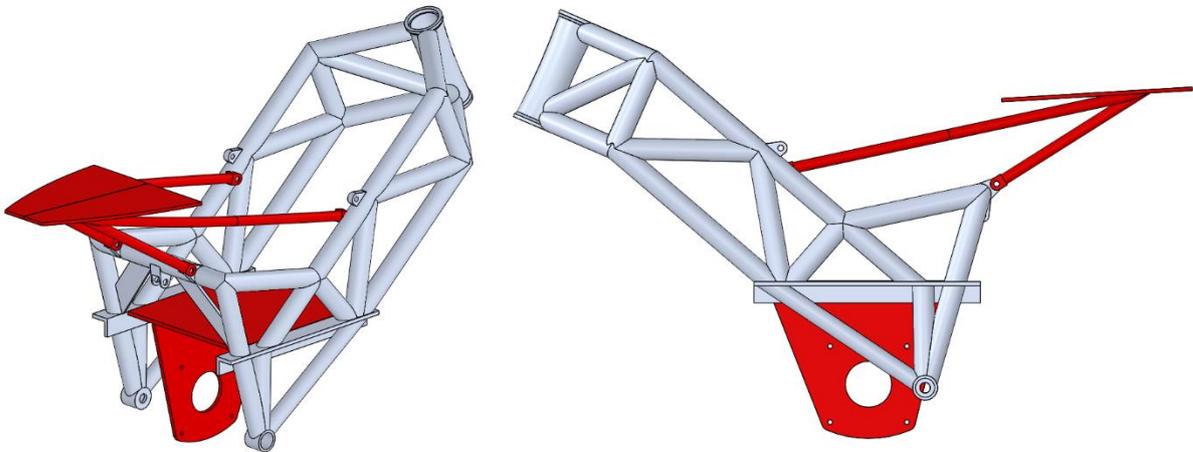


Ilustración 15: Chasis multitubular en aluminio.

Como se puede observar en la ilustración 15, los tubos se cortan en inglete y se unen a tope convergiendo hacia puntos que actúan como nudos teóricos, como si se tratase de una estructura de barras articuladas.

En cuanto al amortiguador trasero y el sistema de dirección, en este modelo van montados en anclajes completamente solidarios con el chasis, para que las cargas y reacciones derivadas de la conducción se transmitan totalmente y sin holguras al resto de componentes de la parte de ciclo y al piloto.

Para realizar el diseño de este chasis, generé una nueva versión de acumulador, unificando en un solo volumen las tres partes que componían el anterior acumulador. [Ver anexos, apartado 2.3.1]

En las ilustraciones 16 y 17 se observan las características descritas:

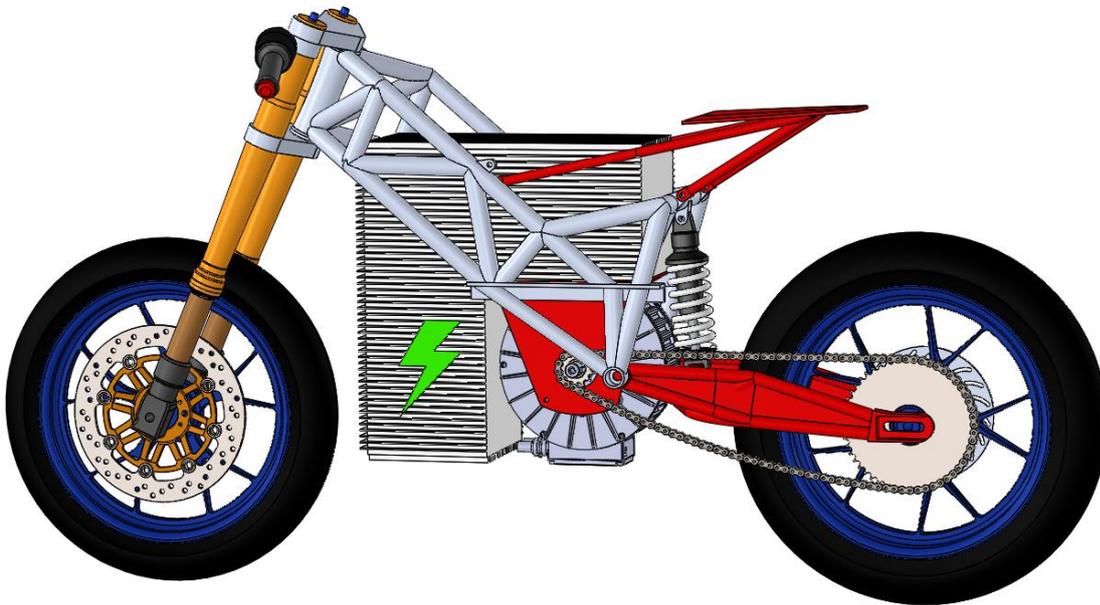


Ilustración 16: Vista lateral izquierdo del concepto de moto con chasis tubular de aluminio.

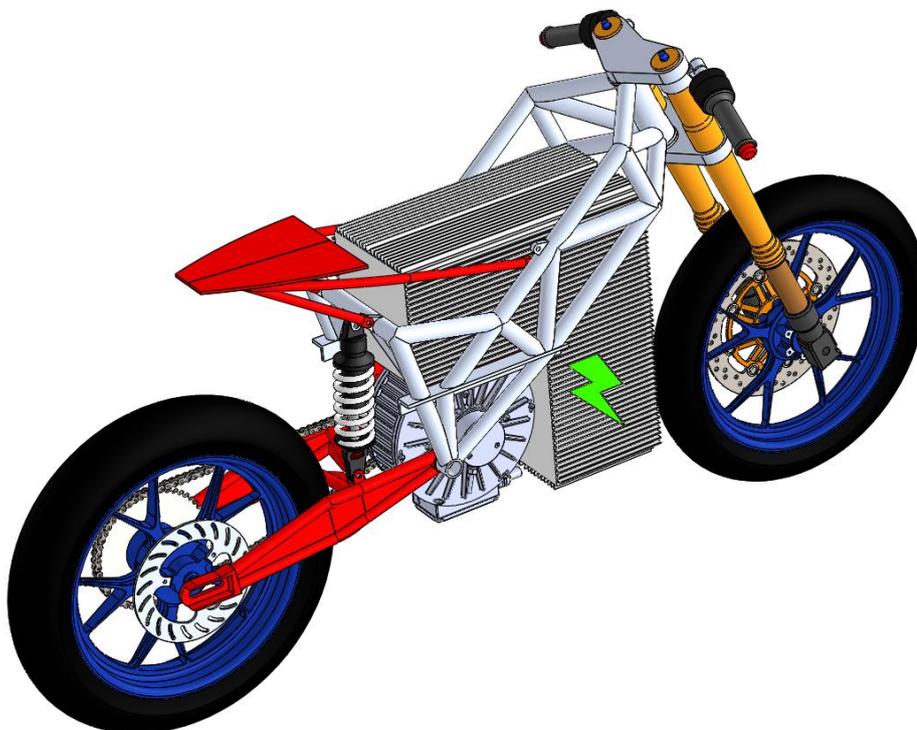


Ilustración 17: lateral derecho del concepto de moto con chasis tubular de aluminio.

En la ilustración 18 se observan las cotas generales de la moto en conjunto, teniendo esta versión de chasis montada y los sistemas de amortiguación en su máxima extensión:

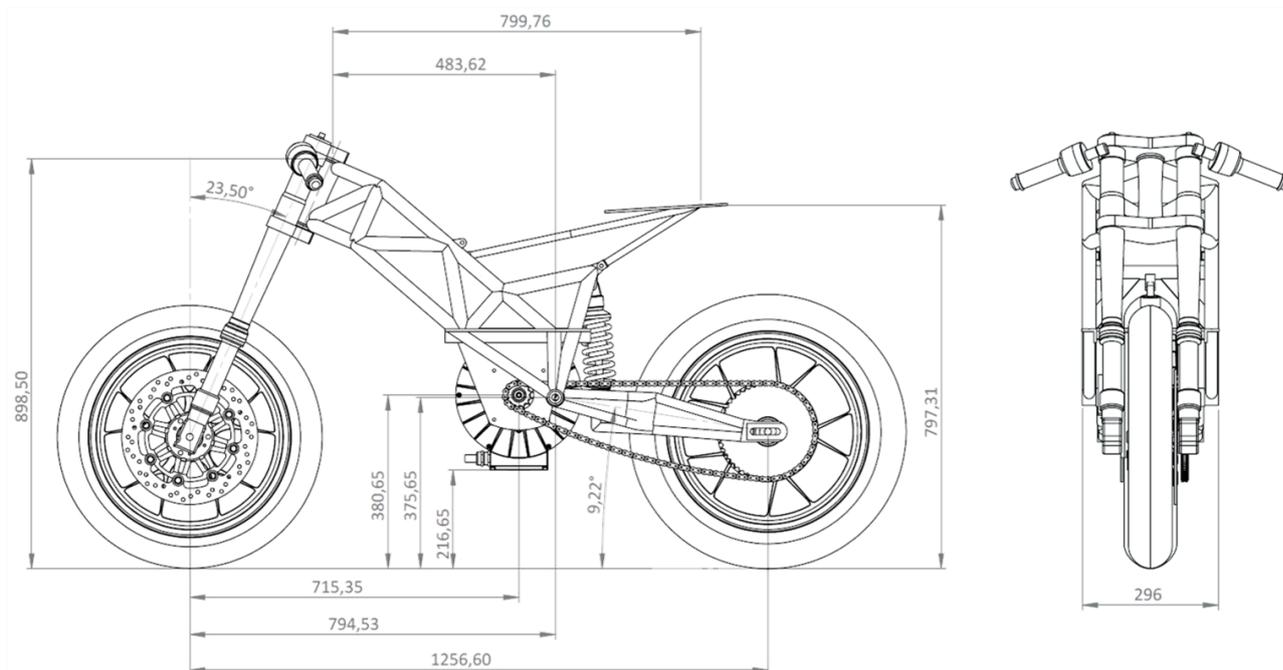


Ilustración 18: Cotas generales del concepto de moto con chasis multitubular de aluminio.

RESUMEN DEL DISEÑO

VERSIÓN DEL MODELADO	2ª
TIPO DE CHASIS:	Tubular de aluminio + sub-chasis trasero fabricados con tubo redondo y chapa de acero
TIPO DE COHESION DEL CHASIS	Uniones soldadas y mecánicas (sub-chasis trasero)
SUBCHASIS TRASERO	Desmontable
ANCLAJE DEL MOTOR	En soporte desmontable.
INFORMACIÓN SOBRE EL ACUMULADOR	Estimada (Versión 2)
ANCLAJE / APOYO ACUMULADOR	Con soporte auxiliar (no definido) y apoyado sobre el soporte del motor
CONSIDERACIÓN ERGONOMÍA PILOTO	No
SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN TRASERO	Progresión directa(PDS). [Ver anexos, apartado 2.5.1].
TRANSMISIÓN	Directa, con relación de transmisión constante
CONSIDERACIÓN DEL EFECTO SQUAT	No

Tabla 6: Resumen del diseño del segundo modelo conceptual de chasis.

1.5.5.3. Análisis del modelo conceptual durante su realización:

PRESTACIONES Y EFECTOS POSITIVOS

Con la configuración tubular se consigue tener un chasis mucho más sencillo en cuanto a diseño, análisis y fabricación, ya que esta configuración se caracteriza por emplear una cantidad mínima de elementos para conseguir una estructura que restrinja los grados de libertad relativa entre las distintas partes que une.

Al emplear aluminio en la fabricación se puede conseguir un chasis más ligero que con acero.

Tabla 7: Prestaciones y efectos positivos del segundo modelo conceptual de chasis.

DEFECTOS Y DÉFICITS MEJORABLES

El equipo tiene dificultades para encontrar aluminio con propiedades físicas adecuadas para este diseño en formato tubular.

El equipo no dispone de medios suficientes para poder fabricar un chasis mediante el método de soldadura de aluminio, ya que esto requiere un equipo de soldadura TIG y unos tratamientos térmicos posteriores para aliviar las tensiones generadas por la soldadura. Y de no ser tratado adecuadamente, existe la posibilidad de tener imperfecciones geométricas a causa de las tensiones internas.

El elevado número de tubos cortados comportan la realización de un elevado número de uniones soldadas. Esto no es deseable, ya que aumenta el coste, empeora el acabado y modifica la estructura interna del material, alterando sus propiedades físicas.

Que el soporte del motor vaya anclado entre las dos caras internas del chasis exige unas tolerancias de fabricación muy ajustadas. Y de no ser conseguidas, dificultarían su montaje y desmontaje.

El canto que se observa en la siguiente ilustración podría provocar una lesión al piloto en caso de atrapamiento debido a una caída accidental:

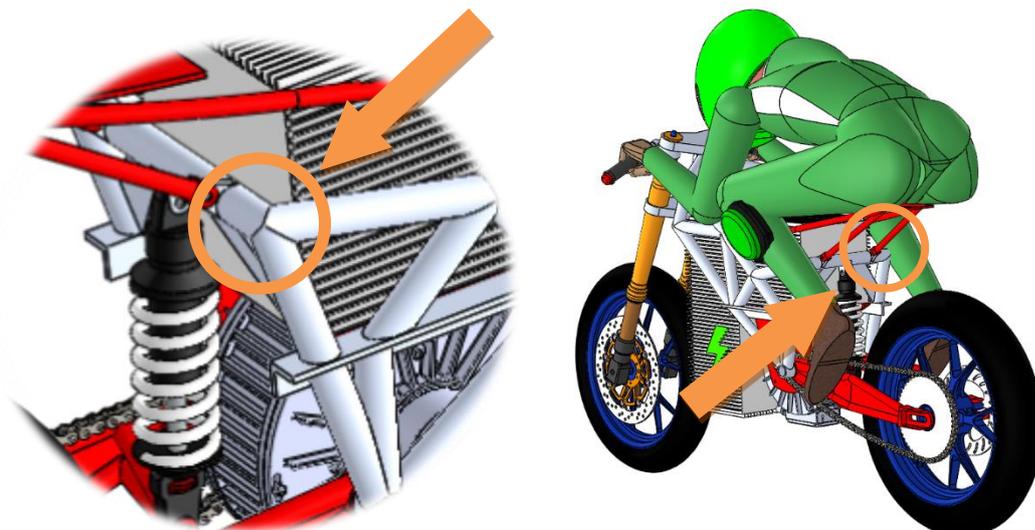


Ilustración 20 Detalle del canto peligroso para el piloto en el chasis tubular de aluminio.

Tabla 8: Defectos y déficits mejorables del segundo modelo conceptual de chasis.

1.5.5.4. Conclusiones generadas del análisis del segundo modelo conceptual:

Atendiendo al análisis realizado sobre este modelo conceptual genero las siguientes especificaciones para evitar los defectos encontrados en este concepto:

- El chasis no debe fabricarse con tubulares de aluminio. **[E3.8]**
- El chasis no debe tener aristas que puedan ocasionar lesiones al piloto en caso de caída accidental. **[E3.9]**
- Debe emplearse el menor número posible de tubos cortados. **[E3.10]**
- El soporte del motor no debe unirse mediante fijaciones mecánicas entre las dos caras internas del chasis. **[E3.11]**

1.5.6. Tercer modelo conceptual: chasis tubular de acero, versión 1.

1.5.6.1. Motivación:

En este modelo conceptual pretendo corregir o mejorar los siguientes puntos:

- Evitar las dificultades que conlleva el empleo de tubulares de aluminio.
- Reducir el número de tubos y las operaciones de soldadura a realizar
- Eliminar elementos peligrosos para el piloto
- Realizar un sistema para el anclaje del soporte de motor que no requiera ajustes excesivamente finos.

1.5.6.2. Descripción:

Este modelo de chasis, al igual que el de la anterior versión, es de tipo multitubular. Pero tiene una serie de características que lo diferencian del anterior y lo hacen mejor. En aspectos de fabricación, líneas estéticas y comportamiento.

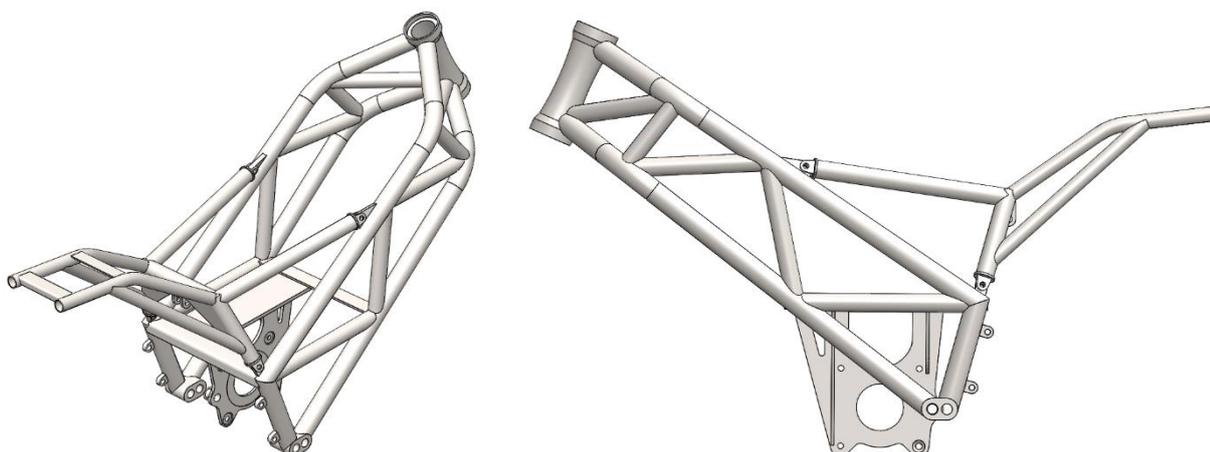


Ilustración 21: Chasis multitubular de acero V1.

En la ilustración 21 se puede observar que en esta versión se han reducido significativamente el número de tubos del chasis.

Para el caso de este concepto, el material de fabricación sería el acero S355J2G3 // 1.0577, que por su composición química ofrece una buena maleabilidad, soldabilidad y resistencia. Por lo que permite realizar curvados, lo cual hace posible reducir el número de tubos y cordones de soldadura al eliminar uniones angulares. Además, nos lo proporciona un patrocinador sin ningún tipo de coste.

Otra diferencia respecto al anterior modelo, es que la “conexión” entre el eje del basculante y la pipa de dirección es directa a través de los dos tubos curvados inferiores que van de una parte a otra sin tener uniones soldadas. Lo cual favorece a la robustez mecánica del chasis al eliminar posibles defectos que podrían darse en operaciones de soldeo.



El soporte del motor, en este nuevo modelo conceptual, descansa sobre dos travesaños unidos solidariamente al chasis, realizados en chapa plegada de acero. Esta novedad ofrece las siguientes mejoras:

- Rigidiza el chasis en su parte inferior-trasera, la cual está muy solicitada mecánicamente al ser el punto de unión entre el chasis y el basculante. Esto es importante, debido a la situación del motor, que interfiere en el eje de rotación del basculante, no permite tener un eje pasado que cierre rígidamente la unión, lo cual propicia un peor reparto, absorción y transmisión de esfuerzos torsionales del basculante al chasis; a diferencia de una unión con eje pasante.
- Asegura la distancia interior entre tubos del chasis en la fabricación.
- Ofrece un apoyo solidario con el chasis, tanto para el soporte del motor, como para el acumulador.

Por otra parte, el sub-chasis trasero, que tiene la función de asiento para el piloto y de anclaje del amortiguador trasero, está pensado para poder ser montado y desmontado del chasis para encerrar y liberar, respectivamente, el acumulador. A su vez, en el rediseño eliminé el peligroso canto que había en la parte trasera del chasis en la anterior versión conceptual.

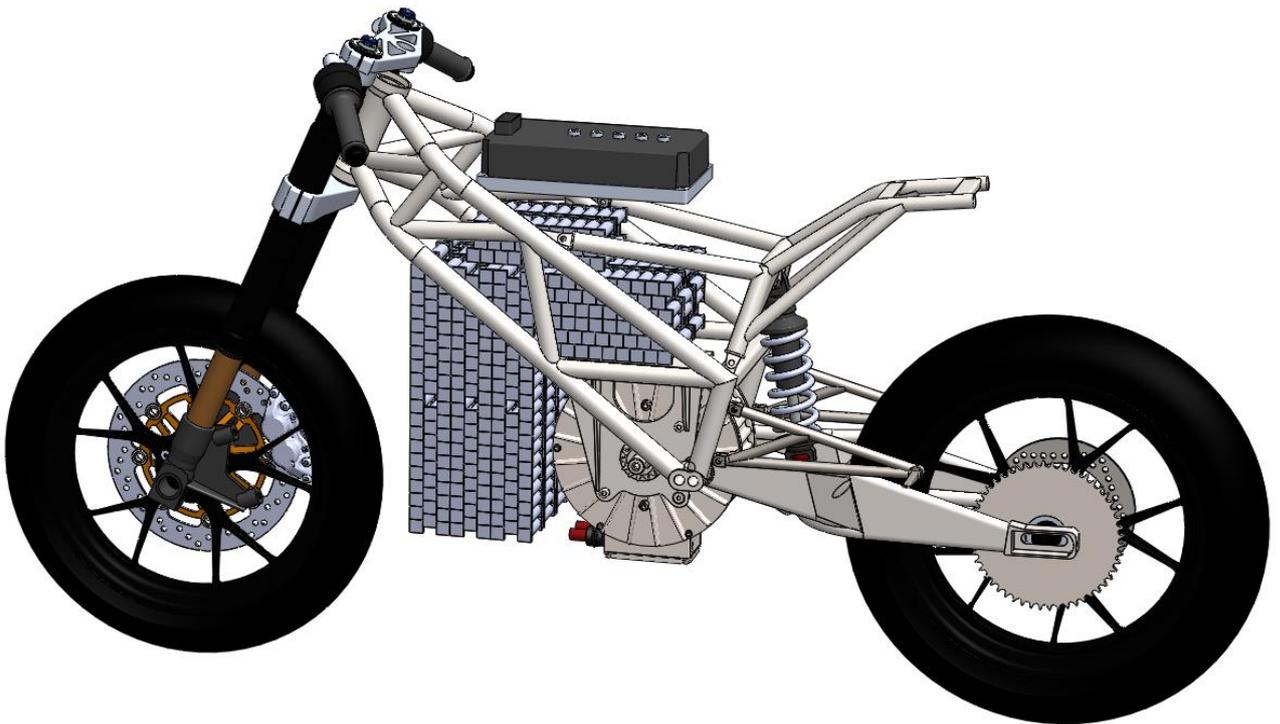


Ilustración 22: Vista lateral izquierdo del concepto de moto con la primera versión de chasis tubular de acero.

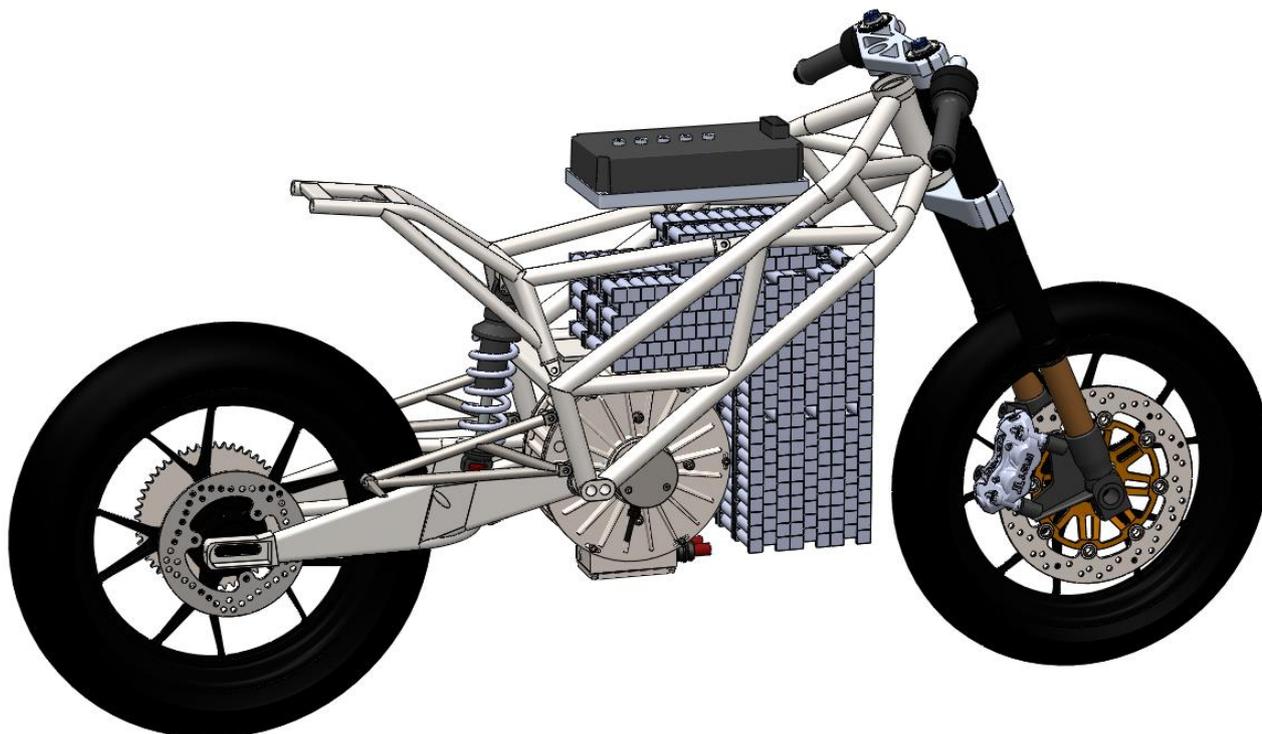


Ilustración 23: Vista lateral derecho del concepto de moto con la primera versión de chasis tubular de acero.

En las ilustraciones 22 y 23 se puede observar la primera versión del acumulador desarrollado por el grupo de trabajo encargado del sistema eléctrico.

Cabe señalar también que este concepto de chasis consta de una regulación en el punto de anclaje del basculante con el chasis, que permite dos posiciones para aumentar o disminuir la distancia entre ejes de la moto. (Ver ilustración 24).

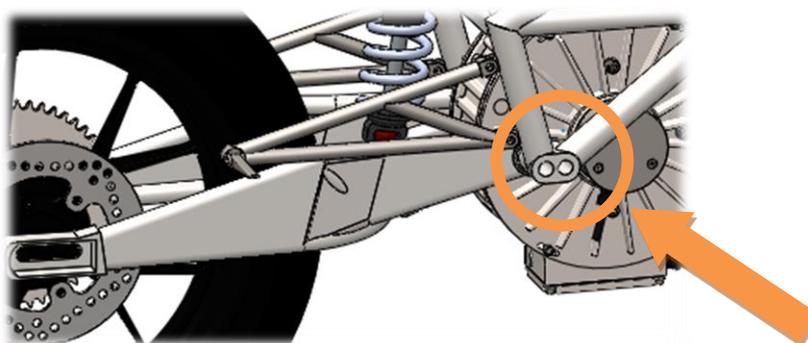


Ilustración 24: Detalle del anclaje del basculante regulable en posición.

En la ilustración 25 se observan las cotas generales de la moto en conjunto, teniendo esta versión de chasis montada y los sistemas de amortiguación en su máxima extensión:

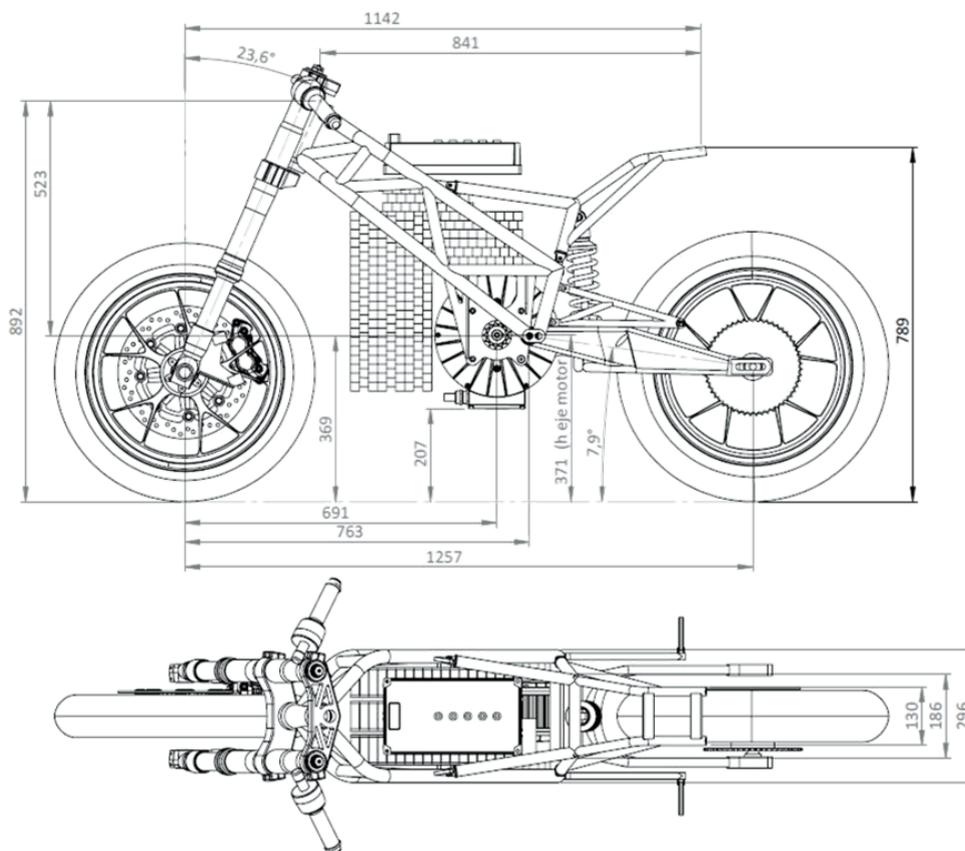


Ilustración 25: Cotas generales del concepto de moto con chasis multitubular de acero V1.

RESUMEN DEL DISEÑO

VERSIÓN DEL MODELADO	3ª
TIPO DE CHASIS:	Multitubular de acero
TIPO DE COHESION DEL CHASIS	Uniones soldadas y mecánicas (sub-chasis trasero)
SUBCHASIS TRASERO	Desmontable
ANCLAJE DEL MOTOR	En soporte desmontable anclado al chasis.
INFORMACIÓN SOBRE EL ACUMULADOR	Calculada (1ª Versión realizada por el grupo encargado del sistema eléctrico).
ANCLAJE / APOYO ACUMULADOR	Encajado en el chasis y apoyado sobre los travesaños de acero que forman parte del chasis
CONSIDERACIÓN ERGONOMÍA PILOTO	Si
SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN TRASERO	Progresión directa(PDS). [Ver anexos, apartado 2.5.1].
TRANSMISIÓN	Directa, con relación de transmisión constante
CONSIDERACIÓN DEL EFECTO SQUAT	No

Tabla 9: Resumen del diseño del modelo conceptual de tercer modelo conceptual de chasis.

1.5.6.3. Análisis del modelo conceptual durante su realización:

En esta fase del diseño hago por primera vez la comprobación de la especificación [E1.5], que consiste en que la parte más baja de la moto debe tener una distancia mínima libre del suelo de 110mm en cualquier estado de compresión del sistema de amortiguación.

Se conoce el recorrido máximo del amortiguador (50mm), proporcionado por un patrocinador, y de las horquillas elegidas (115mm útiles). Y con ello se analiza la variación de la distancia libre al suelo de la parte más baja de la moto, que en el caso de nuestra moto es el motor, a medida que se comprimen ambos elementos.

En la ilustración 26 se puede observar con detalle el análisis realizado:

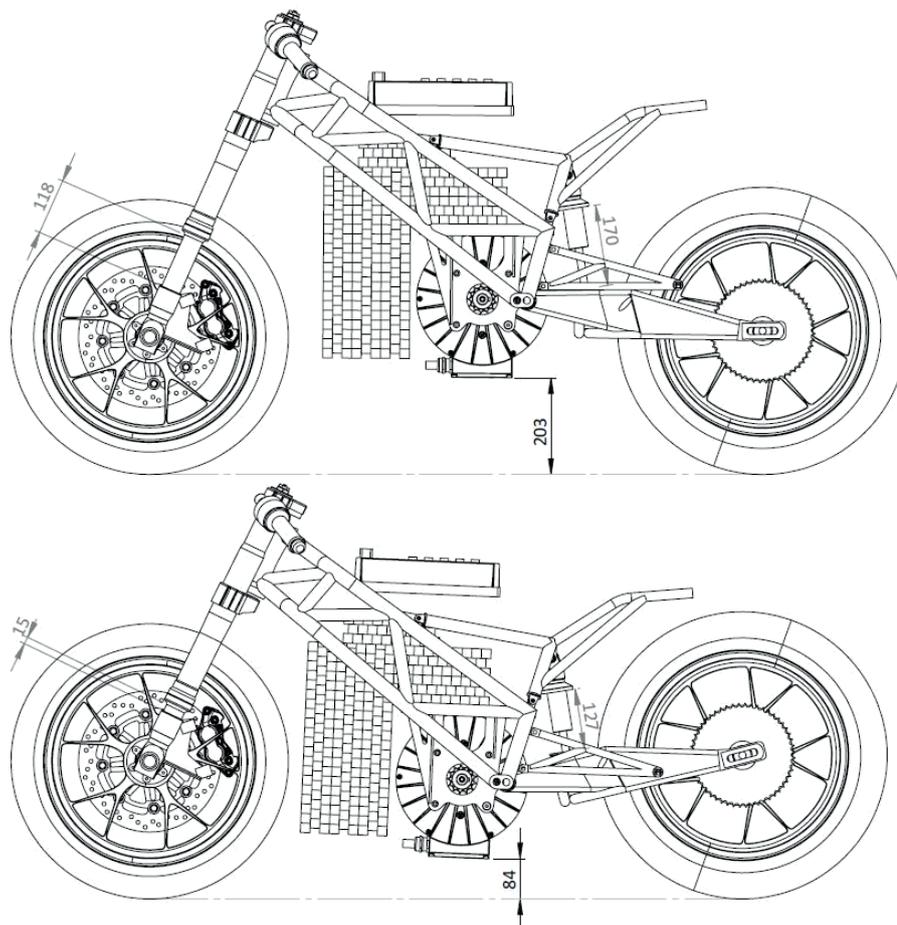


Ilustración 26: Ilustración gráfica del análisis de compresión.

En la ilustración 26 se observa que con una compresión inferior al 100% del total (103mm/115mm en la horquilla y 43mm/50mm en el amortiguador trasero), el punto más bajo de la moto se encuentra a una distancia de 84mm del suelo, por debajo de los 110 reglamentarios, por tanto, con esta configuración no se cumple esta especificación.



A continuación, se recogen las prestaciones y efectos positivos que se encuentran en este modelo conceptual, así como los defectos y déficits mejorables:

PRESTACIONES Y EFECTOS POSITIVOS

Los travesaños incorporados en el interior del chasis en esta versión del modelo mejoran la rigidez y el éxito en la fabricación del chasis, así como la sujeción y apoyo del acumulador y el motor.



Ilustración 27: Detalle travesaños centrales chasis acero V1.

Esta versión del modelo de chasis es completamente segura para el piloto, ya que se han eliminado los cantos que podían causar lesiones en caso de caída.

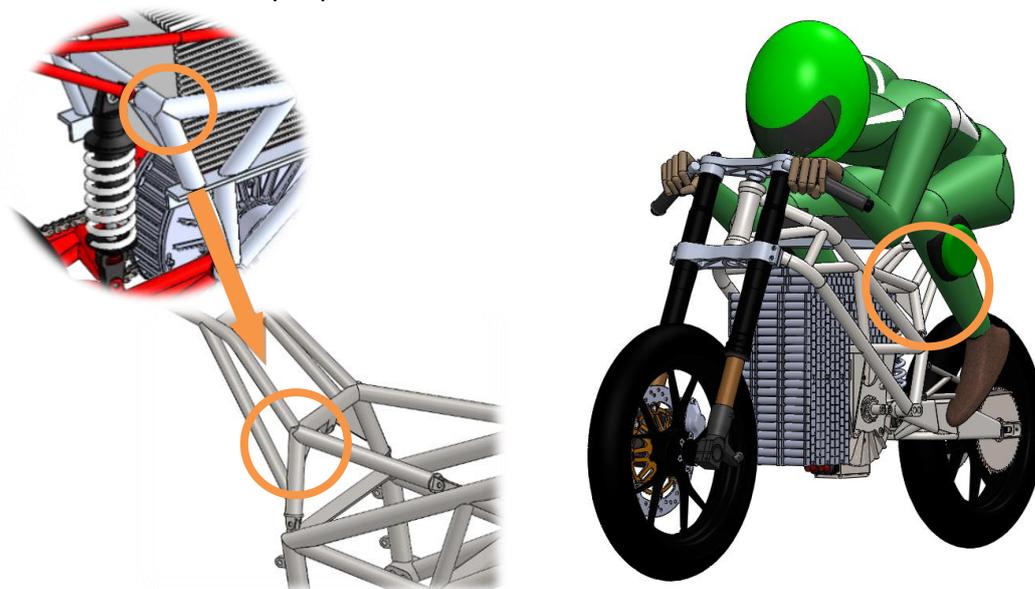


Ilustración 28: Detalle del canto peligroso para el piloto suprimido.

Se han reducido considerablemente el número de elementos y operaciones de soldeo en la fabricación.

El eje del basculante dispone de dos puntos para ser montado en esta versión de chasis, lo cual permite regular la distancia entre ejes y ajustarla en función del comportamiento buscado en la moto, mayor para mejor estabilidad y menor para mayor agilidad.

La forma del sub-chasis trasero impide que el acumulador pueda salirse por la parte superior de la moto en caso de caída y volteo.

Tabla 10: Prestaciones y efectos positivos del tercer modelo conceptual de chasis.

DEFECTOS Y DÉFICITS MEJORABLES

La configuración del sub-chasis trasero complica la rápida extracción del acumulador. Debido a que habría que sostener desde la parte central la moto para que no se desplome al desmontar el amortiguador trasero, ya que éste está anclado al sub-chasis, el cual es necesario desmontar para acceder al acumulador.

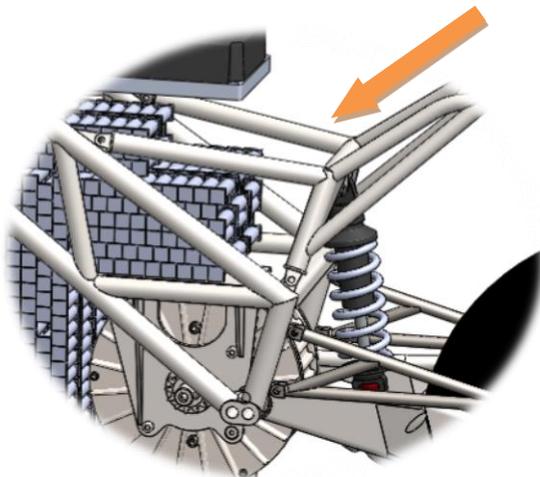


Ilustración 29: Detalle de la parte trasera del chasis tubular de acero V1.

El sistema de amortiguación trasero no cumple la especificación de diseño **[E1.5]**, por lo que hay que buscar una alternativa que si lo haga.

Los anclajes del sub-chasis trasero al chasis y el doble anclaje del eje del basculante, suponen complicaciones en el diseño y que pueden complicar su utilidad práctica, con holguras, desalineamiento y posibles desajustes de no fabricarse con elevada precisión.

Hay excesivo espacio desaprovechado en el vano habilitado para el acumulador, que podría reducirse para hacer más compacta la moto.

Tabla 11: Defectos y déficits mejorables del tercer modelo conceptual de chasis.

1.5.6.4. Conclusiones generadas del análisis del tercer modelo conceptual:

Atendiendo al análisis realizado sobre este modelo conceptual genero las siguientes especificaciones para evitar los defectos encontrados en este concepto:

- El amortiguador trasero debe anclarse directamente sobre el chasis, o al menos, no sobre elementos susceptibles de ser desmontados para poder acceder al acumulador. **[E3.12]**
- El chasis debe ajustarse lo máximo posible al tamaño del acumulador. **[E3.13]**
- Los elementos que se unan al chasis, deben tener uniones simples y con poco margen de error en su implantación y desempeño. **[E3.14]**
- Debe explorarse un sistema de amortiguación trasero que evite el excesivo descenso de la moto en caso de máxima compresión de las suspensiones. **[E3.15]**

1.5.7. Cuarto modelo conceptual: chasis tubular de acero, versión 2.

1.5.7.1. Motivación:

En este modelo conceptual pretendo corregir los defectos y déficits indicados en el análisis de la primera versión del chasis multitubular de acero, con las siguientes tareas:

- Ajustar y ceñir el vano interno del chasis al volumen del acumulador
- Desarrollar un sistema para evitar el descenso excesivo de la moto en el estado de máxima compresión de las suspensiones.
- Desarrollar una solución para el problema del acceso y extracción del acumulador, en el que la moto se pueda mantener de pie descansando sobre las ruedas o los ejes de las mismas. O sea, que el amortiguador trasero se ancle directamente al chasis y no a partes desmontables o al menos susceptibles de ser desmontadas para acceder al acumulador.

1.5.7.2. Descripción:

En la realización de esta versión del modelado se corrigen y mejoran los defectos encontrados en la anterior versión, trabajando conjuntamente con los grupos encargados de desarrollar el acumulador y el carenado para conseguir un compromiso y ajuste fino entre unos componentes y otros.

El modelo de chasis resultante es el siguiente.



Ilustración 30: Chasis multitubular acero V2.

En esta versión de chasis he aplicado los siguientes cambios respecto a la anterior versión:

- Reducción del espacio que queda en el interior de la estructura tubular, donde se ubica el acumulador, con la intención de dejar el mínimo espacio posible para que quede lo más ceñido posible y mejorar la sujeción.

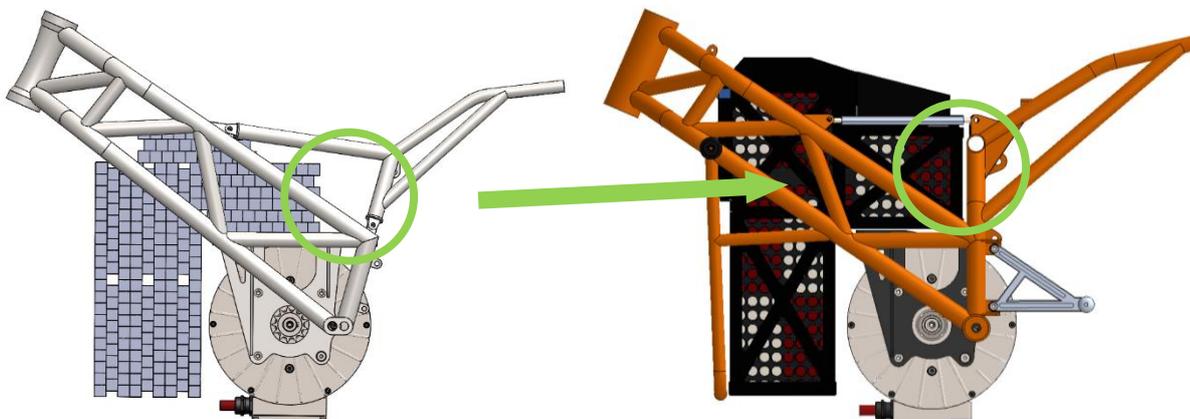


Ilustración 31: Ajuste del espacio dedicado a la ubicación del acumulador.

- Incorporación de un arco en la parte inferior delantera del chasis, que sirva a la vez de anclaje y protección de la parte inferior del acumulador.

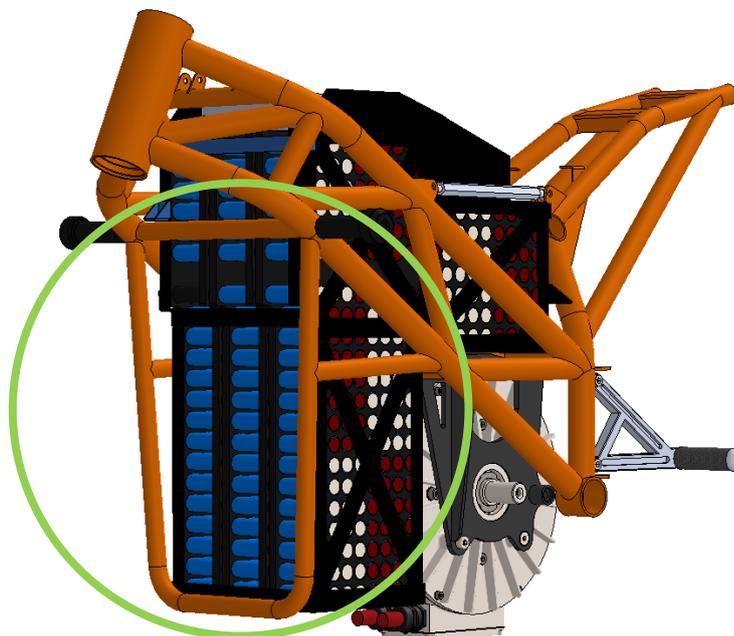


Ilustración 32: Detalle del arco de protección del acumulador.

- Unión solidaria del chasis con el sub-chasis trasero, que ofrece el apoyo para el asiento del piloto.

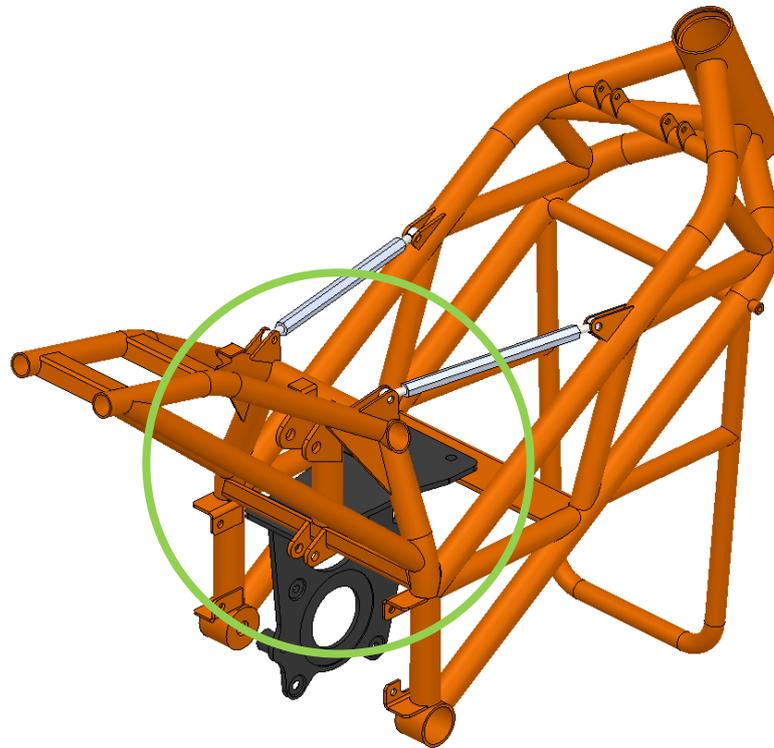


Ilustración 33: Detalle de la unión solidaria del sub-chasis trasero en el chasis multitubular de acero V2.

- Modificación del anclaje del sistema de amortiguación trasero, ya que pasa a incorporar un sistema de biela y balancín en esta versión del modelado de la moto, para poder aprovechar el recorrido íntegro del amortiguador proporcionado por nuestro patrocinador.

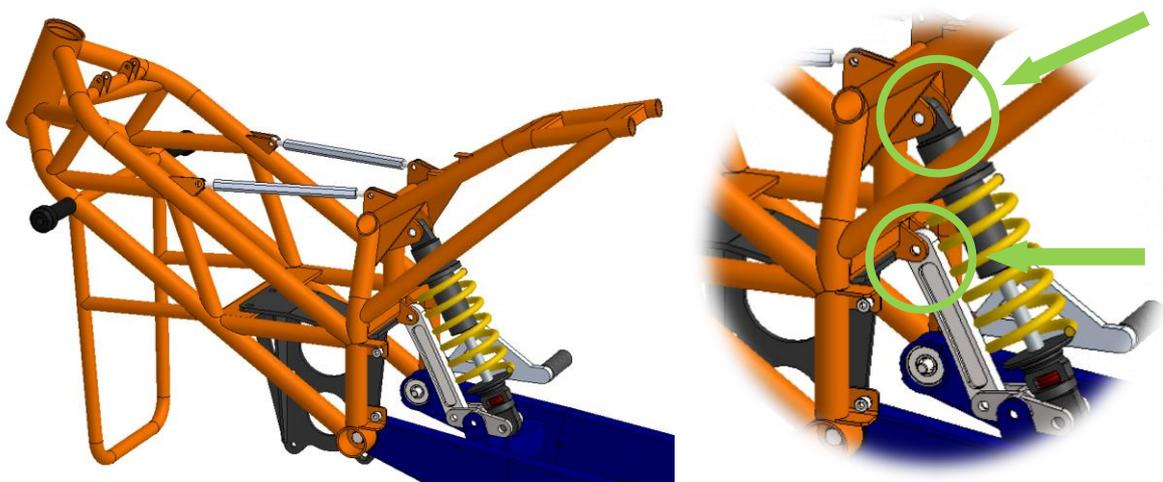


Ilustración 34: Detalle del anclaje del sistema de amortiguación trasero de bieletas.

- Incorporación de una pareja de tirantes para reforzar la parte central-trasera del chasis (evitar que se deforme, por impacto o sobrecarga, el plano trasero del chasis [línea roja en la siguiente ilustración]) y evitar que el bloque de acumulador pueda salirse por la parte superior del chasis en caso de vuelco.

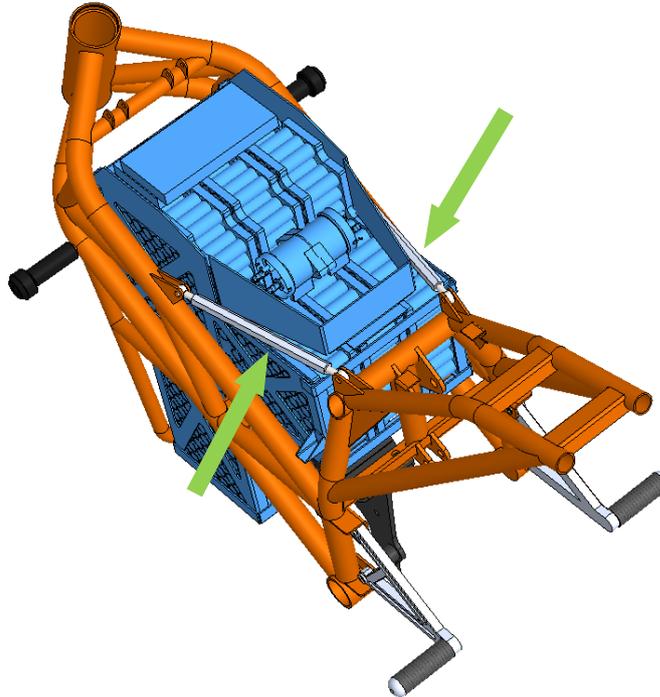


Ilustración 35: Detalle de los tirantes incorporados en el chasis tubular de acero V2.

- Inserción de dos traveseros en el interior de la parte delantera del chasis para rigidizar el tren delantero y evitar que el chasis se comporte como una ballesta cuando se someta la pipa de dirección a esfuerzos longitudinales y verticales (en el sentido de la marcha).

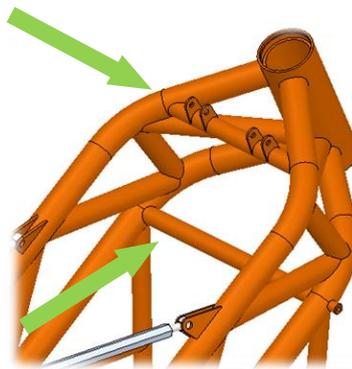


Ilustración 36: Detalle de los tirantes interiores en el modelo de chasis tubular de acero V2.

El soporte del motor sigue siendo desmontable y se ancla igual que la anterior versión.

En resumen, el chasis se ha hecho más compacto, sigue una línea estética más elaborada y se ha rigidizado y reforzado lo máximo posible para que sea capaz de resistir, absorber y transmitir mejor todos los esfuerzos que recibe. Todo esto permite suponer que ofrecerá una mejor respuesta en el pilotaje y una mayor lectura del comportamiento de la moto por el piloto. Lo cual favorecería la conducción exigente a la que se va a someter la moto.

La moto en conjunto, con esta versión de chasis, queda de la siguiente manera:

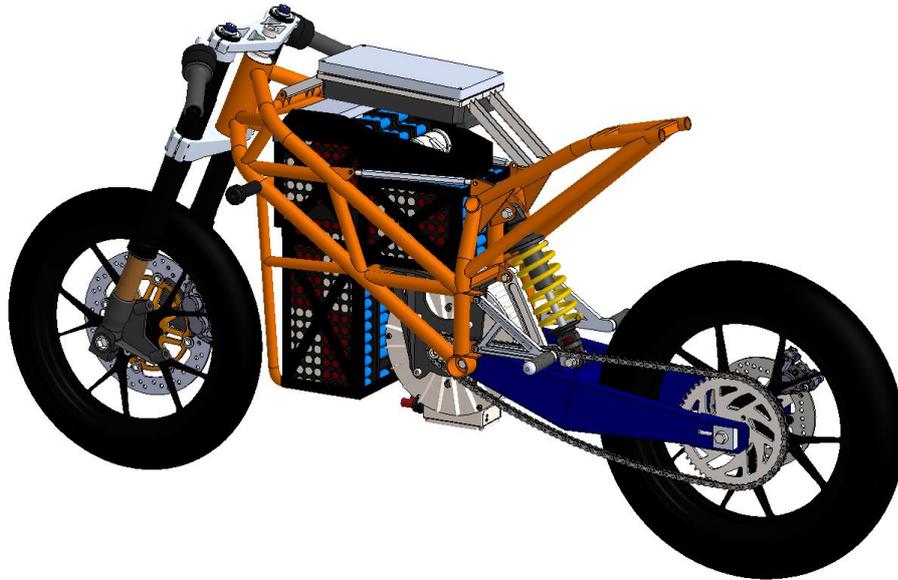


Ilustración 37: Vista lateral izquierdo del concepto de moto con la segunda versión de chasis tubular de acero.

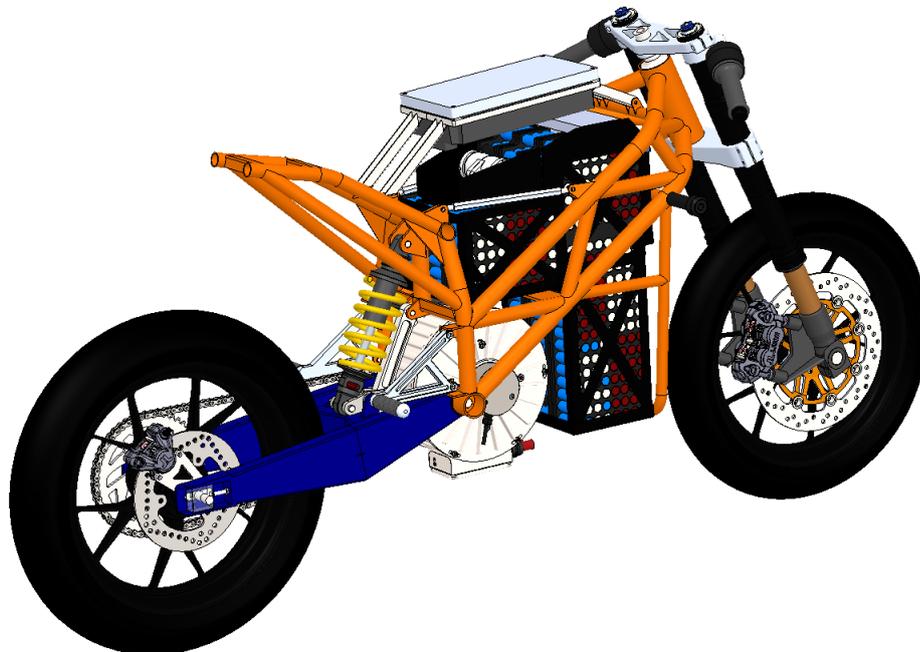


Ilustración 38: Vista lateral derecho del concepto de moto con la segunda versión de chasis tubular de acero.

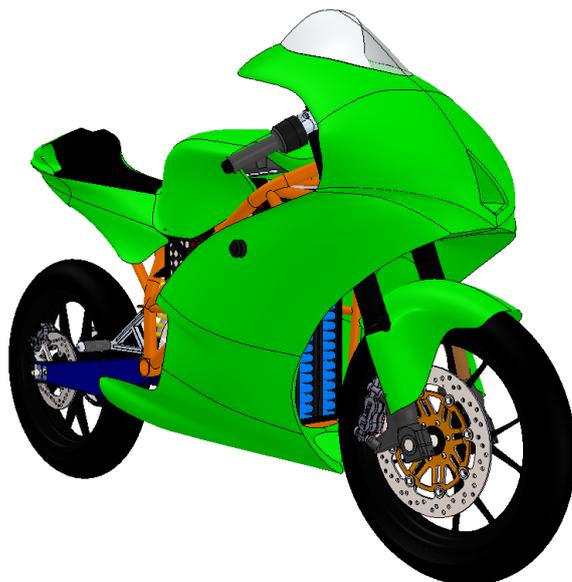


Ilustración 39: Vista frontal-derecho del concepto de moto con la segunda versión de chasis tubular de acero y el carenado montado.

En la ilustración 40 se observan las cotas generales de la moto en conjunto, teniendo esta versión de chasis montada y los sistemas de amortiguación en su máxima extensión:

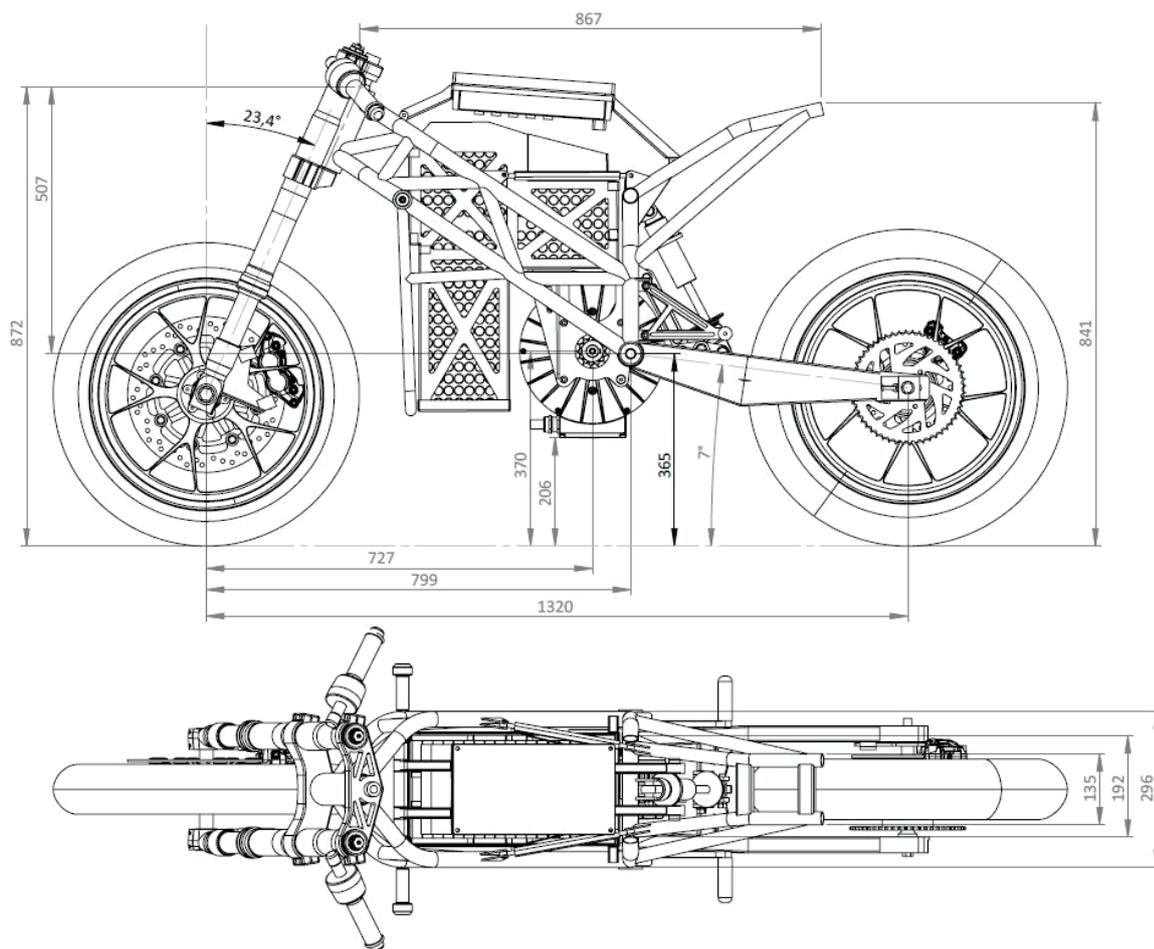


Ilustración 40: Cotas generales del concepto de moto con chasis multitubular de acero V2.

RESUMEN DEL DISEÑO

VERSIÓN DEL MODELADO	4ª
TIPO DE CHASIS:	Multitubular de acero
TIPO DE COHESION DEL CHASIS	Uniones soldadas
SUBCHASIS TRASERO	Solidario con el chasis.
ANCLAJE DEL MOTOR	En soporte desmontable anclado al chasis.
INFORMACIÓN SOBRE EL ACUMULADOR	Calculada por el departamento eléctrico (2ª Versión realizada por el grupo encargado del sistema eléctrico).
ANCLAJE / APOYO ACUMULADOR	Encajado en el chasis y apoyado sobre los travesaños de acero que forman parte del chasis.
CONSIDERACIÓN ERGONOMÍA PILOTO	Si.
SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN TRASERO	Sistema de bieletas. [Ver anexos, apartado 2.5.2].
TRANSMISIÓN	Directa, con relación de transmisión constante.
CONSIDERACIÓN DEL EFECTO SQUAT	Si.

Tabla 12: Resumen del diseño del cuarto modelo conceptual de chasis.

1.5.7.3. Análisis del modelo conceptual durante su realización:

En primer lugar, se comprueba que la moto cumpla con la especificación **[E1.5]**, que consiste en que la parte más baja de la moto debe tener una distancia mínima libre del suelo de 110mm en cualquier estado de compresión del sistema de amortiguación.

Para ello, se comprimen los amortiguadores hasta su máximo recorrido en el ensamblaje modelado de la moto y se comprueba la distancia libre respecto al suelo de la parte más baja de la motocicleta.

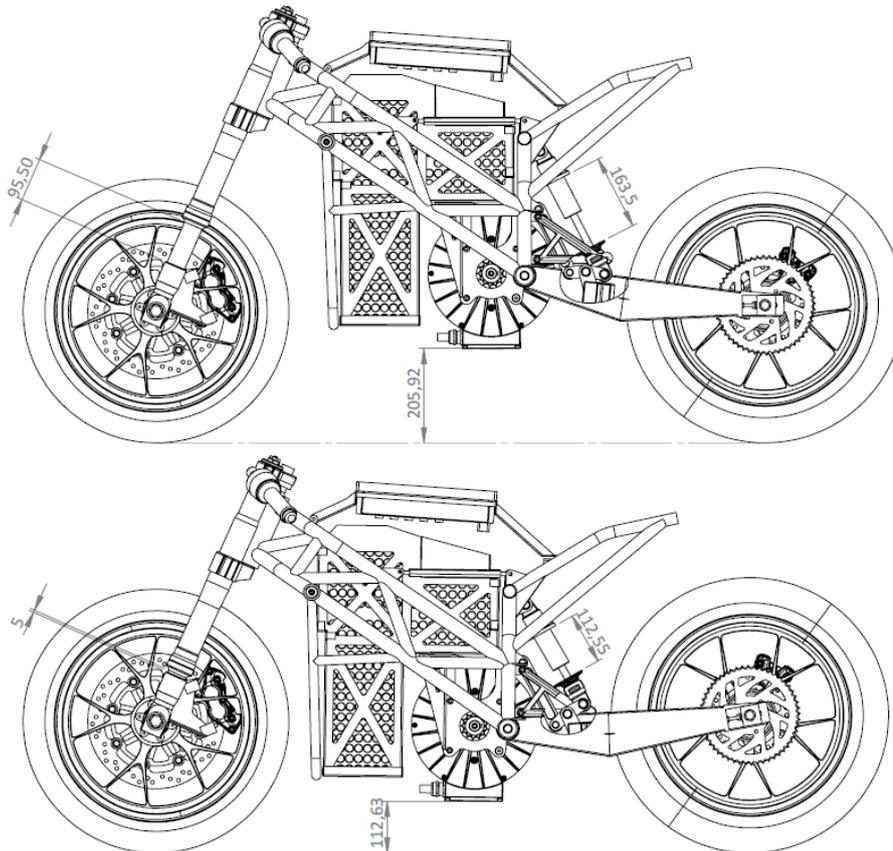


Ilustración 41: Ilustración gráfica del análisis de compresión con sistema de bieletas.

En la ilustración 41 se observa que queda una distancia libre respecto al suelo de 112.6 mm, superior a los 100 mm reglamentarios, y para lograrlo, se limitó el recorrido de las horquillas a 95mm, frente a los 117 de la anterior versión. De este modo se consigue evitar que la moto hunda excesivamente, y que ello obligue a elevar los componentes, perjudicando la posición del centro de gravedad, para compensar ese hundimiento y cumplir la especificación **[E1.5]**.

Aparte, gracias a la incorporación del sistema de bieletas en la amortiguación trasera se consigue reducir el giro del basculante, aprovechando la totalidad del recorrido del amortiguador trasero. Y con esto se consigue limitar el hundimiento trasero y cumplir la especificación **[E1.5]**.

En segundo lugar, se comprueba el efecto *squat* que se tiene en el conjunto de la moto:

El ajuste y predicción de este efecto es importante para estimar el comportamiento que puede tener la motocicleta frente a aceleraciones en la práctica. Este efecto tiene una repercusión directa en el funcionamiento del tren trasero, donde se combinan los pares de torsión en el basculante generados por el axil de la cadena y por el empuje de la rueda hacia el eje, cuando ésta tracciona con el suelo. Debido a esto y en función de la geometría resultante de la combinación del sistema de tracción y el tren trasero, y de la posición del centro de gravedad de la moto, puede aparecer un efecto de hundimiento o en el caso contrario, de “anti-hundimiento” o levantamiento de la parte trasera de la moto.

Para predecir este efecto, se emplea un método de análisis basado en la geometría empleado frecuentemente.

Este método consiste en comparar en un plano la posición del centro de gravedad del conjunto de la moto con el piloto [CDG] con la de un punto [P], generado por la intersección de la perpendicular con el suelo que pasa por el eje delantero, y la línea generada por la intersección del centro instantáneo de fuerzas [A] y el punto de contacto de la rueda trasera con el suelo.

El centro instantáneo de fuerzas [A], viene dado por la intersección de la línea del axil de la cadena con la línea de acción del empuje del eje trasero hacia el eje de rotación del basculante.

Si el punto [P] queda por encima del [CDG] se tiene un efecto *anti-squat* o anti-hundimiento y si queda por debajo, se tiene un efecto *pro-squat* o pro-hundimiento.

Para realizar este análisis, la moto se dispone con el hundimiento en reposo que deben tener los sistemas de amortiguación cuando el piloto está subido (este hundimiento típico se llama SAG), que, para una configuración típica para competición suele ser de un 25% delante y un 30% detrás. Lo que es igual a los valores de hundimiento: 25mm en el tren delantero y 32 mm en el trasero, medidos desde el eje de la rueda hasta cualquier punto de la carrocería más elevado, de la parte delantera y trasera, respectivamente.

En cuanto al sistema de transmisión, que también influye en este análisis, se tiene un piñón en el eje del motor de 13 dientes y una corona en la rueda trasera de 52 dientes, que se han incorporado para tener una desmultiplicación que permita alcanzar una velocidad cercana a los 170 km/h a máximas revoluciones del motor.

La magnitud o cantidad de efecto *Pro-Squat* o *Anti-Squat*, se obtiene de cociente entre la distancia vertical entre el punto [P] y el [CDG] y la distancia entre el suelo y el [CDG].

A continuación, en la ilustración 42 se puede observar el valor de la distancia vertical entre el punto [P] y el [CDG] del conjunto de la moto con el piloto subido en posición de conducción.

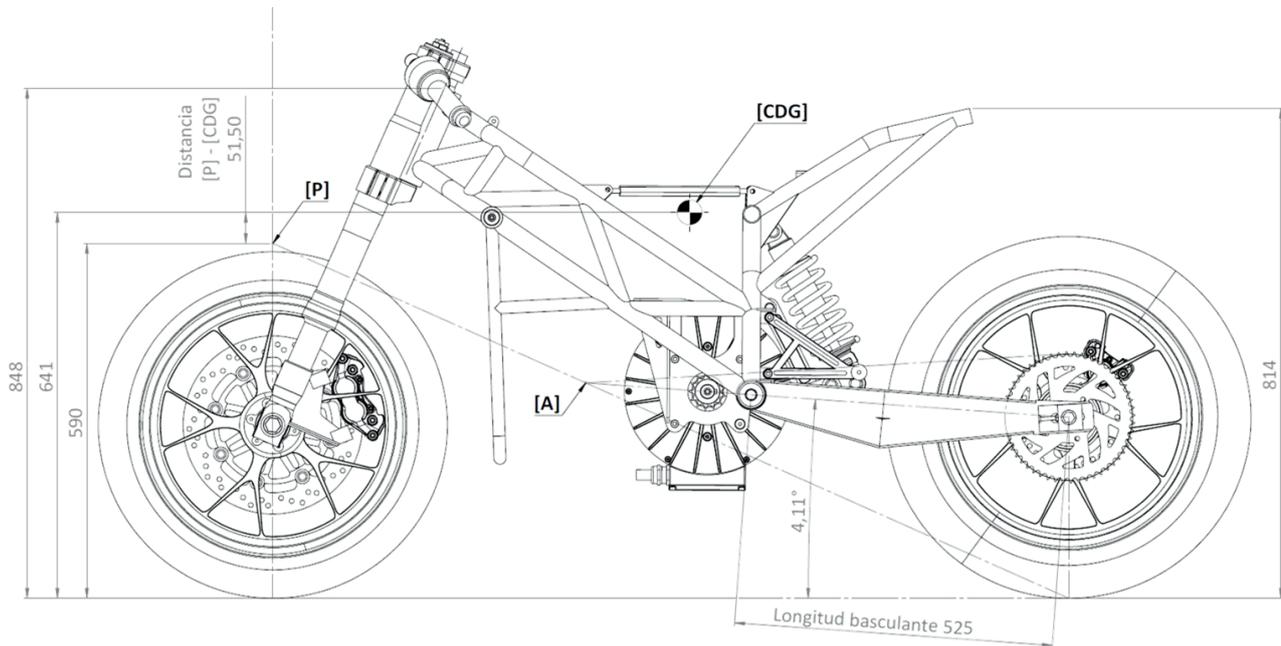


Ilustración 42: Análisis gráfico del efecto *Squat* en la moto con la versión 2 de chasis tubular de acero.

Tal y como se observa en la ilustración 42, el punto [P] queda por debajo del [CDG], lo que indica que se va a tener un efecto *pro-squat* o de hundimiento en el basculante, y consecuentemente, en el tren trasero.

La magnitud o cantidad que se tiene de este efecto respecto el máximo posible es de:

$$\%Squat = \frac{51,5}{641} \cdot 100 = 8\%$$

Este valor indica que el efecto será leve, con lo que se puede prever que se va a tener una buena tracción y el amortiguador trasero funcionará adecuadamente en aceleraciones, tanto en salidas de curva como en rectas. Por tanto, se puede suponer que la moto va a tener la estabilidad requerida y que las pérdidas debidas a la energía de la aceleración absorbida por el amortiguador cuando la moto esté levemente hundida serán mínimas.



A continuación, se recogen las prestaciones y efectos positivos que se encuentran en este modelo conceptual, así como los defectos y déficits mejorables:

PRESTACIONES Y EFECTOS POSITIVOS

Esta versión de chasis está más ajustada al acumulador y le ofrece mayor protección en la parte frontal e inferior gracias al arco de seguridad.

El sub-chasis trasero solidario simplifica la fabricación, evita holguras y desajustes, y rigidiza el conjunto.

La adaptación del chasis al sistema de amortiguación trasero compuesto por el sistema de bieletas permite aprovechar todo el recorrido del amortiguador y cumplir la especificación de diseño **[E1.5]**.

Simplificación de la extracción e inserción del acumulador, a partir de la inserción de los tirantes que a su vez absorben los esfuerzos generados en la parte trasera de la moto, en el asiento, por el peso del piloto, y en el anclaje del amortiguador por el sistema de basculante.

Mejora de la rigidez del tren delantero con la inserción de los traveseros en la parte frontal del chasis.

Ésta versión de chasis, en conjunto con el resto de elementos mecánicos que componen la parte de ciclo de la motocicleta, ofrece una cantidad de efecto *squat* adecuada para el buen comportamiento de la motocicleta en aceleración y paso por curva.

Tabla 13: Prestaciones y efectos positivos del cuarto modelo conceptual de chasis.

DEFECTOS Y DÉFICITS MEJORABLES

El anclaje del soporte del motor va unido mecánicamente pero no dispone de ninguna sujeción rígida ni tope que evite el desplazamiento, ya que se atornilla embridado perpendicularmente al sentido del axil de la cadena de tracción. Esto puede conllevar un deslizamiento del soporte del motor en éste sentido, cuando esté sometido a las cargas generadas por el motor, lo cual provocaría una distensión en la cadena, y en caso de aflojarse algún perno, podrían aparecer holguras.

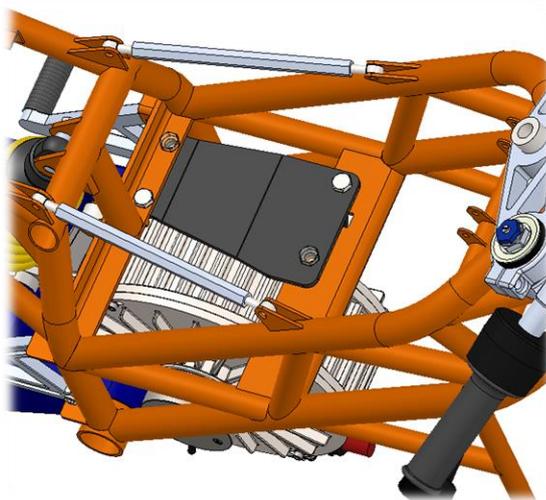


Ilustración 43: Detalle del anclaje del soporte del motor en el chasis tubular de acero V2.

Tabla 14: Defectos y déficits mejorables del cuarto modelo conceptual de chasis.

1.5.7.4. Conclusiones generadas del análisis del tercer modelo conceptual:

Atendiendo al análisis realizado sobre este modelo conceptual genero las siguientes especificaciones para evitar los defectos encontrados en este concepto:

- El soporte del motor debe tener una unión con el chasis que evite desplazamientos y holguras cuando esté sometido a los esfuerzos que ejerce el motor. **[E3.16]**

1.5.8. Quinto modelo conceptual: chasis tubular de acero, versión 3.

1.5.8.1. Motivación:

En este modelo conceptual pretendo corregir el déficit indicado en el análisis de la segunda versión del chasis multitubular de acero, que es la sujeción insuficiente ofrecida por el anclaje del soporte del motor.

1.5.8.2. Descripción:

En esta versión del chasis, el único elemento que se modifica es el soporte o anclaje del motor, ya que el resto de partes del mismo cumplen con las necesidades y los requisitos definidos a lo largo de la fase de diseño.

La solución adoptada para corregir el déficit de fijación que presenta el anterior anclaje del soporte del motor al chasis consiste en hacer solidario el soporte del motor con el chasis, de este modo el elemento que sostiene el motor transmite directamente las cargas al chasis y de este modo se reduce la posibilidad de aparición de holguras.

La implementación de este concepto se observa en la ilustración 44.

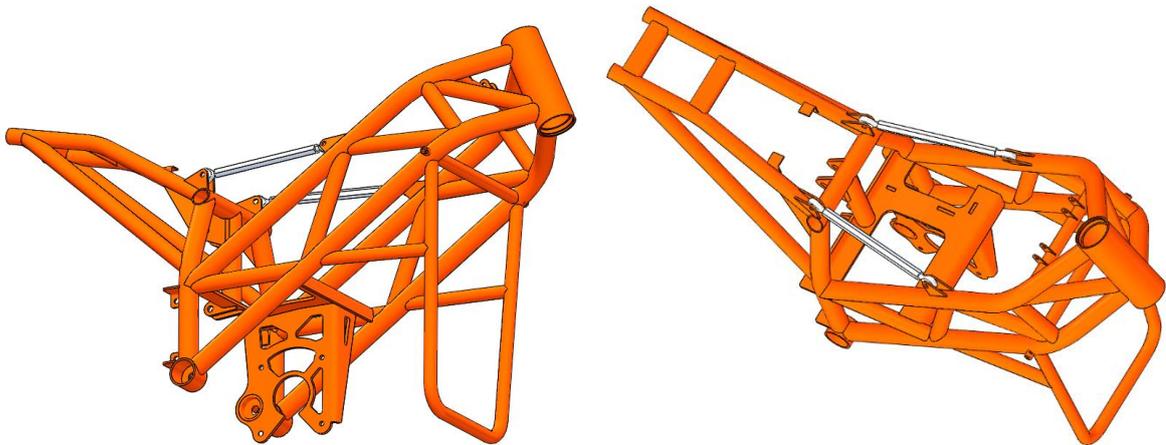


Ilustración 44: Detalle del soporte del motor solidario al chasis tubular de acero V3.

Como se puede observar en la ilustración 44, el soporte del motor se ha diseñado para ser fabricado con chapa, con un plegado que aporta refuerzo en las zonas con mayor exigencia de cargas, y a la vez, incluye unos recortes pensados para aligerar y permitir el paso de aire hacia el motor para mejorar la refrigeración.

El montaje del motor en el mismo, se realizará en sentido vertical, introduciéndolo por la parte inferior, de abajo hacia arriba, pasando el eje por la abertura inferior y encajando un saliente circular que tiene el motor en el arco circular que dispone el soporte.

En la ilustración 45 se señalan los elementos indicados:

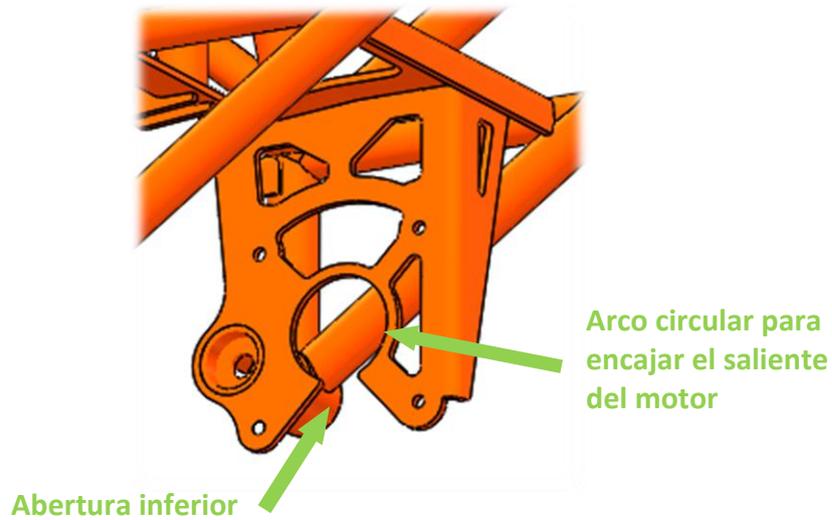


Ilustración 45: Detalle de los elementos de montaje y fijación del soporte de motor del concepto de chasis multitubular de acero V3.

En la ilustración 46 se puede observar cómo queda el motor una vez montado:



Ilustración 46: Detalle del concepto de chasis multitubular de acero V3 con el motor montado.

Por otra parte, para dotar de la rigidez necesaria a este soporte, el mismo se ha diseñado con un pliegue perpendicular al plano de montaje y que actúa como cartabón de refuerzo para absorber la torsión generada por el esfuerzo axial de la cadena.

Además, se diseña de modo que se aproveche el semi-eje de montaje del basculante que queda al lado del soporte del motor, para empaquetar el soporte del motor y dotarlo de mayor rigidez. Para ello se incorpora una pieza cilíndrica mecanizada, donde se esconderá la cabeza del semi-eje que luego cerrará el rodamiento de rotación del basculante con el chasis.

En la ilustración 47 se puede observar el montaje descrito:

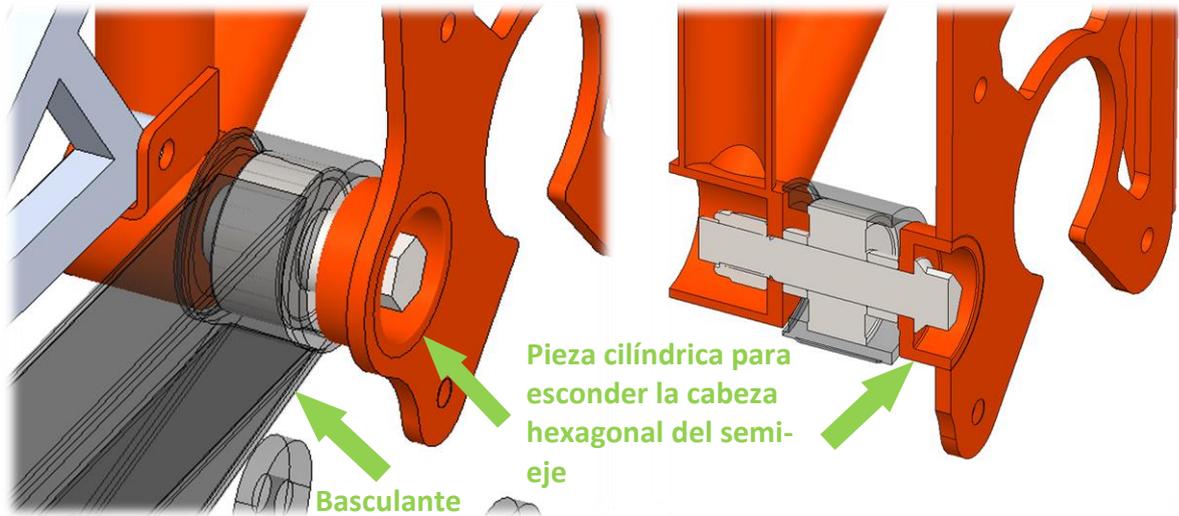


Ilustración 47: Detalle del montaje del basculante con el concepto de chasis tubular de acero V3.

En la ilustración 48 se observan las cotas generales de la moto en conjunto, teniendo esta versión de chasis montada y los sistemas de amortiguación en su máxima extensión:

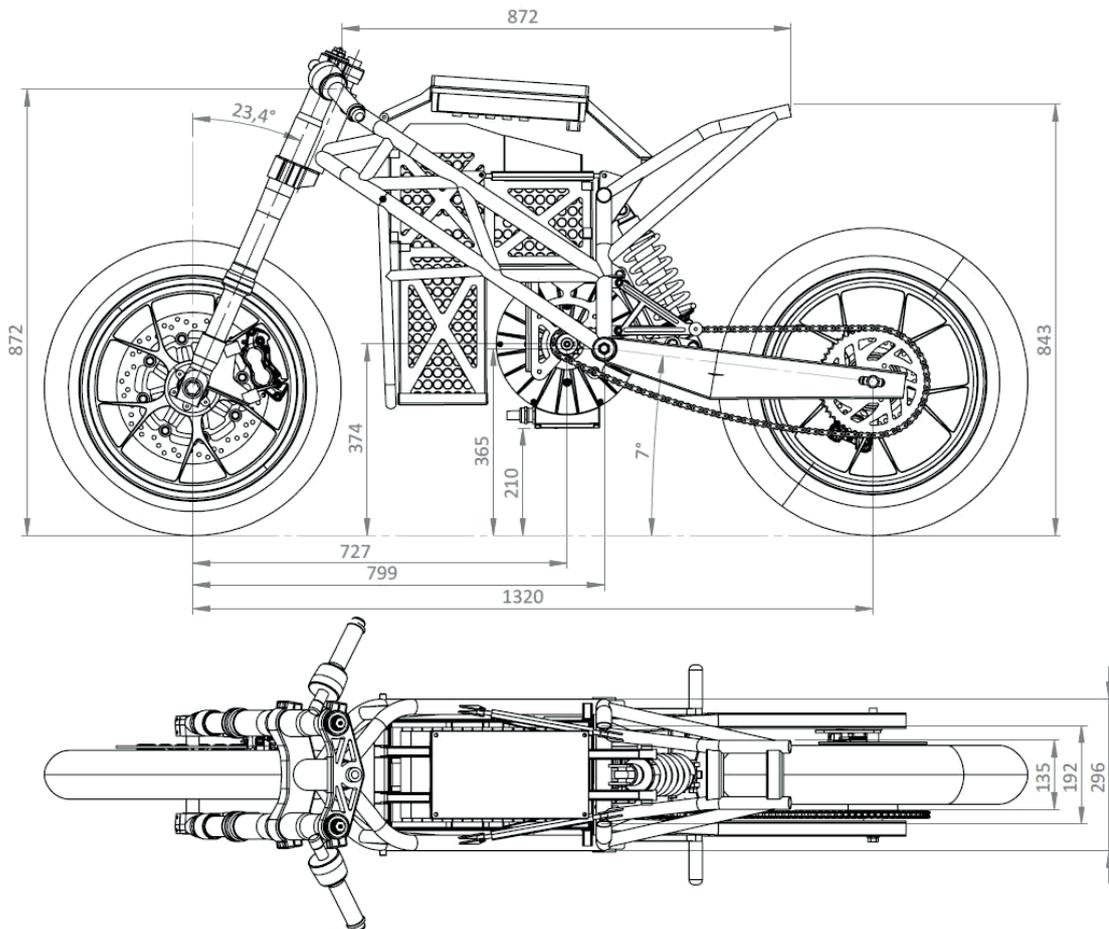


Ilustración 48: Cotas generales del concepto de moto con chasis multitubular de acero V3.

Como se observa en la ilustración 48, con las cotas, el eje del motor queda 4 milímetros más elevado que en la anterior versión, para aumentar ligeramente la altura respecto al suelo y dejar mayor espacio para que el carenado cubra la parte inferior del motor.

RESUMEN DEL DISEÑO	
VERSIÓN DEL MODELADO	5ª
TIPO DE CHASIS:	Multitubular de acero
TIPO DE COHESION DEL CHASIS	Uniones soldadas
SUBCHASIS TRASERO	Solidario con el chasis.
ANCLAJE DEL MOTOR	En soporte solidario con el chasis.
INFORMACIÓN SOBRE EL ACUMULADOR	Calculada por el departamento eléctrico (2ª Versión realizada por el grupo encargado del sistema eléctrico).
ANCLAJE / APOYO ACUMULADOR	Encajado en el chasis y apoyado sobre los travesaños de acero que forman parte del chasis.
CONSIDERACIÓN ERGONOMÍA PILOTO	Si.
SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN TRASERO	Sistema de bieletas. [Ver anexos, apartado 2.5.2]
TRANSMISIÓN	Directa, con relación de transmisión constante.
ANÁLISIS DEL EFECTO SQUAT	Si.

Tabla 15: Resumen del diseño del quinto modelo conceptual de chasis.

1.5.8.3. Análisis del modelo conceptual durante su realización:

En primer lugar, analizo en este chasis la distancia que queda desde el eje del motor hasta el eje del basculante, que debe ser mínima, para reducir en la medida de lo posible el efecto que tiene sobre el comportamiento del basculante y el tren trasero, el axil transmitido por la cadena del piñón hasta la corona, y reducir por otra parte el grado de tensión y distensión que sufre la cadena con respecto a la variación de la posición angular del basculante.

La distancia resultante de la configuración aplicada en esta versión del chasis se puede observar en la ilustración 49.

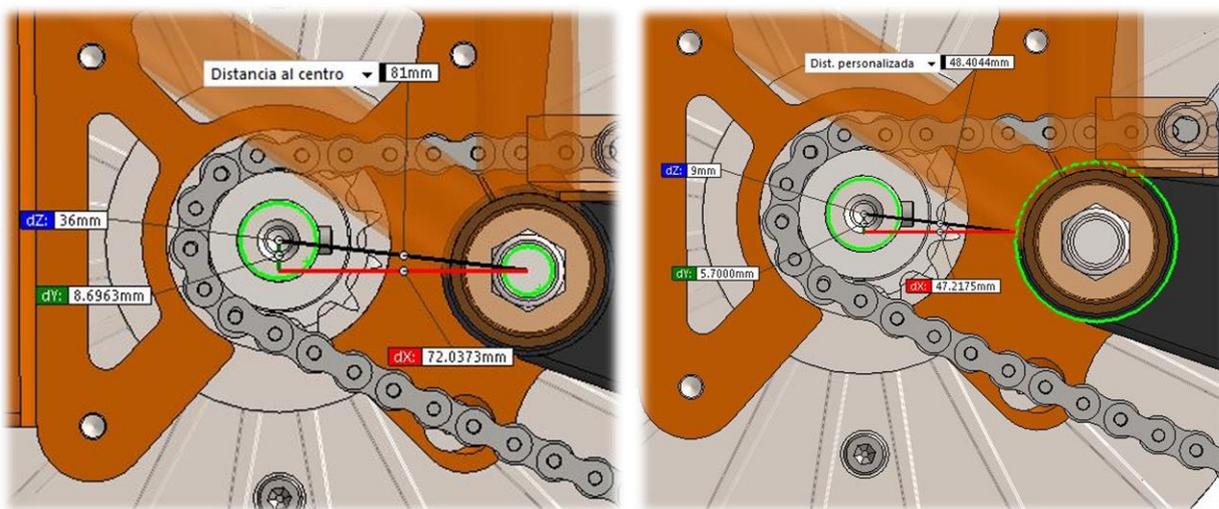


Ilustración 49: Distancia del eje del motor al eje del basculante en la versión de chasis multitubular de acero V3.

Como se puede observar en la ilustración 49, la posición relativa entre el eje del motor y el eje del basculante resulta en una distancia entre ambos de 81mm y permite instalar un piñón con un radio máximo de 48.4 mm, que se corresponde al de un piñón de 22 dientes, con paso de $\frac{1}{2}$ pulgada, que es el paso utilizado en el sistema de transmisión elegido.

Por otra parte, se puede observar que la cadena no interfiere con el basculante, teniendo montados el piñón de 13 dientes y la corona de 52, elegidos para obtener la relación de transmisión deseada, y estando la moto en posición de reposo. De este modo se evita el rozamiento de la cadena y el consecuente desgaste de las partes de contacto y las posibles pérdidas de potencia ocasionadas.

Y, en segundo lugar, se comprueba la cantidad de efecto *squat* que se tiene con esta versión del chasis, que habrá variado por haber subido ligeramente la posición del eje de salida de potencia del motor.

Para ello se sigue el mismo método empleado en la anterior versión del chasis, que está detallado en el apartado [1.5.7.3].

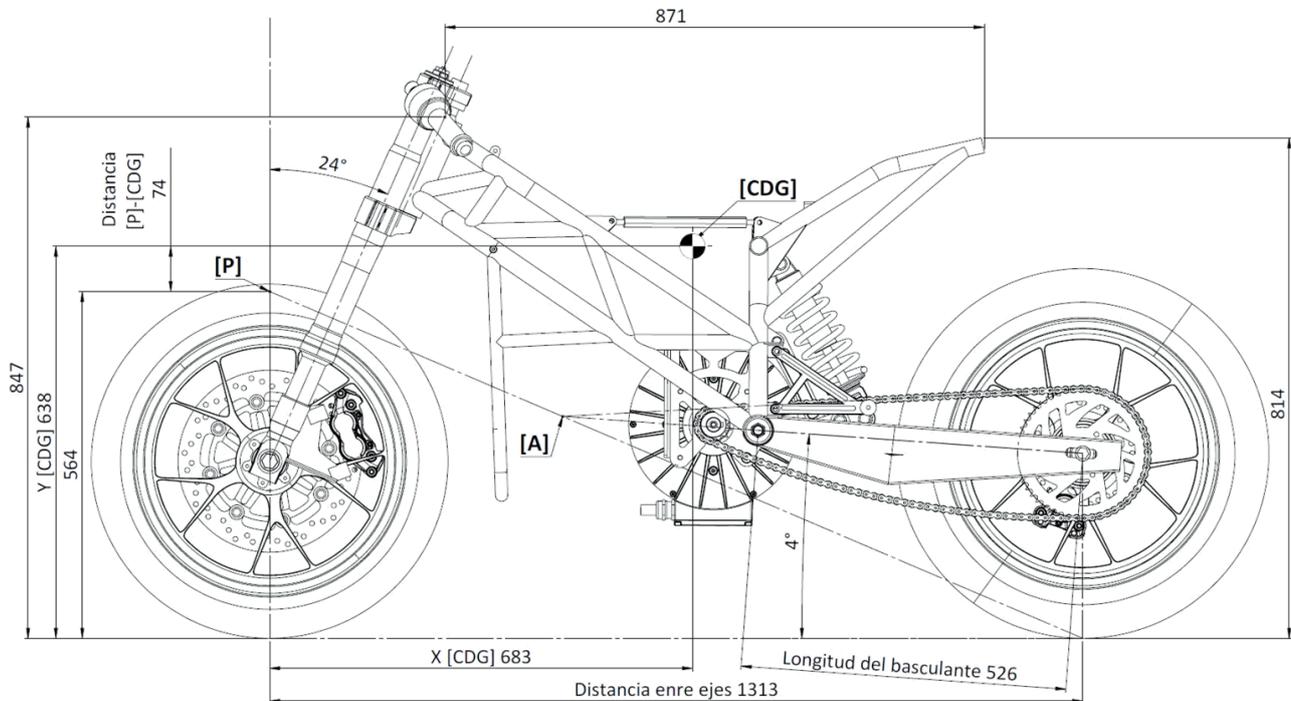


Ilustración 50: Análisis gráfico del efecto *Squat* en la moto con la versión 3 de chasis tubular de acero.

Tal y como se observa en la ilustración 50, y al igual que en la anterior versión del chasis, el punto [P] queda por debajo del [CDG], lo que indica que se va a tener un efecto *pro-squat*, con una magnitud equivalente de:

$$\%Squat = \frac{74}{638} \cdot 100 = 11.6\%$$

La cual es ligeramente superior a la que se tiene con la anterior versión de chasis (+3.6%).

El aumento de esta magnitud se debe al incremento de la distancia vertical relativa entre el eje de tracción del motor respecto al eje de rotación del basculante, ya que el momento que genera la cadena sobre el basculante se incrementa proporcionalmente a esta variable.

De todos modos, el valor que se obtiene con esta configuración sigue siendo pequeño, y por tanto siendo adecuado y deseable en pro de tener un buen comportamiento cuando la motocicleta acelera al máximo de sus posibilidades.

A continuación, se recogen las prestaciones y efectos positivos que se encuentran en este modelo conceptual, así como los defectos y déficits mejorables:

PRESTACIONES Y EFECTOS POSITIVOS

El tipo de soporte de motor implementado en esta versión conceptual del chasis ofrece una sujeción más efectiva, elimina las posibles holguras que pudieran aparecer en la unión mecánica de la anterior versión y ofrece un diseño estructural más robusto, simple y fiable. Esto se traduce a la vez en una mejor entrega de la potencia del motor, gracias a tener un anclaje con mayor rigidez y cohesión con el chasis.

La distancia relativa entre el eje de salida de potencia del motor y el eje de rotación del basculante es la mínima posible. Estando condicionada por los siguientes objetivos: centrar la masa de la moto, tener la mínima distancia entre ejes y tener el mayor volumen posible para alojar el acumulador dentro del chasis.

Tabla 16: Prestaciones y efectos positivos del quinto modelo conceptual de chasis.

DEFECTOS Y DÉFICITS MEJORABLES

Ninguno.

Tabla 17: Defectos y déficits mejorables del quinto modelo conceptual de chasis.

1.5.8.4. Conclusiones generadas del análisis del cuarto modelo conceptual:

Después de realizar el análisis pertinente a este modelo conceptual de chasis, no se observa ningún defecto ni déficit mejorable. Lo cual indica que cumple con todas las especificaciones de diseño, y por tanto la escojo como versión conceptual definitiva del chasis.

1.6. Conclusiones de diseño.

En el anterior apartado, correspondiente al diseño del producto, se han generado una serie de especificaciones a medida que avanzaba el diseño del chasis, tal y como se comentaba en el punto [1.5.2 Requisitos de diseño].

A continuación, se detallan estas especificaciones:

- El sistema motor debe instalarse en el chasis, y éste debe ser capaz de albergarlo y sostenerlo y sujetarlo adecuadamente. [E3.1]
- El chasis debe adecuarse para la instalación de un sistema de transmisión directa del eje del motor a la rueda trasera. Con relación de transmisión constante. [E3.2]
- La pipa de dirección, por ser una parte clave en la estabilidad y manejo de la motocicleta, debe unirse solidariamente con el chasis. [E3.3]
- El chasis debe ser simple de fabricar y analizar [E3.4]
- Debe minimizarse el uso de aluminio mecanizado para la fabricación del chasis. [E3.5]
- La transmisión debe ser de relación constante y directa, con el eje del motor situado lo más cercano posible al eje del basculante. [E3.6]
- Las dos partes laterales del chasis deben estar conectadas sólidamente. [E3.7]
- El chasis no debe fabricarse con tubulares de aluminio. [E3.8]
- El chasis no debe tener aristas que puedan ocasionar lesiones al piloto en caso de caída accidental. [E3.9]
- Debe emplearse el menor número posible de tubos cortados. [E3.10]
- El soporte del motor no debe unirse mediante fijaciones mecánicas entre las dos caras internas del chasis. [E3.11]
- El amortiguador trasero debe anclarse directamente sobre el chasis, o al menos, no sobre elementos susceptibles de ser desmontados para poder acceder al acumulador. [E3.12]
- El chasis debe ajustarse lo máximo posible al tamaño del acumulador. [E3.13]
- Los elementos que se unan al chasis, deben tener uniones simples y con poco margen de error en su implantación y desempeño. [E3.14]
- Debe explorarse un sistema de amortiguación trasero que evite el excesivo descenso de la moto en caso de máxima compresión de las suspensiones. [E3.15]
- El soporte del motor debe tener una unión con el chasis que evite desplazamientos y holguras cuando esté sometido a los esfuerzos que ejerce el motor. [E3.16]

Que combinadas con las del grupo 1 y 2, descritas en el punto [1.5.2 Requisitos de diseño], componen la totalidad de especificaciones que definen las características, prestaciones y cualidades que debe cumplir el chasis definitivo para ser lo más competitivo posible y que su fabricación esté al alcance del equipo.

1.6.1. Solución adoptada:

La solución adoptada se corresponde al quinto modelo conceptual realizado en la fase de diseño. Se trata de un chasis multitubular, diseñado para ser fabricado con acero, el cual cumple con todas las especificaciones de diseño. Se puede observar en la ilustración 51.



Ilustración 51: Chasis final.

El chasis consta de una estructura multi-tubular principal que incorpora unos tirantes desmontables encargados de impedir que el acumulador se salga por la parte superior de la motocicleta en caso de vuelco, y de cerrar y reforzar la estructura, uniendo la parte superior trasera del chasis a la parte central. (ver ilustración 52).



Ilustración 52: Detalle de los tirantes desmontables del chasis final.

También cuenta con una serie de anclajes para montar los siguientes componentes:

- Tope anti-caída obligatorio por normativa [Ver anexos, apartado 2.1.2, B.3.4 normativa *Motostudent*®].



Ilustración 53: Tope anti caída y su anclaje.

- Soporte del controlador del motor.

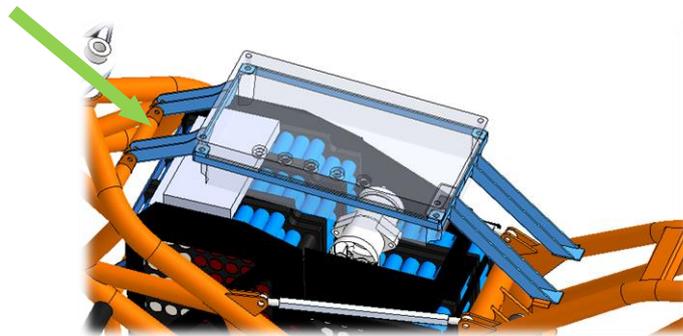


Ilustración 54: Detalle de los anclajes del soporte del controlador.

- Estribos, procedentes de una *Derbi gpr 50*.



Ilustración 55: Estribos y detalle de su anclaje.

- Elementos del sistema de amortiguación: manivela y amortiguador trasero (ver ilustración 34).

La pipa de dirección ha sido diseñada para alojar los rodamientos de dirección seleccionados: Koyo 3055-1, los cuales tienen una pista de apoyo de $\varnothing 55\text{mm}$. (Ver ilustración 56)



Ilustración 56: Detalle del rodamiento de dirección y su alojamiento.



La estructura de este chasis está compuesta por tubos estructurales de 2 milímetros de espesor y tres diámetros exteriores distintos (20mm, 25mm y 30mm), empleando cada diámetro en la parte específica del chasis que maximice el balance entre las capacidades estructurales y el peso. Y, al unificar espesores, las operaciones de soldeo ofrecen mejores resultados, ya que el calor afecta por igual a todos los elementos a unir.

A continuación, en la ilustración 57, se indica qué tubos se corresponden con cada espesor.

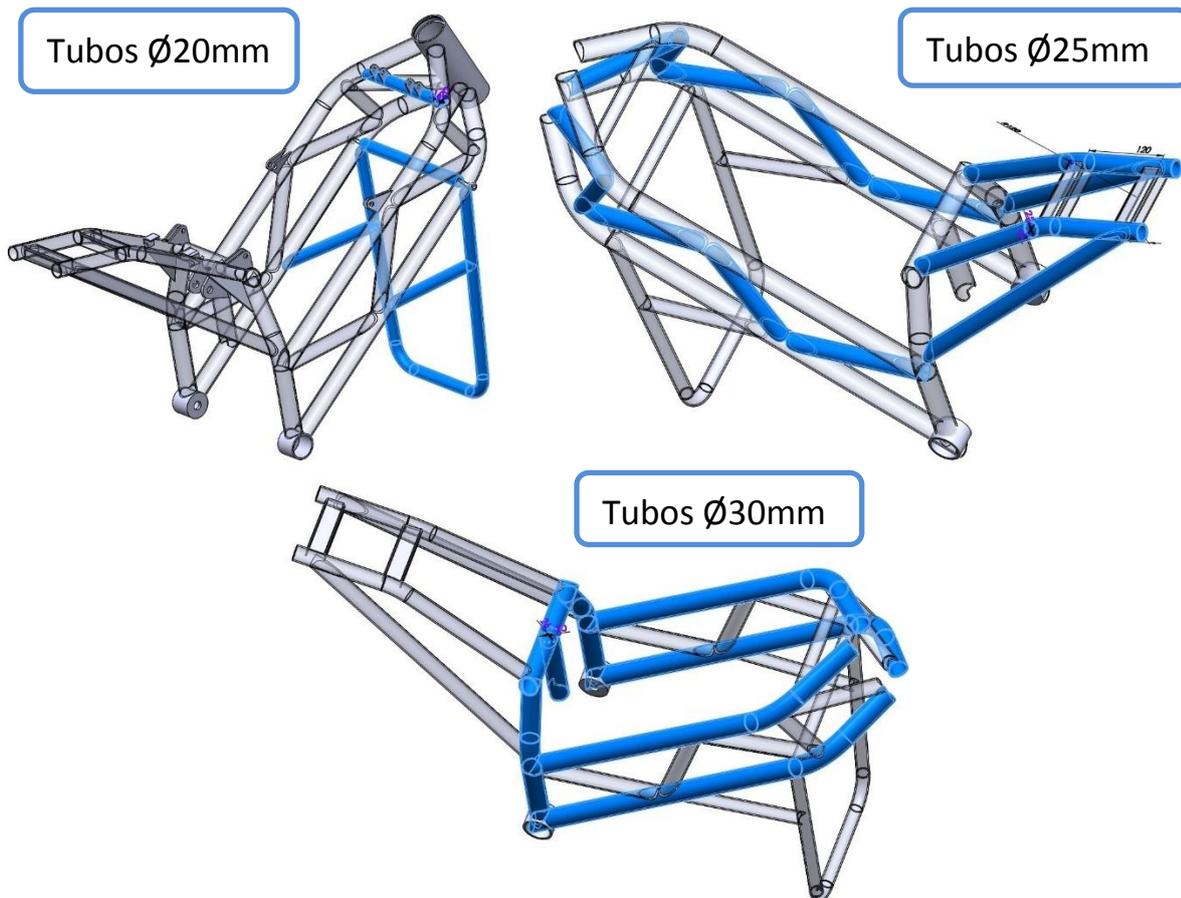


Ilustración 57: Esquema del reparto de tubulares estructurales en el chasis.

Las principales características de este chasis son:

- Bajo coste de material.
- Ergonomía y seguridad adecuadas para el piloto.
- Dispone de alojamiento seguro para los componentes principales (motor y acumulador).
- No requiere operaciones de fabricación de elevada complejidad técnica.
- Buen comportamiento mecánico teórico. (unión directa sin cambios de sentido entre la parte frontal y trasera de la moto).
- Estética agradable.

1.6.2. Método de fabricación.

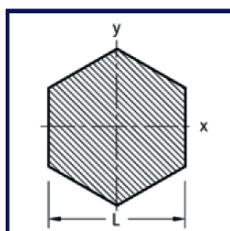
Este chasis ha sido diseñado para fabricarse utilizando perfiles tubulares de acero estructural, combinados con piezas de chapa metálica, y elementos mecanizados en torno. Y soldarlos posteriormente entre sí, preferentemente mediante soldadura TIG.

Los elementos de chapa metálica se realizan mediante corte láser, y los que requieren plegados, con plegados en frío.

Los distintos elementos de acero se fabrican con las siguientes aleaciones, en función del tipo de suministro o estado previo al conformado de la materia prima:

- S355J2G3 // 1.0577 para los perfiles tubulares.
- F111 // 1.0038 // S235J para los elementos realizados con chapa metálica.
- F114 // 1.1191 // C45E para los elementos mecanizados.

Y los elementos de aluminio, que son unos tirantes que requieren tensionarlos para evitar holguras y que realicen bien su función, se obtienen a partir de una barra hexagonal calibrada, con caras planas, para poder apretarlos con llave fija. A esta barra solamente hay que taladrarle los agujeros para roscarlos posteriormente.



Lado mm	Peso kg/m	Aleaciones		
		2011	2030	6082
6	0,085			
7	0,116			
8	0,155			
10	0,242			
11	0,293			
12	0,349			
13	0,409			

Ilustración 58: Características de la barra calibrada hexagonal de aluminio.

Como se señala en la ilustración 58, se selecciona la barra hexagonal de lado de 13mm, ya que esa medida equivale al tamaño de tuerca común de métrica 8, que es la que se necesita para roscar las rótulas seleccionadas [Ver anexos, apartado 2.2.3].

1.7. Cálculos.

1.7.1. Análisis estructural.

1.7.1.1. Planteamiento.

El análisis estructural que realizo en este proyecto tiene como objetivo comprobar la resistencia estructural del chasis frente al conjunto de esfuerzos a los que puede ser sometido en carrera. Para ello, realizaré una serie de cálculos empleando el Método de Elementos Finitos [MEF], mediante el software *Ansys*, a través del sistema de análisis *static structural* que incorpora.

El objetivo de este análisis es simular los ensayos de resistencia estructural que se realizan en los test previos a la carrera en la competición. Aplicando en cada simulación la carga pertinente definida por la organización. Y para asegurar la robustez en la carrera, las cargas debidas al resto de elementos que intervienen en el funcionamiento de la motocicleta.

Para que la simulación sea lo más fiel posible con la realidad, se analiza el chasis con el conjunto de elementos que componen la parte de ciclo de la moto (*), que interactúan en las tareas de absorción y transmisión de esfuerzos (ver ilustración 59). A este conjunto se le asignan las conexiones entre elementos y los grados de libertad necesarios y para que simular la movilidad relativa entre elementos que se tendría en la realidad.

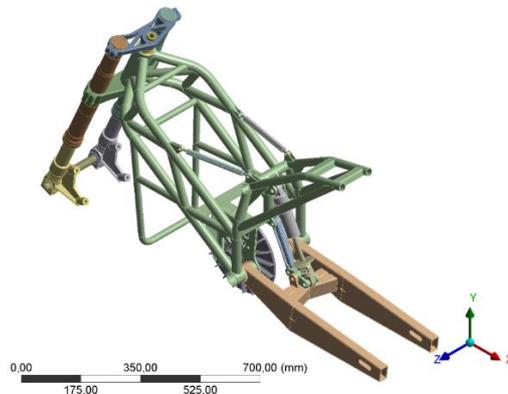


Ilustración 59: Conjunto de elementos del análisis.

Los resultados se considerarán satisfactorios si se obtiene un factor de seguridad superior a 1'5, que significaría superar los test de cargas estructurales en la competición sin sufrir deformaciones plásticas en la estructura. Este valor se podría matizar en caso de darse en una zona puntual que pueda reforzarse en la fabricación del prototipo sin modificar la estructura ni añadir nuevos elementos.

(*) Parte de ciclo de la moto: conjunto estructural y mecánico compuesto por el chasis en combinación con el basculante que diseñé paralelamente con el chasis adaptándolo a los requerimientos del mismo, el sistema de amortiguación trasera, y el sistema de dirección y suspensión delantera, compuesto por unas barras procedentes de una moto de calle [Ver anexos, apartado 2.2.1: Barras horquilla] montadas a la moto con unas tijas que modelé en colaboración con otro miembro del equipo de diseño).

1.7.1.2. Propiedades de los materiales.

Material	Módulo elástico	Coef. de Poisson	Densidad	Límite elástico
Al 2011-T3	70 GPa	0.33	2.830 kg/m ³	280 MPa
Acero S355 j2	210 GPa	0.28	7.860 kg/m ³	355 MPa

Tabla 18: Propiedades de los materiales empleados en la simulación.

1.7.1.3. Cálculos previos: cargas y elementos que afectan al chasis.

Dentro del conjunto de esfuerzos que afectan al chasis se tienen dos grupos:

- El primero: los esfuerzos críticos que se conocen de partida; indicados por la normativa de competición, y que son los esfuerzos a los que se va a someter la moto en los test previos a la carrera. Estos esfuerzos radican en unas cargas a compresión aplicadas sobre la moto por separado: una en el asiento del piloto verticalmente (de 250kg) y otra longitudinalmente (de 300kg) (ver ilustración 60). La superación o fracaso en este test previo a la carrera determina si el vehículo es apto o no para su participación en carrera. Por tanto, se entiende que estas cargas son suficientemente restrictivas como para ser tomadas como críticas en el análisis de resistencia estructural.

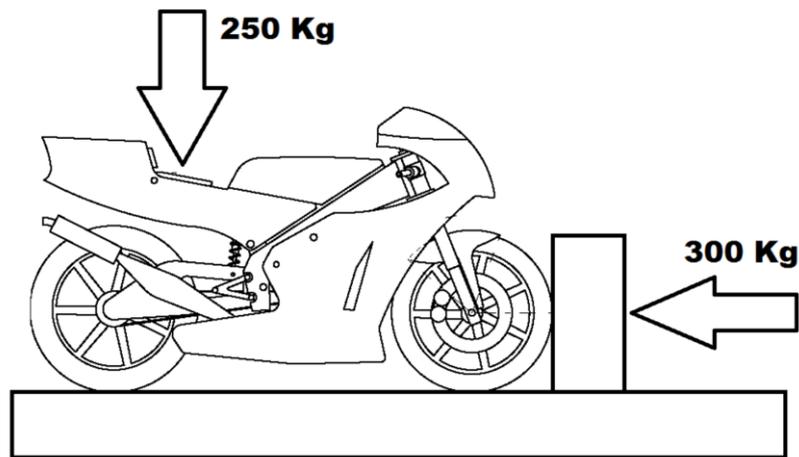


Ilustración 60: Descripción gráfica de la prueba de resistencia en competición.

- El segundo: los esfuerzos y cargas que vienen dadas por los distintos componentes que van anclados y sostiene el chasis. En este caso serían las cargas correspondientes al acumulador y al motor.

Los valores de las cargas del segundo grupo vienen dados por el propio peso de los mismos elementos y por los esfuerzos que pueden ejercer sobre sus anclajes o apoyos.

En el caso del acumulador, el peso lo define el grupo encargado del sistema eléctrico, que en la fase de diseño estima una masa en torno a 50kg.

Y en el caso del motor se conoce que su peso es de 22.3 kg y que es capaz de entregar un par máximo de 80Nm en el eje de salida.

A partir de estos valores se pueden estimar los esfuerzos críticos que pueden ejercer estos elementos sobre el chasis.

En el caso del acumulador, estimo que su peso se va a repartir 50% apoyado sobre la chapa central que une ambos laterales del chasis y que forma parte del anclaje del motor, y el otro 50% apoyado sobre el arco de seguridad frontal del chasis. Entonces, para estimar el esfuerzo crítico que va a ejercer sobre el chasis, multiplicaré el valor de la masa sostenida en cada parte, por dos veces la gravedad terrestre, para considerar así las perturbaciones transitorias debidas a las irregularidades del terreno.

El valor del esfuerzo ejercido por el acumulador en cada apoyo es:

$$Ma = \text{masa acumulador} = 50\text{kg}$$

$$Fa = Ma \cdot 0.5 \cdot 2 \cdot g = 50 \cdot 0.5 \cdot 2 \cdot 9.8 = 490\text{N}$$

En cuanto a los esfuerzos ejercidos por el motor, por una parte, considero su peso multiplicado por dos veces la gravedad, al igual que el acumulador, y por otra parte los esfuerzos de reacción que genera al entregar el par máximo al sistema de transmisión.

En la ilustración 61 se observa la descomposición de los esfuerzos de tracción y la reacción que genera el motor cuando entrega el par.

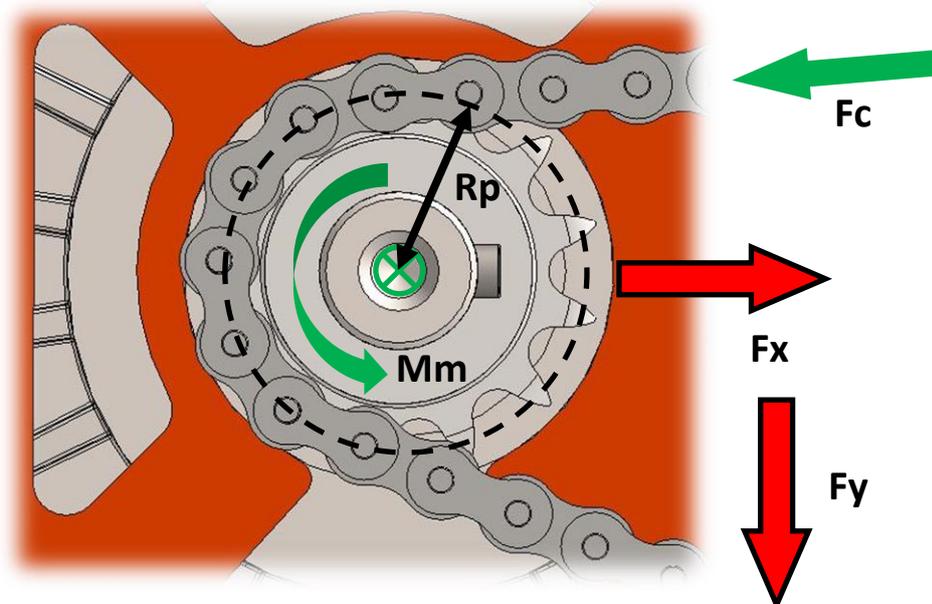


Ilustración 61: Descomposición de esfuerzos y reacciones del motor.

Para simplificar los cálculos se supondrá que estos esfuerzos de tracción solamente tienen componente horizontal, ya que la vertical es despreciable en comparación, y no es constante, ya que varía con el giro del basculante.

El cálculo del valor de las componentes del vector de cargas debido a los esfuerzos ejercidos por el motor es el siguiente:

$$R_p = \text{Radio primitivo (piño z13)} = 26.53\text{mm}$$

$$M_m = \text{par motor} = 80\text{Nm}$$

$$F_c = \text{Fuerza axil de la cadena}$$

$$F_x = \text{Fuerza del motor de reacción a la tracción}$$

$$F_x = F_c = \frac{M_m}{R_p} = \frac{80\text{ N} \cdot \text{m}}{0.02653\text{ m}} = 3015.45\text{N}$$

$$F_y = \text{Peso motor} \cdot 2 \cdot g = 22.3 \cdot 2 \cdot 9.8 = 437.08\text{N}$$

Este valor solamente sirve para el piño Z13 que es el que se ha decidido incorporar en el sistema de transmisión, que a su vez es el de menor tamaño posible que se podría montar, por razones de seguridad en el funcionamiento a altas velocidades de giro. Por tanto, se toma como valor crítico.

Como el análisis se va a realizar con el conjunto de elementos que componen la moto, se debe determinar la constante K de los muelles del sistema de amortiguación trasero y delantero.

En el caso de las horquillas de amortiguación delanteras, la K toma un valor típico, al ser un sistema de amortiguación convencional.

Pero en el caso del muelle del amortiguador trasero, se debe calcular, ya que el sistema de amortiguación que incorpora esta motocicleta se ha diseñado en particular para la misma, con el objetivo de resolver unas necesidades. Por tanto, no se puede tomar ninguna referencia existente.

El cálculo de la constante elástica del amortiguador trasero se realizará en base al valor del SAG en el tren trasero que debe tener la moto en reposo. El SAG se refiere al hundimiento típico que tiene la moto en reposo, bien por su peso propio o bien con el peso del piloto subido.

Para el uso que se le va a dar a la moto, el SAG en el tren trasero ha de ser de 32mm.

Y para conocer la carga que afecta al eje trasero y ocasiona su hundimiento, tomaremos la posición del CDG (ver ilustración 62) y la masa del vehículo con el piloto que se calcula mediante el software de modelado (ver ilustración 63).

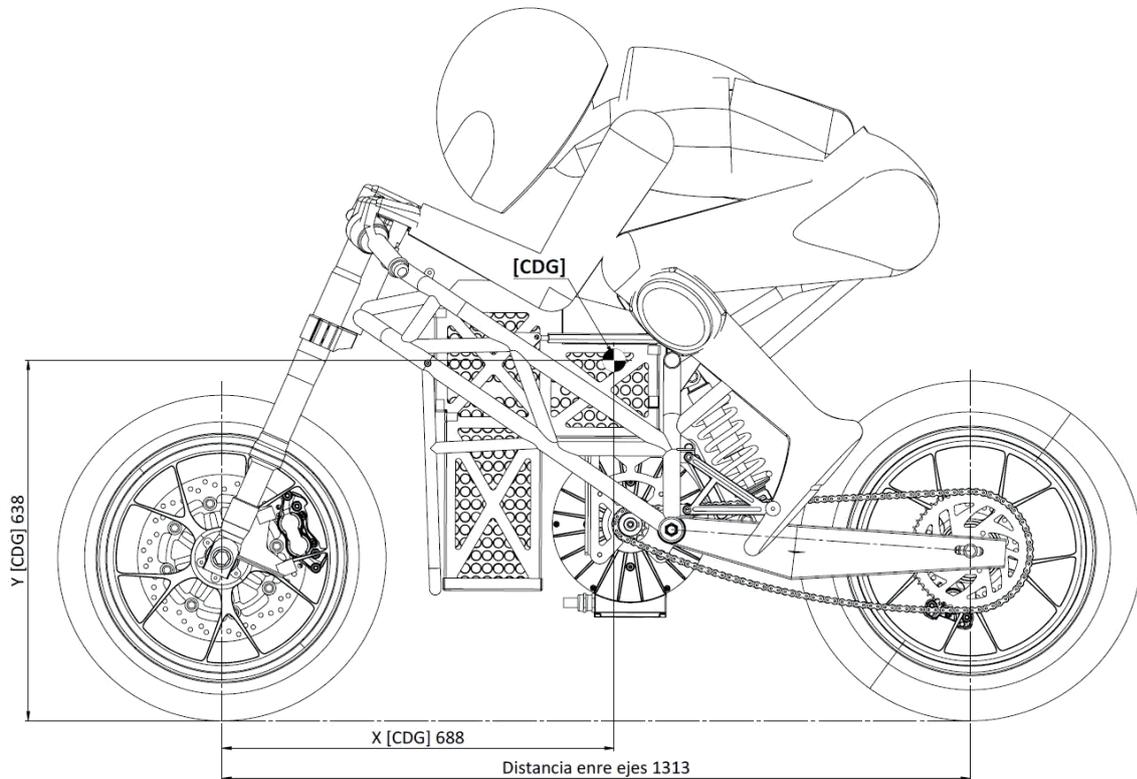


Ilustración 62: Posición del CDG del conjunto de moto con el piloto.



Ilustración 63: Masa del conjunto moto + piloto.

A este valor de la masa hay que sumarle 12 kg por el peso del resto de componentes que no están montados en el ensamblaje.

Con estos datos podemos calcular la masa que descansa sobre el eje trasero:

$$M_{tras} = M_{tot} \cdot \frac{X_{cdg}}{Dist. \text{ entre ejes}} = (216 + 12)kg \cdot \frac{688 \text{ mm}}{1313 \text{ mm}} = 120 \text{ kg}$$

Con este valor, y mediante el software *Working Model*, realizo una serie de iteraciones hasta hallar la constante elástica K que debe tener el amortiguador trasero para dotar a la moto del valor de SAG deseado.

Para ello, se realiza un modelo geométrico que simule el sistema de amortiguación trasero en el espacio de trabajo del software *Working Model*. Y a continuación se aplica una carga en *Newtons* sobre el punto que simularía el eje trasero, equivalente a la masa calculada que descansa sobre el eje trasero (ver ilustración 64).

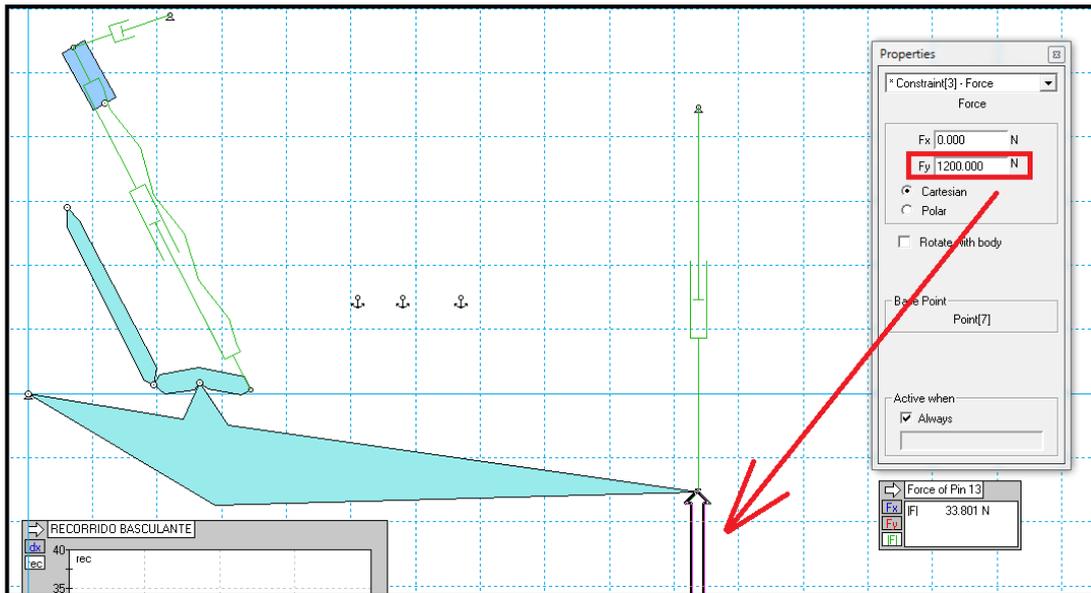


Ilustración 64: Configuración del software *Working Model*.

Después de realizar una serie de iteraciones se obtiene que con un valor de $K = 140\text{N/mm}$, el recorrido vertical del basculante es de 35.86mm, un poco superior al SAG deseado, pero que con la precarga disponible en el amortiguador se puede controlar (ver ilustración 65).

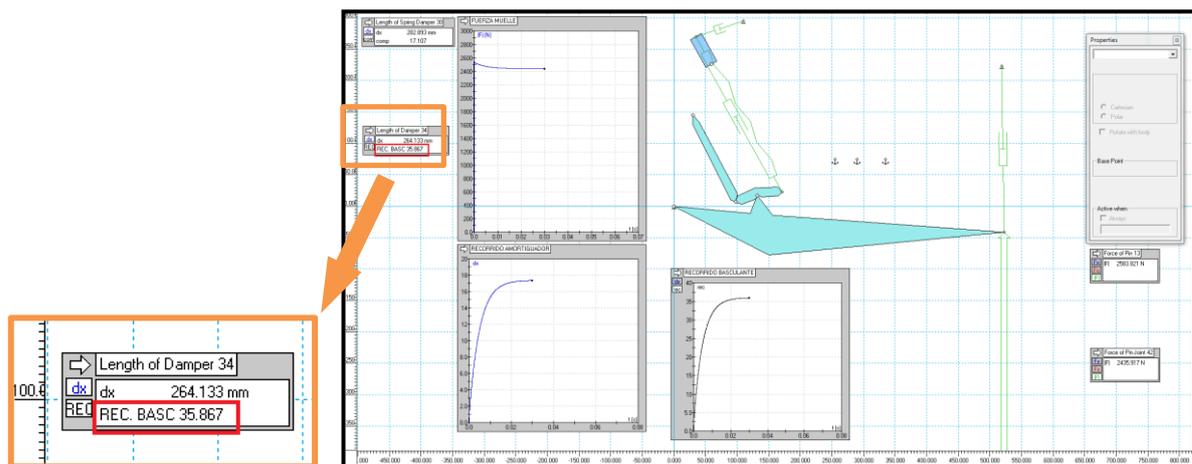


Ilustración 65: Resultados obtenidos con *Working Model*.

1.7.1.4. Simplificaciones adoptadas.

Para realizar el análisis se importa al software de cálculo un ensamblaje CAD que contiene únicamente los elementos estructurales y mecánicos indispensables que componen la parte de ciclo e interactúan entre sí en la absorción y transmisión de esfuerzos y cargas.

El motor ha sido sustituido por un cuerpo que simula la tapa que va anclada al chasis y el piñón de salida de potencia para poder aplicar las cargas en el punto requerido.

El eje trasero ha sido suprimido y en su lugar el alojamiento del eje en el basculante, tomará una relación de rotación con respecto al suelo.

Del conjunto total de elementos se definen como sólido flexible los que van a ser analizados o se les va a aplicar cargas (ver ilustración 66). Y los que únicamente sirven como elemento virtual para simular el comportamiento del conjunto de la parte de ciclo, se definen como sólido rígido. El software por defecto define los sólidos como flexibles.

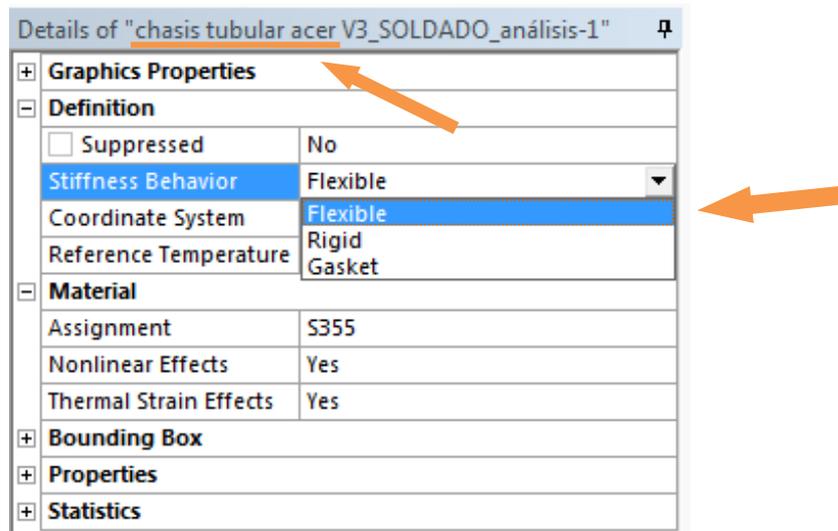


Ilustración 66: Propiedades del sólido a analizar.

Posteriormente, a los que se han definido como flexibles se les ha de asignar el material. Para el cuerpo del chasis compuesto por los elementos que se fabricarán en acero se asignará el material S355, y a los tirantes fabricados en aluminio: Al 2011

1.7.1.5. Condiciones de contorno.

A continuación, se aplican las conexiones oportunas entre los elementos:

De tipo “contacto garantizado” (“bonded contact”) (ver ilustración 67) para las piezas que van unidas solidariamente. El software requiere que al menos una de estas piezas sea sólido flexible.

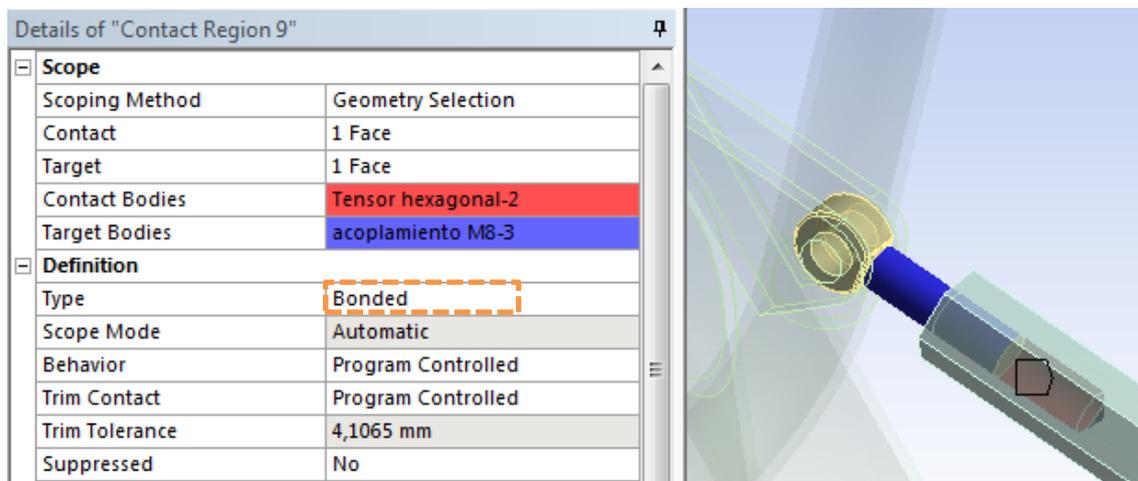


Ilustración 67: Ejemplo de conexión de contacto garantizado.

De tipo “junta” (“joint”) entre los elementos que tienen cierto movimiento o desplazamiento relativo entre sí. Este tipo de conexiones son válidas entre sólidos rígidos, entre sólidos rígidos flexibles y entre sólidos y el suelo.

De este tipo de juntas, se emplean diversos tipos:

- “Revolute”, para uniones cilíndricas que tienen permitida la rotación sobre su eje común. (Ver ilustración 68).

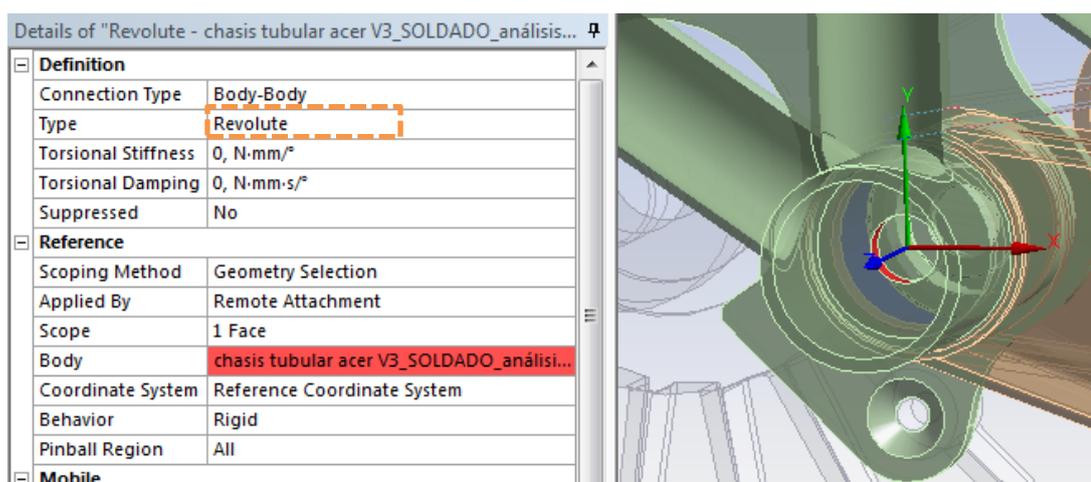


Ilustración 68: Ejemplo conexión "revolute" (chasis-basculante).

- “Planar”, para uniones que tienen permitido el desplazamiento en el plano de contacto. (Ver ilustración 69).

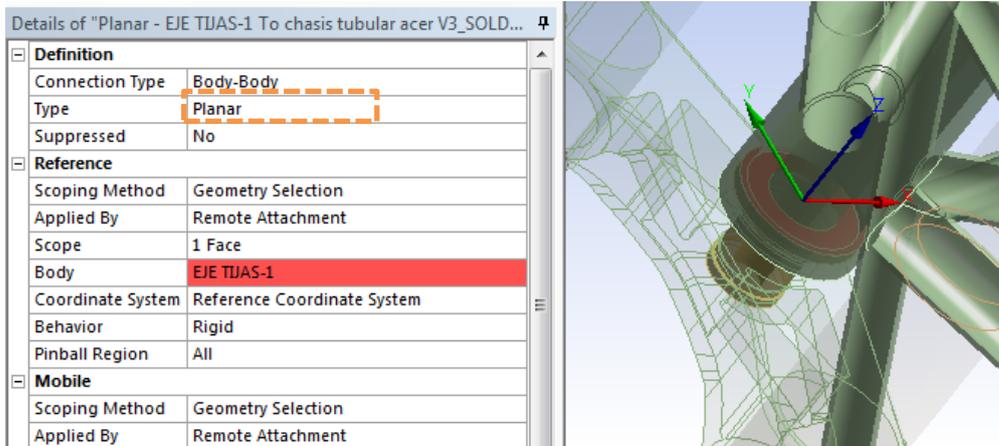


Ilustración 69: Ejemplo junta “planar” (pipa dirección - eje tijas).

- “Translational”, para uniones entre piezas que tienen movimiento lineal relativo. (Ver ilustración 70)

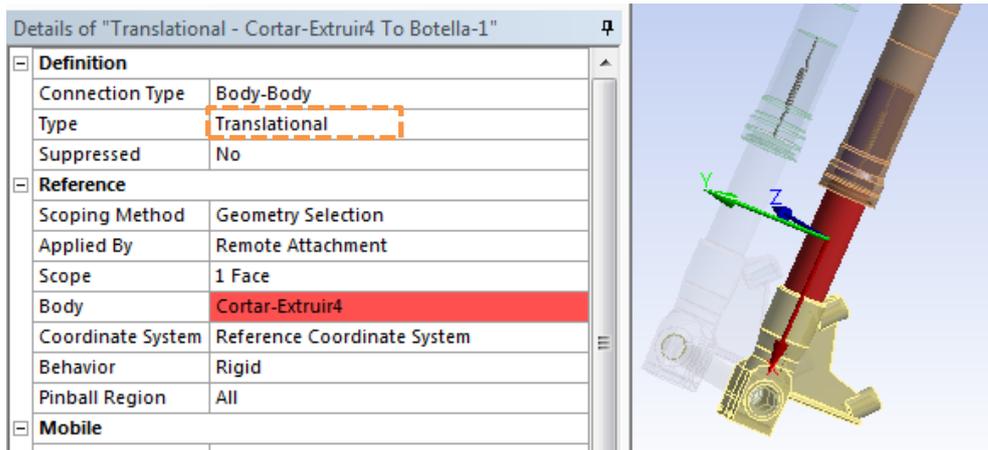


Ilustración 70: Ejemplo junta “translational” (vástago amortiguador - botella amortiguador).

- “Fixed”, para uniones fijas entre elementos. (Ver ilustración 71).

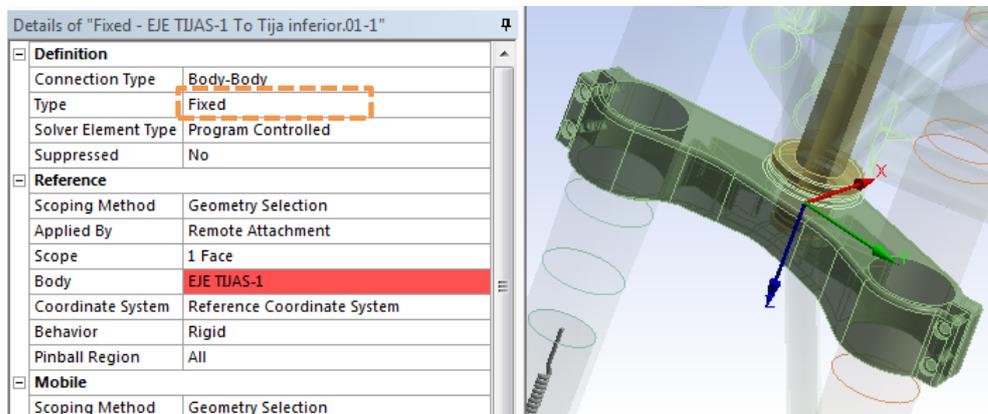


Ilustración 71: Ejemplo junta “fixed” (tija inferior - eje tijas).

Y para simular la progresión del sistema de amortiguación, se aplican conexiones de muelle "spring" entre los vástagos y los cilindros para cada barra de la horquilla y el amortiguador, indicando el valor de la constante elástica K para cada uno, definido en el apartado anterior. (Ver ilustraciones 72 y 73).

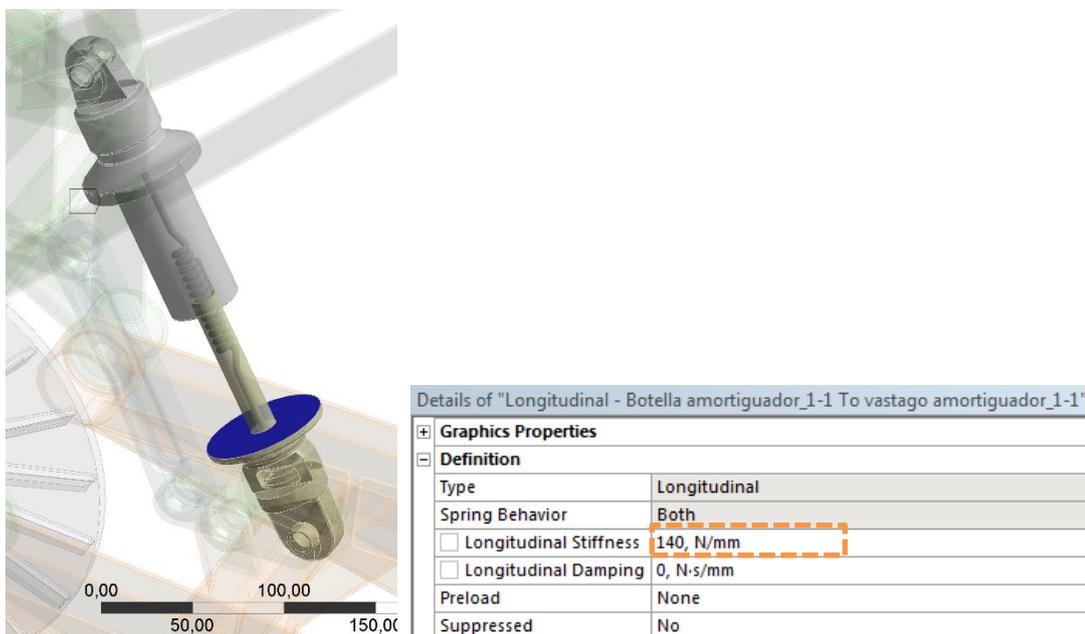


Ilustración 72: Configuración "spring" en el amortiguador trasero.

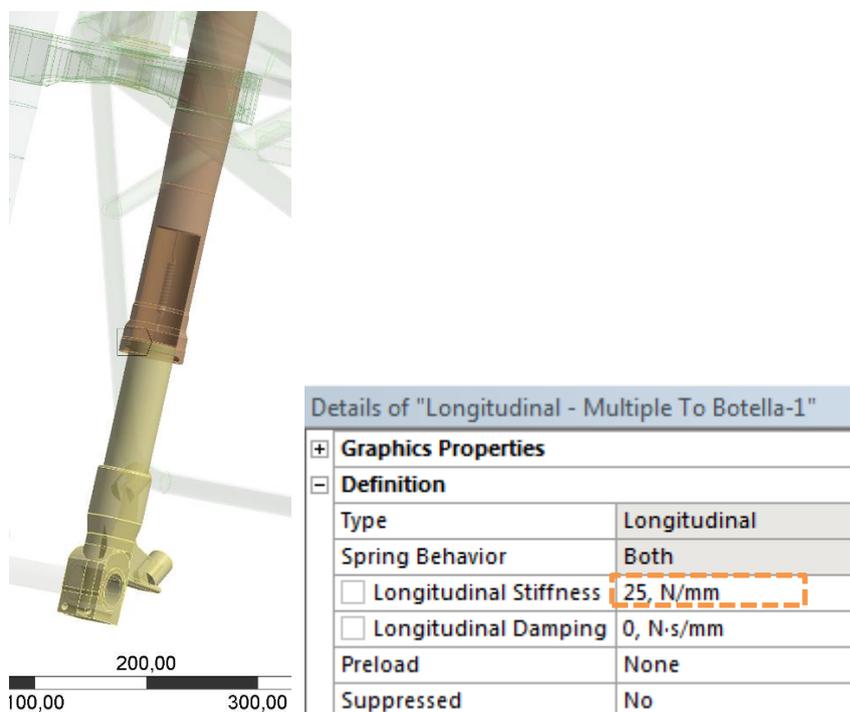


Ilustración 73: Configuración "spring" en la barra de la horquilla delantera.

1.7.1.6. Discretización.

La discretización realizada a las piezas para poder analizarlas se ha llevado a cabo mediante un proceso iterativo de mallado adaptativo, refinando las partes del modelo con mayores solicitaciones, para obtener una precisión adecuada en los resultados sin que el coste computacional de la simulación sea excesivo.

Se ha aplicado la siguiente configuración de mallado:

- Unos valores de refinamiento intermedios, aplicados a todos los elementos a mallar. (Ver ilustración 74).

Details of "Mesh"	
[-] Display	
Display Style	Body Color
[-] Defaults	
Physics Preference	Mechanical
<input type="checkbox"/> Relevance	0
[-] Sizing	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Medium
<input type="checkbox"/> Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	High
Transition	Slow
Span Angle Center	Medium
Minimum Edge Length	1,7448e-004 mm

Ilustración 74: Configuración general del mallado.

- En las zonas con mayores solicitaciones de carga del chasis, aplico un método de refinamiento "refinement" de valor 2. (Véase ilustración 75).

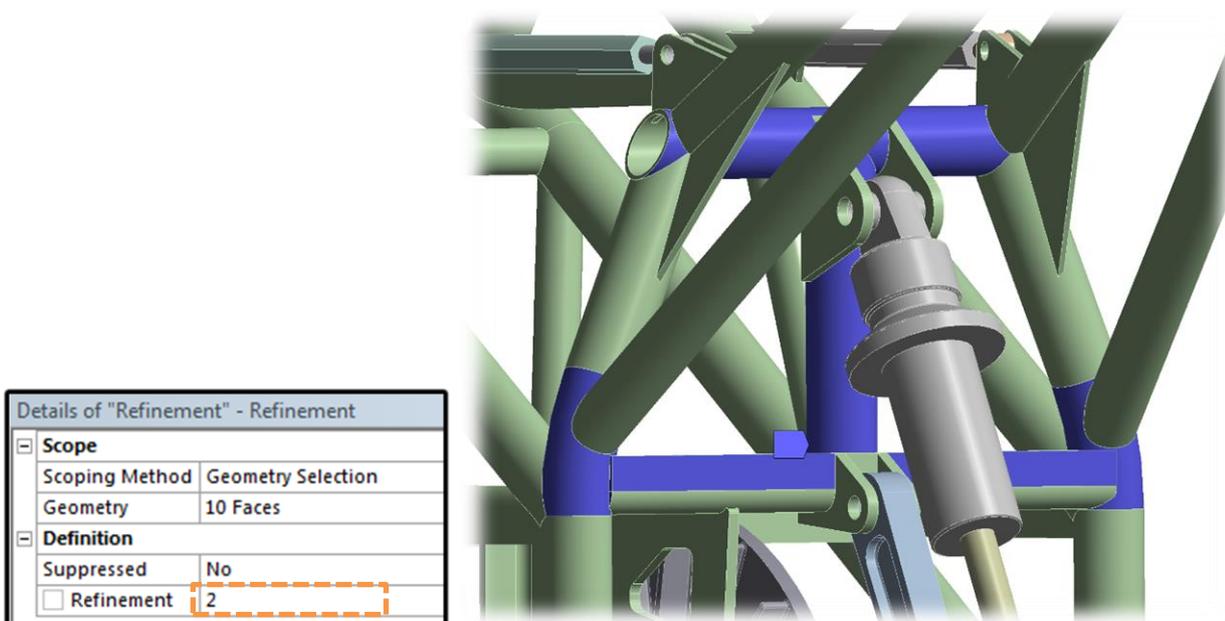


Ilustración 75: Configuración del método de refinamiento.

La zona refinada queda como se observa en la ilustración 76:

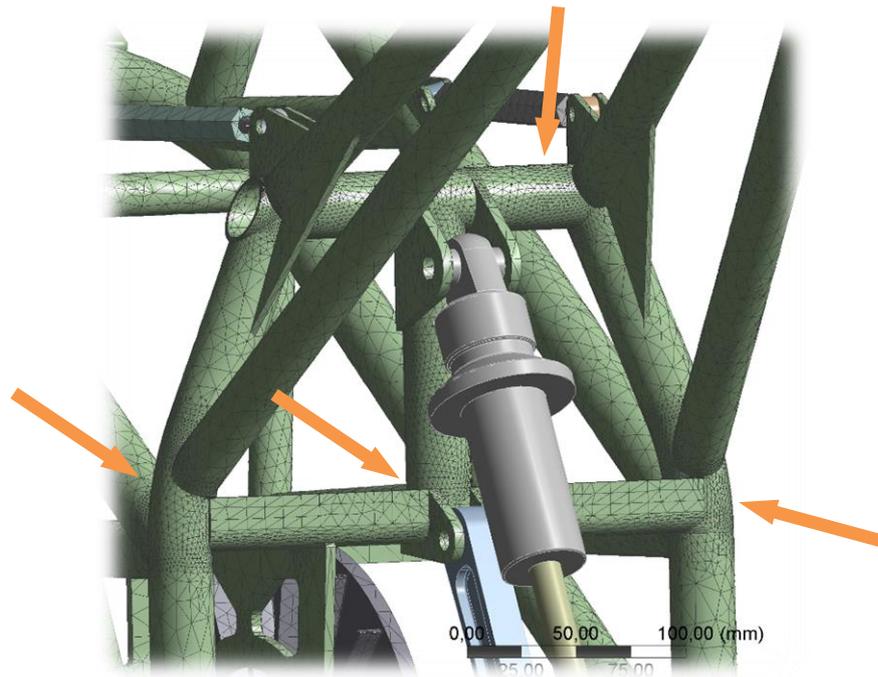


Ilustración 76: Detalle del refinamiento de mallado.

Y el mallado del conjunto total:

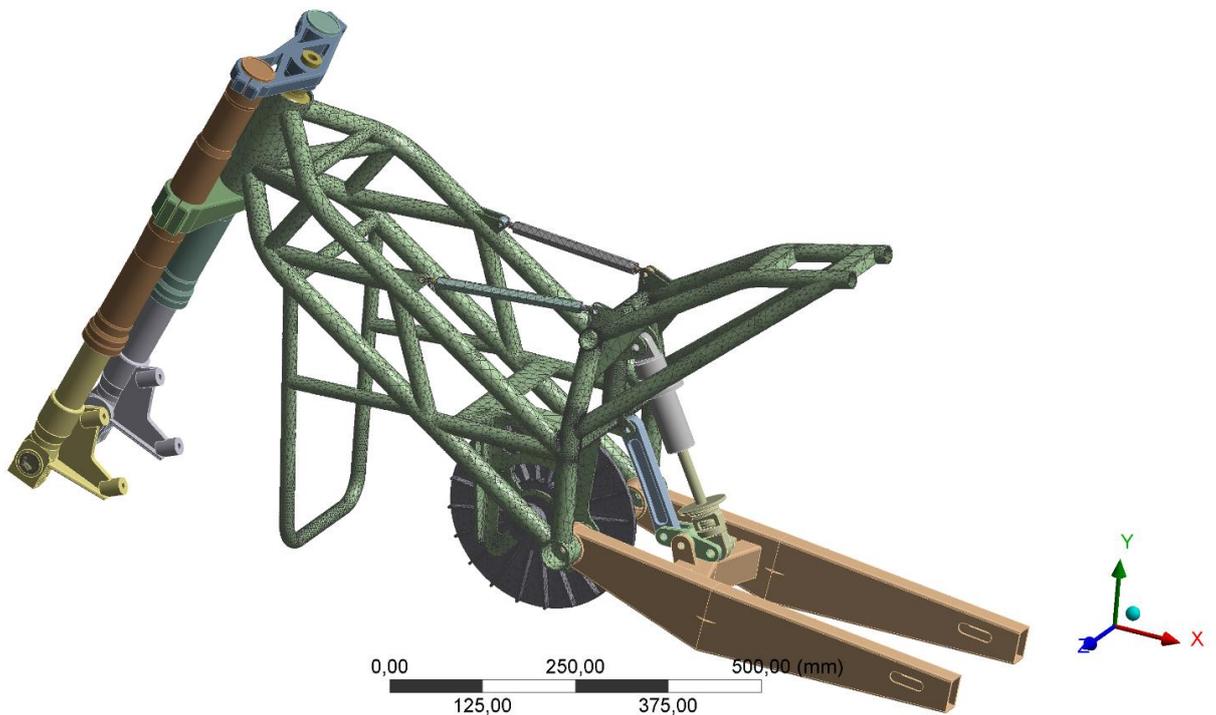


Ilustración 77: Mallado total resultante.

En la ilustración 77 se observan las piezas definidas como sólidos rígidos, ya que no están mallados.

En la tabla 19 se presenta el resumen de las características de la malla aplicada:

Elemento	Tipo de malla	Tipo de elemento	Nº de nodos	Nº de elementos
Chasis	Tridimensional	Tetraedro	332760	174306
Simil motor	Tridimensional	Tetraedro	232103	162913
Eje delantero	Tridimensional	Tetraedro	25997	16479
Tensor hexagonal	Tridimensional	Tetraedro	4353	2629
Conjunto total	Tridimensional	Tetraedro	601992	359393

Tabla 19: Características de la malla aplicada en el análisis a cada elemento de la parte de ciclo.

1.7.1.7. Ensayo 1: carga aplicada longitudinalmente.

En este ensayo se simula la resistencia que tiene el chasis cuando la moto se somete a la carga de 300 Kg aplicada longitudinalmente en el test de resistencia que se realizara a la moto previo a la carrera, en la competición *Motostudent*.

1.7.1.7.1. Configuración del análisis MEF:

Para obtener los resultados buscados, configuro el análisis aplicando las solicitaciones indicadas y calculadas anteriormente en el apartado de cálculos previos, en la parte de la moto donde tienen lugar. Quedando distribuidas tal y como se observa en la ilustración 78.

G: Análisis Carga longitudinal

Static Structural
 Time: 2, s
 05/04/2017 21:23

- A** Carga longitudinal: 3000, N
- B** Restricción eje delantero
- C** Gravedad de la tierra: 9,8066 m/s²
- D** Peso Acumulador en soporte central: 490, N
- E** Momento de reacción al par motor: 80, N·m
- F** Peso Acumulador en Arco inferior frontal: 490, N
- G** Fuerza reacción a la tracción del motor: 3106,9 N

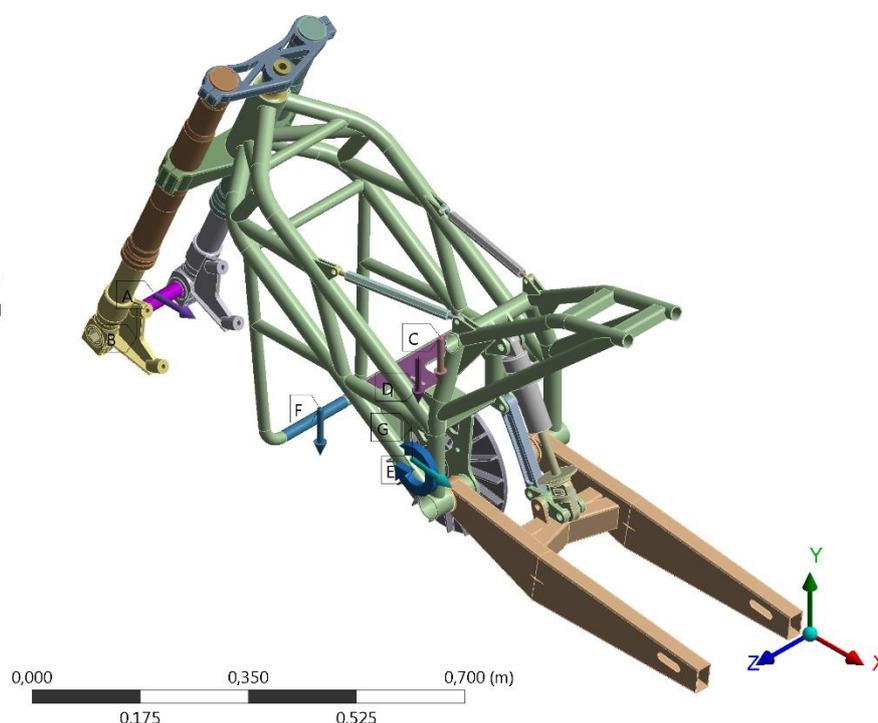


Ilustración 78: Aplicación de cargas en el ensayo de carga longitudinal.

1.7.1.7.2. Resultados:

El comportamiento del conjunto frente a las cargas aplicadas es el siguiente:

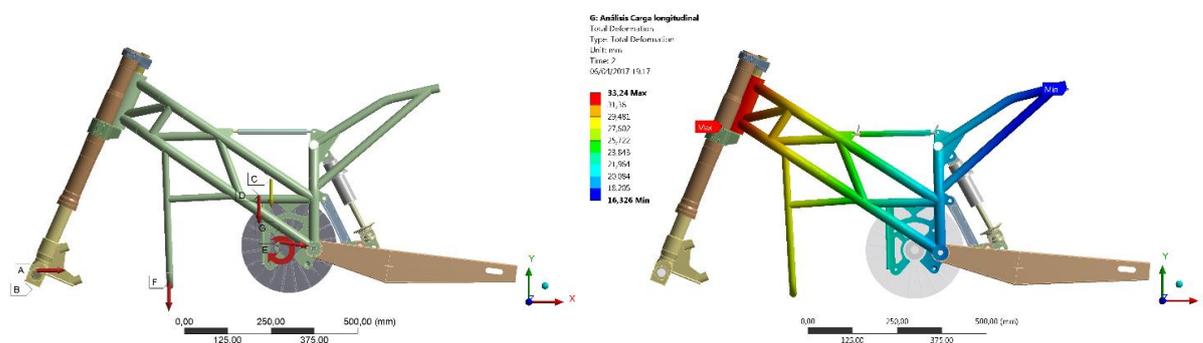


Ilustración 79: desplazamiento (escala 1:1) debido al efecto de la carga longitudinal.

En la ilustración 79 se observa que el conjunto de elementos de la parte de ciclo se desplaza siguiendo un comportamiento que se corresponde con la realidad.

En la ilustración 80 se observa la reacción que se genera en la unión del alojamiento del eje trasero con el suelo virtual. Definida como “*revolute joint*” en el apartado de condiciones de contorno.

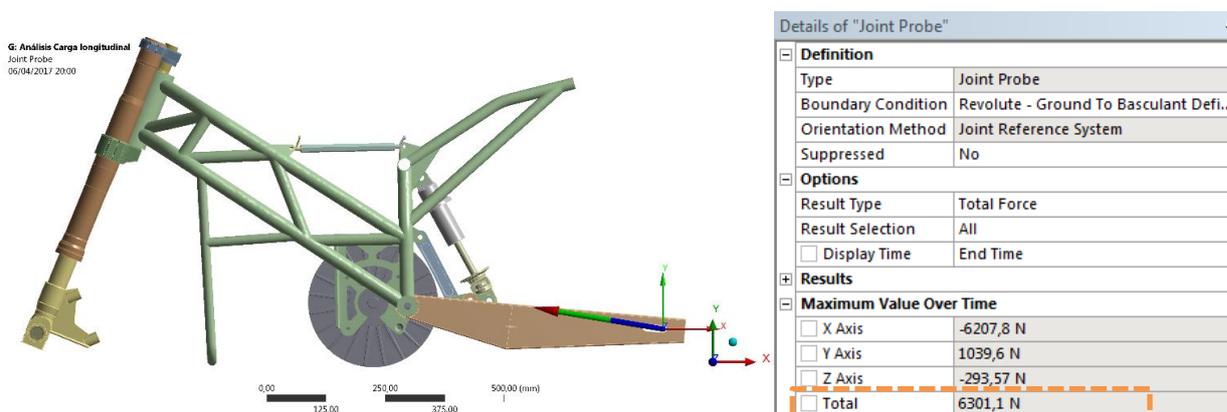


Ilustración 80: Valor de la reacción en el eje trasero debida a la carga longitudinal.

El valor de la fuerza de reacción en el eje trasero se corresponde con el de las cargas aplicadas al modelo, donde la magnitud en el eje X, compuesta por la carga longitudinal y la fuerza generada por el motor debe recaer totalmente sobre dicho eje, ya que el eje delantero tiene libertad de movimiento en la dirección del eje X.

Con estas observaciones se asegura que esta simulación mecánica se comporta adecuadamente.

Como el comportamiento del conjunto articulado es correcto, se pueden tomar como válidos los resultados que se obtienen en esta simulación.

En la ilustración 81 se muestra la distribución de tensiones en el chasis:

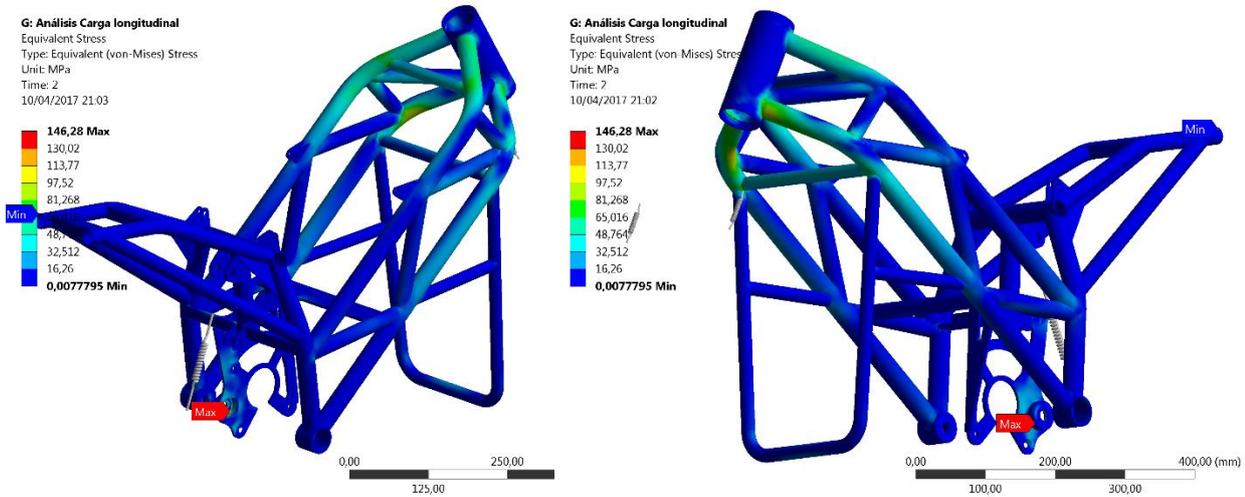


Ilustración 81: Tensiones de Von Mises resultantes de la simulación con carga longitudinal.

De este resultado de tensiones muestra que la mayor concentración de tensiones aparece en el anclaje del soporte del motor, como consecuencia de las cargas que este ejerce sobre la estructura.

En la ilustración 82 se observa el valor del factor de seguridad obtenido en la simulación mediante la comparación límite elástico del material con las tensiones de Von Mises resultantes, así como la distribución del mismo en el chasis, en función de la carga concentrada en cada zona de la estructura.

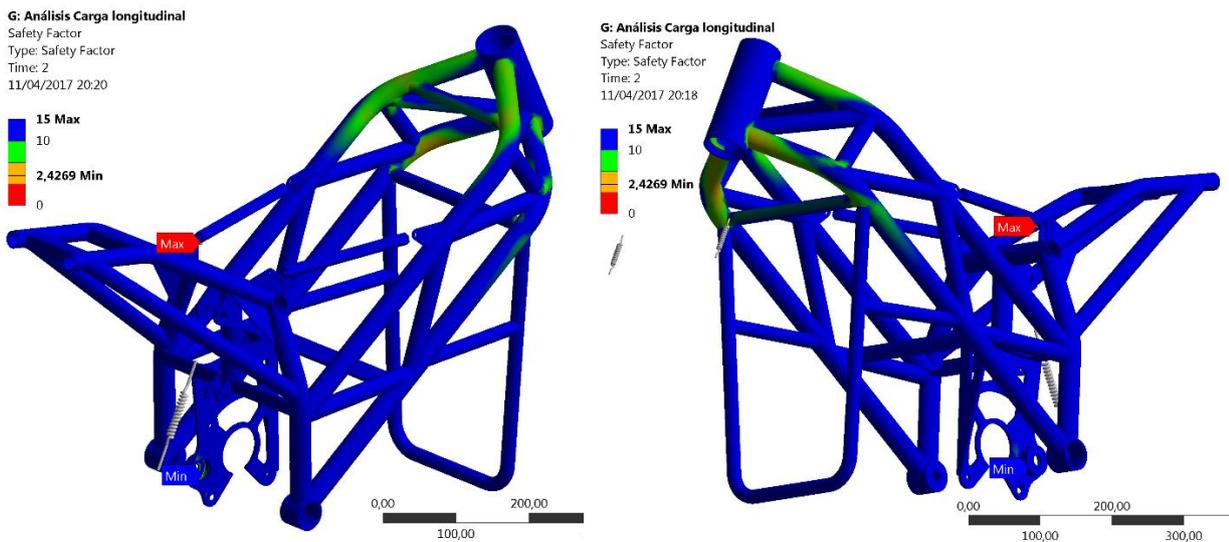


Ilustración 82: Factor de seguridad resultante de la simulación con carga longitudinal.

La ilustración 82 muestra que el valor mínimo del factor de seguridad es de 2.42 y se concentra en el anclaje del soporte del motor al basculante. Este valor es superior al tomado como limitante 1,5. Por tanto, el resultado de este análisis aprueba la eficacia estructural del chasis frente a sollicitaciones longitudinales aplicadas en el eje frontal.

1.7.1.8. Ensayo 2: carga aplicada verticalmente sobre el asiento.

En este ensayo se simula la resistencia que tiene el chasis cuando la moto se somete a la carga de 250 Kg aplicada verticalmente, sobre el asiento del piloto, en el test de resistencia estructural que se realizara a la moto previo a la carrera, en la competición *Motostudent*.

1.7.1.8.1. Configuración del análisis MEF:

Para obtener los resultados buscados, configuro el análisis aplicando las sollicitaciones indicadas y calculadas anteriormente en el apartado de cálculos previos, en la parte de la moto donde tienen lugar. Quedando distribuidas tal y como se observa en la ilustración 83.

F: Análisis Carga vertical

Static Structural
Time: 2, s
10/04/2017 21:28

- A Restricción eje delantero
- B Carga vertical en asiento 1: 1250, N
- C Gravedad de la tierra: 9806,6 mm/s²
- D Peso Acumulador en soporte central: 490, N
- E Carga vertical en asiento 2: 1250, N
- F Momento de reacción al par motor: 80000 N-mm
- G Peso Acumulador en Arco inferior frontal: 490, N
- H Fuerza reacción a la tracción del motor: 3106,9 N

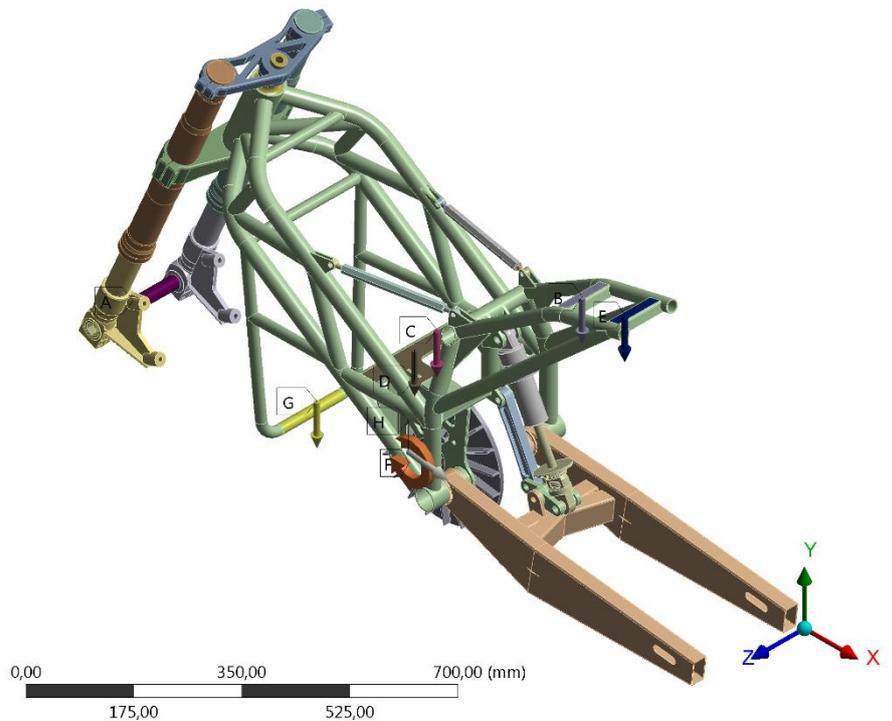


Ilustración 83: Aplicación de cargas en el ensayo de carga vertical.

1.7.1.8.2. Resultados:

El comportamiento del conjunto frente a las cargas aplicadas es el siguiente:

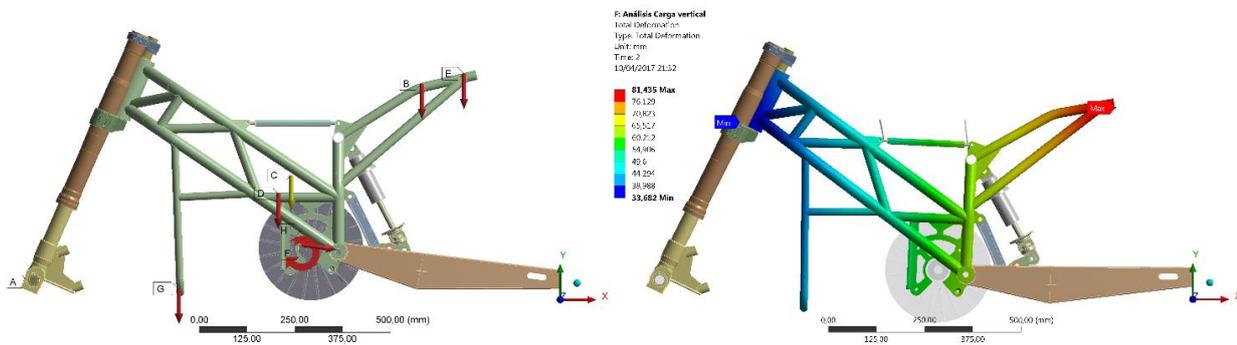


Ilustración 84: desplazamiento (escala 1:1) debido al efecto de la carga vertical.

En la ilustración 84 se observa que el conjunto de elementos de la parte de ciclo se desplaza siguiendo un comportamiento que se corresponde con la realidad.

En la ilustración 85 se observa la reacción que se genera en la unión del alojamiento del eje trasero con el suelo virtual. Definida como “revolute joint” en el apartado de condiciones de contorno.

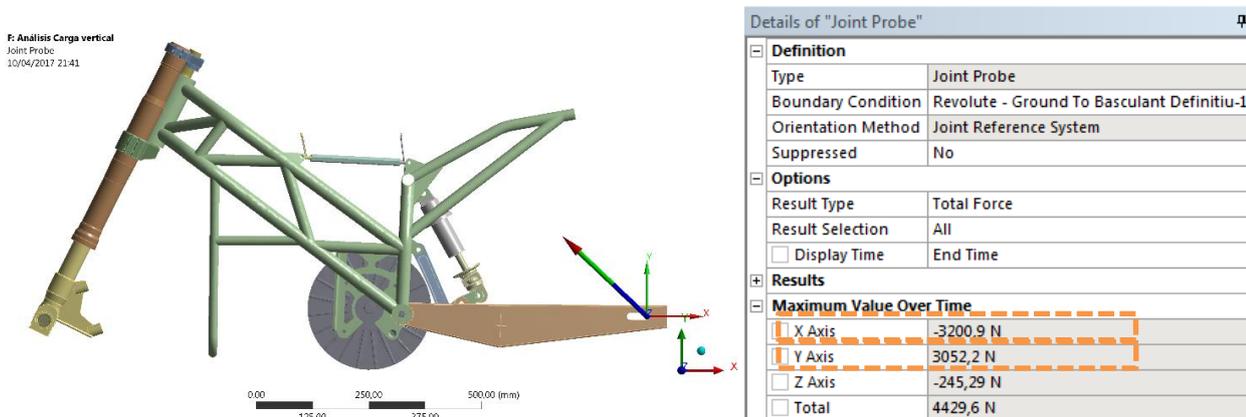


Ilustración 85: Valor de la reacción en el eje trasero debida a la carga vertical.

El valor de la fuerza de reacción en el eje trasero se corresponde con el de las cargas aplicadas al modelo, donde la magnitud en el eje X está compuesta por la fuerza generada por el motor, que debe recaer totalmente sobre dicho eje, ya que el eje delantero tiene libertad de movimiento en la dirección del eje X. Y la magnitud en sentido del eje Y, está compuesta por la parte proporcional de las cargas verticales aplicadas, que recae en el eje trasero.

Con estas observaciones se asegura que esta simulación mecánica se comporta adecuadamente.

Como el comportamiento del conjunto articulado es correcto, se pueden tomar como válidos los resultados que se obtienen en esta simulación.

En la ilustración 86 se muestra la distribución de tensiones en el chasis:

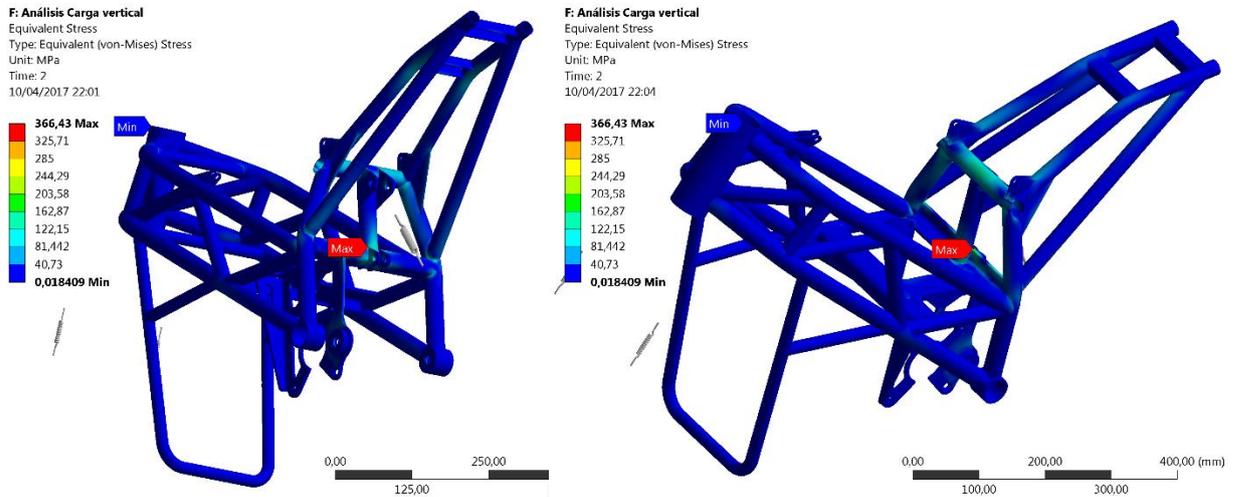


Ilustración 86: Tensiones de Von Misses resultantes de la simulación con carga vertical.

De este resultado de tensiones muestra que la mayor concentración de tensiones aparece en la zona de anclaje del sistema de amortiguación trasero, como consecuencia de las cargas que éste ejerce sobre la estructura a soportar el peso que recae sobre el eje trasero.

En la ilustración 87 se observa el valor del factor de seguridad obtenido en la simulación mediante la comparación límite elástico del material con las tensiones de Von Misses resultantes, así como la distribución del mismo en el chasis, en función de la carga concentrada en cada zona de la estructura.

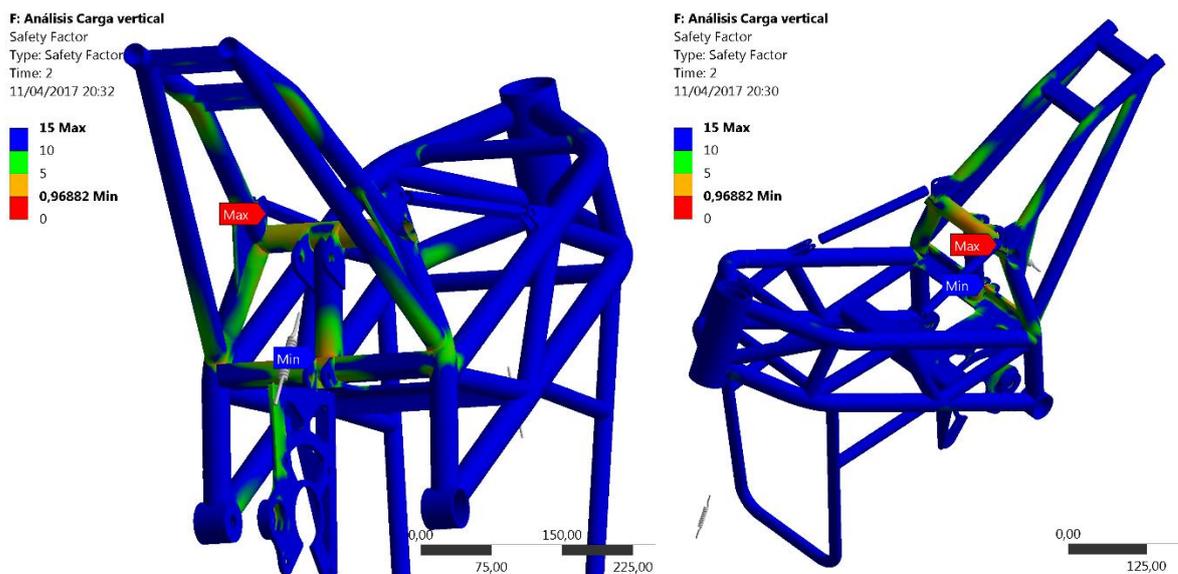


Ilustración 87: Factor de seguridad resultante de la simulación con carga longitudinal.

La ilustración 87 muestra que el valor mínimo del factor de seguridad es de 0.96 y se concentra en la unión de la plataforma central del chasis con el refuerzo vertical de unión de los puntos de anclaje del amortiguador. Este valor es inferior al tomado como limitante 1,5, pero como se encuentra en un punto de unión y de concentración de tensiones donde se va a aplicar un cordón de soldadura que suavizará las esquinas de concentración de tensiones. Éste resultado podría obviarse de ser algo puntual y causado por el efecto de la concentración de tensiones.

Para evaluar si este resultado es crítico se inspecciona en detalle la zona circundante al punto localizado de concentración de tensiones.

Mediante un plano de sección se observa el grado de afección en la zona, con la escala cromática correspondiente al valor del factor de seguridad.

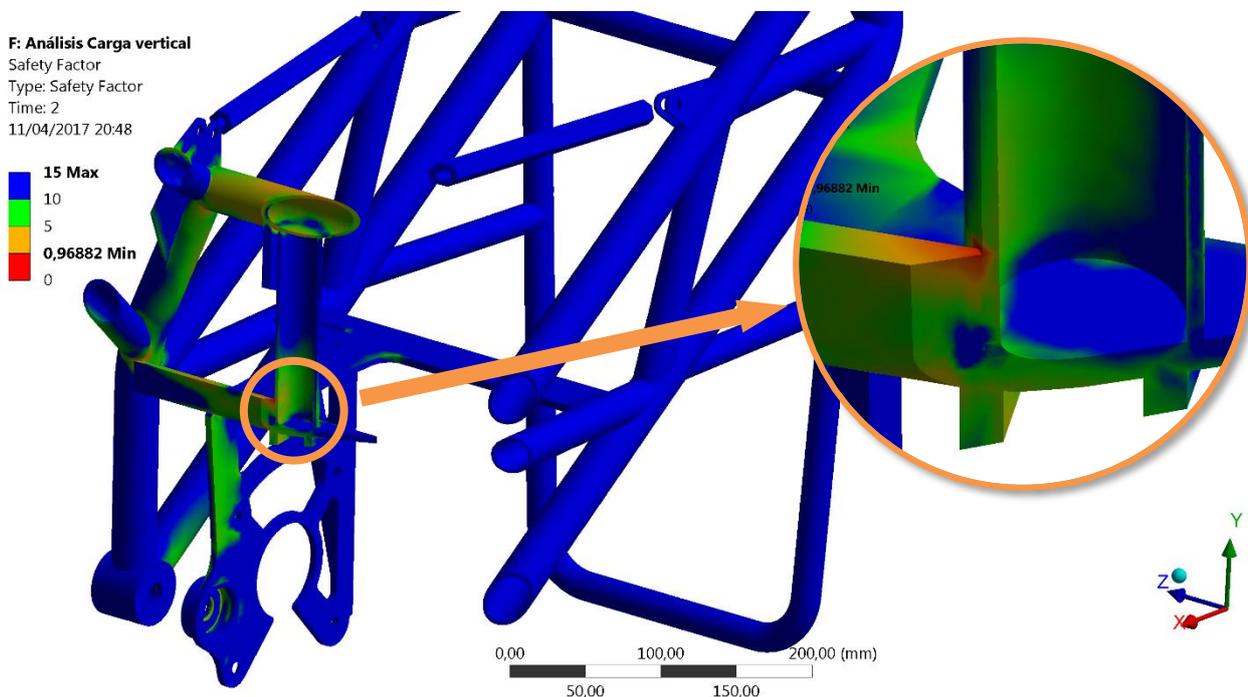


Ilustración 88: Detalle de la zona de tensiones críticas.

En la ilustración 88 se puede observar que la zona de concentración de tensiones se localiza puntualmente en el punto de unión, y que en su entorno inmediato el factor de seguridad supera el valor de 5. Con lo que se descarta una afección importante en la integridad de la estructura. Además, esta tensión máxima es de compresión, de acuerdo con la aplicación de cargas. Por tanto, se descarta la aparición de grietas en el cordón de soldadura por efecto de tensiones de tracción.

Mediante esta evaluación en detalle, y los resultados favorables obtenidos en el resto de la estructura, se aprueba la resistencia estructural del conjunto del chasis diseñado frente a las cargas que se aplicarán en los test previos a la carrera en la competición.

2. ANEXOS

2.1. Reglamento Motostudent® implicado en este proyecto.

2.1.1. Elementos que afectan al diseño del chasis, suministrados por la organización y de uso obligatorio en la motocicleta.

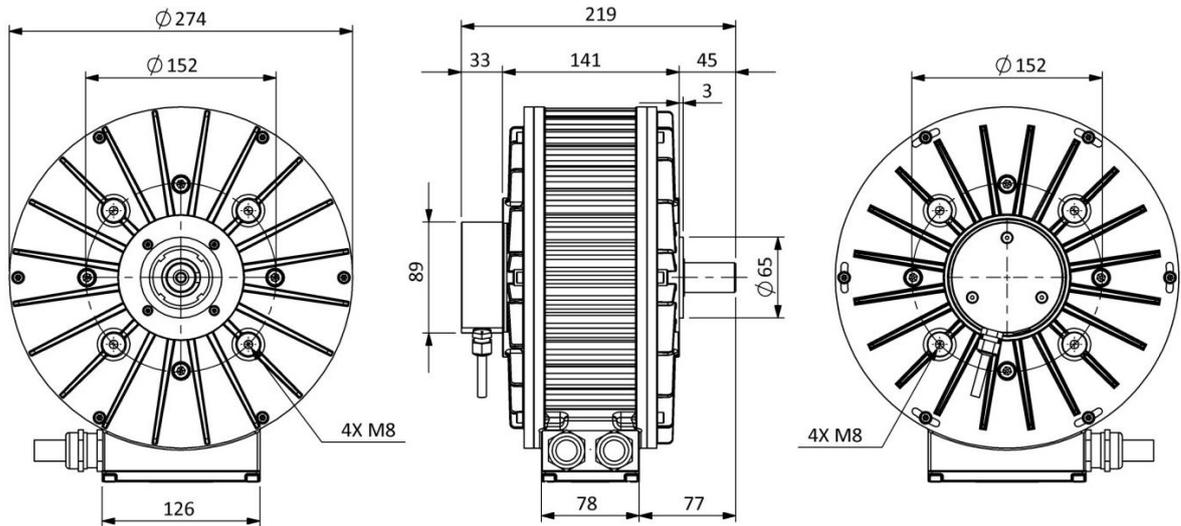


Ilustración 89: Dimensiones del motor.

PUNTOS DE ANCLAJE RECOMENDADOS

Se recomienda usar los puntos de anclaje originales para fijar el motor al chasis. El Heinzmann PMS150 está preparado con 4 puntos de anclaje roscados de M8.

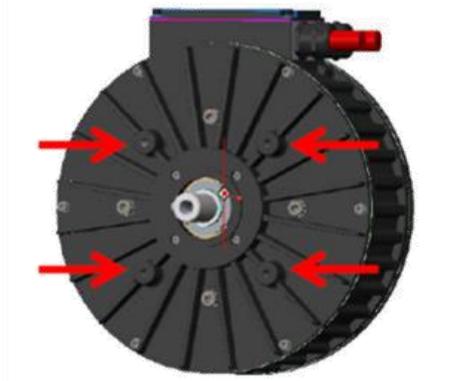
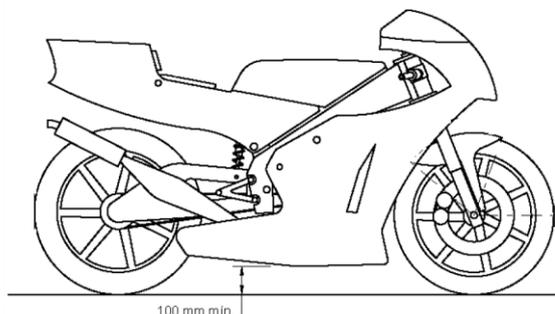


Ilustración 90: Indicaciones de anclaje recomendado por el fabricante.

2.1.2. Normativa aplicada en el diseño del chasis

- B.2.1.3 La distancia libre al pavimento con la motocicleta en posición vertical ha de ser de un mínimo de 100mm en cualquier situación de compresión de suspensiones o reglajes de geometrías.



B.3.3 Soldaduras y uniones

Está permitida la soldadura de elementos estructurales por cualquier medio, pero deberá resultar una estructura consistente.

- B.3.3.1 En las estructuras de tipo celosía se deberá buscar la correcta triangulación en los nodos de la estructura.



B.3.4 Topes anticaída

- B.3.4.1 Es obligatorio el uso de topes de Nylon, fibra o materiales de dureza similar para proteger el chasis y el motor lateralmente en caso de caída.

- B.3.4.2 Los topes anticaída podrán situarse tanto en el interior como en el exterior del carenado.



- D.3.4.2 Los contenedores de baterías deberán estar protegidos contra impactos laterales por el propio chasis de la moto.

- D.3.4.3 No se permite que el contenedor forme parte del chasis.

E.3.3 Banco de ensayo

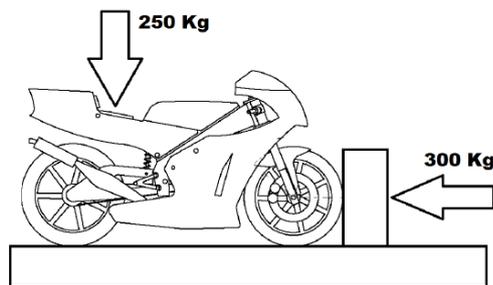
Si el Cuerpo Técnico de la Organización lo estimara necesario, se podrá someter a la moto a una serie de fuerzas horizontales y verticales en un banco de ensayos para comprobar rigidez del chasis, correcto ensamblaje, geometrías y trabajo de suspensiones.

E.3.3.1 Se aplicarán sobre la moto las siguientes fuerzas:

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

E.3.3.2 Estas cargas se aplicarán sucesivamente 2 veces consecutivas y se verificará que la medida es repetitiva en cuanto a deformación con un error entre medidas inferior a un 10% y que no aparece ningún tipo de fallo o fisura en los componentes estructurales o elementos de unión.

E.3.3.3 Descripción gráfica de la prueba:



2.2. Elementos adicionales involucrados en el diseño. Especificaciones y características.

2.2.1. Barras horquilla.

Las barras que se han seleccionado para montar en el prototipo se toman de una moto de calle, concretamente de una Suzuki GSXR 750.



Ilustración 91: Barra horquilla delantera.

Y las características de serie de las mismas son:

- Recorrido máximo de 115mm.
- Distancia máxima del eje al tope de la botella de 730mm.
- Ajustes:
 - velocidad del rebote.
 - precarga de muelle.
 - velocidad de compresión.

2.2.2. Amortiguador trasero.



Ilustración 92: Mono amortiguador trasero Hagon M64044 N.

- Distancia entre centros de anclajes: 300mm.
- Recorrido: 50mm.
- Ajustes:
 - Precarga del muelle.
 - Regulación velocidad del rebote.

2.2.3. Estribos apoyo piloto.

Para que el piloto apoye los pies, se han escogido unos estribos ligeros, procedentes de una motocicleta de calle (Derbi GPR 50), fabricados en aleación de aluminio, y que tienen una distancia entre centros de los puntos de montaje de 72milímetros.



Ilustración 93: Estribos procedentes de una "Derbi gpr 50".

2.2.4. Rotulas.

Cabezas de articulación
Rod ends

Sigla ¹⁾ Designation ¹⁾	Dimensiones mm Dimensions mm											Grados Degrees	Distancia de los bordes (mm.) Distance from edges (mm.)	Coeficientes de Carga Ratings load		Peso Weight
	d H7	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	B	C	D	h ₁	l ₁	l ₂			Dinámico C Dinamyc C KN	Estático C ₀ Static C ₀ KN	
TSM 5	5	7,7	16	M 5x0,8	11,11	8	6	13	33	20	41	13	0,3	3,3	4,1	0,013
TSM 6	6	8,9	18	M 6x1	12,70	9	6,7	16	36	22	45	13	0,3	4,3	5,3	0,020
TSM 8	8	10,3	22	M 8x1,25	15,88	12	9	19	42	25	53	14	0,3	6,8	9,2	0,03
TSM 10	10	12,9	26	M 10x1,5	19,05	14	10,5	22	48	29	61	13	0,3	10	12	0,05
TSM 12	12	15,4	30	M 12x1,75	22,23	16	12	26	54	33	69	13	0,3	13	17	0,085
TSM 12,1	12	15,4	30	M 12x1,25	22,23	16	12	26	54	33	69	13	0,3	13	17	0,085
TSM 14	14	16,8	34	M 14x2	25,40	19	13,5	28	60	36	77	16	0,3	17	22	0,12
TSM 16	16	19,3	40	M 16x2	28,58	21	15	32	66	40	85	15	0,3	21	28	0,18

Cabezas de articulación / Rod ends

Ilustración 94: Recorte del catálogo de rótulas ISB.

2.2.5. Rodamientos de dirección.

SAC 3055-1 KOYO	
Symbol	SAC 3055-1
Description	Single row angular-contact ball bearing, Steering bearing
Brand	KOYO
Dimensions	30 x 55 x 17
Net price (with discount)	Please log in to see the price.

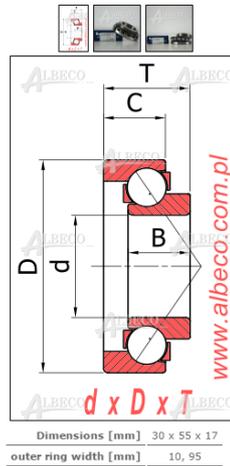


Ilustración 95: Información técnica rodamiento de dirección KOYO SAC 3055-1.



2.3. Acumulador.

2.3.1. Acumulador preliminar.

Éste acumulador se configura a partir de tres módulos conectados en serie, compuestos cada uno por 28 celdas comerciales capaces de suministrar la demanda energética del vehículo.

La celda elegida en cuestión se corresponde con la que se observa en la ilustración 96.

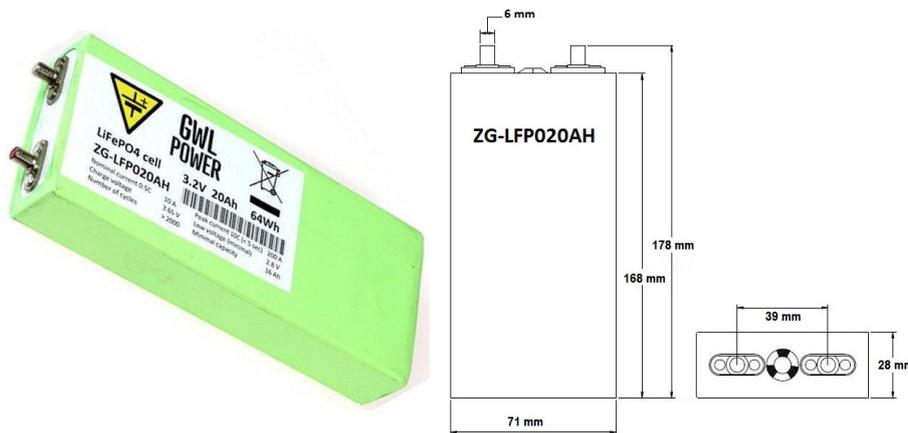


Ilustración 96: Forma y dimensiones celda preliminar.

Technical information.

- Nominal voltage **3.2 V**, operational voltage is **2.8 V - 3.65 V**
- The maximum charging voltage for initial charge **3.8 V**
- Recommended subsequent charging is to **3.65 V**
- The minimum voltage is **2.6 V**
- Maximum discharge current is **3C** continuously
- Peak discharge current is **10C** (for 15 seconds)
- Operating temperature **-25°C up to 50°C** (discharging)

Atendiendo a las características de la celda, se realizó el siguiente dimensionado, consistente en agrupaciones de celdas en 3 packs conectados en paralelo compuestos de 28 celdas en serie. Entregando una energía equivalente a:

$$28S \cdot 3.65V = 102.2V$$

$$3P \cdot 20A \cdot 10C = 600A$$

Más que suficiente para alimentar el motor que trabaja a una tensión de 96V y una corriente de pico de 550A.

El volumen resultante del agrupamiento de las celdas en serie queda como se observa en la ilustración 97.

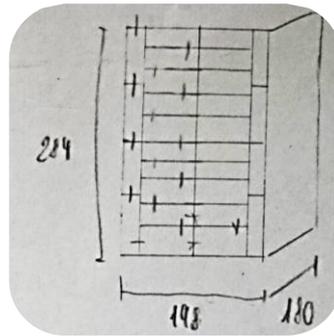


Ilustración 97: Forma y dimensiones del módulo de acumulador preliminar (cotas en mm).

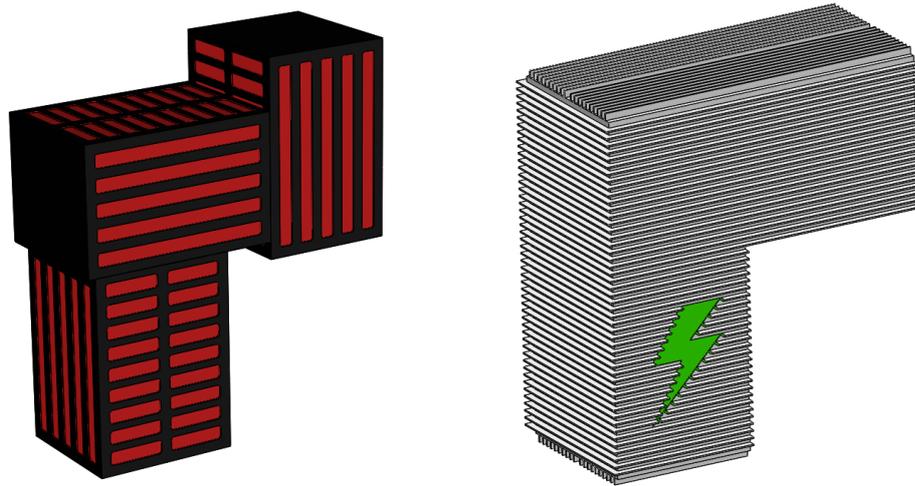


Ilustración 98: (Izq.) Conjunto bloques acumulador, (der.) Bloque único acumulador preliminar.

2.3.2. Acumulador definitivo.

Desarrollado por el departamento eléctrico y compuesto por 756 celdas MH118650. Y con una capacidad de 9kW/h. Sus dimensiones y forma se pueden observar en la ilustración 99.

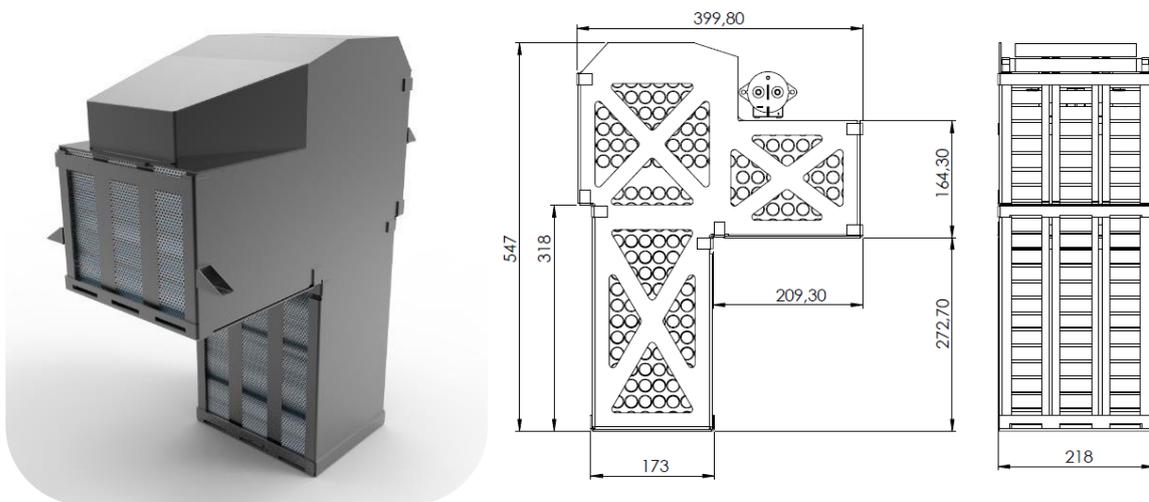


Ilustración 99: Acumulador definitivo.

2.4. Geometrías y efectos que intervienen en la dinámica de la motocicleta.

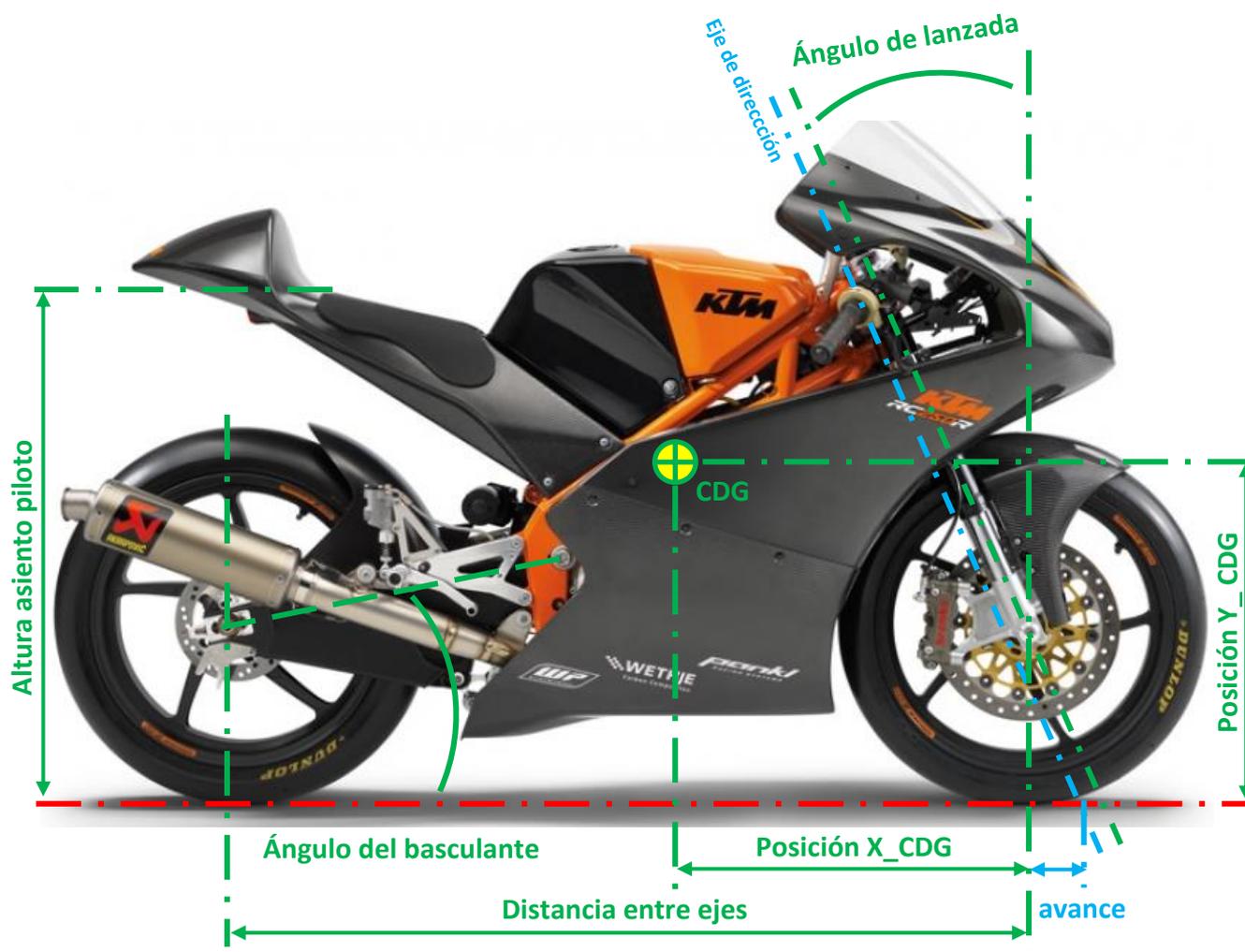


Ilustración 100: Cotas y geometrías en la motocicleta.

2.4.1. Ángulo de lanzada y distancia entre ejes.

La experiencia demuestra que un ángulo mayor en la dirección ofrece mayor estabilidad en detrimento de la agilidad al igual que una distancia mayor entre ejes. En caso contrario, al emplear un ángulo más cerrado y una distancia menor entre ejes, se favorece una respuesta más rápida a las acciones del piloto, pero conlleva un comportamiento más “nervioso” o inestable de la moto. Debido a esto se requiere en ocasiones el uso de componentes auxiliares como amortiguadores de dirección, y un mayor dominio de la moto y la trazada. Por tanto, para obtener un buen resultado es importante conseguir un compromiso entre estas variables y las habilidades del piloto, que a la vez dependerán de la ubicación del centro de gravedad y la calidad de los componentes montados que afectan al comportamiento de la moto.

2.4.2. “Squat” y “Anti-Squat”.

El squat y el anti-squat son unos efectos que aparecen en cualquier vehículo que tenga la tracción en el eje trasero, y que incluya un sistema de amortiguador que bascule sobre un eje situado delante del eje de giro de la rueda en el sentido de la marcha.

Estos efectos consisten en el hundimiento o levantamiento del tren trasero del vehículo cuando se efectúa una aceleración, y reciben su nombre, según si el efecto consiste en el hundimiento (squat o pro-squat) o levantamiento (anti-squat).

El tipo de reacción que se pueda tener, sea de levantamiento o hundimiento, depende fundamentalmente del ángulo del basculante, la posición del centro de gravedad del vehículo, la distancia entre ejes, y en caso de disponer de un sistema de tracción por cadena o correa, del ángulo del tramo tensado (superior) de ésta.

En una motocicleta, estos efectos, en función de su magnitud y combinados con otros factores, afectan a la conducción tal y como se describe a continuación:

- “Squat” o “pro-squat”: consiste en el hundimiento del tren trasero en aceleraciones, en condiciones normales y para un efecto de ligera magnitud, se tiene un comportamiento predecible de la motocicleta, con un correcto funcionamiento del sistema de amortiguación trasero y un aumento de la fuerza de contacto entre la rueda trasera y el suelo. Pero un exceso de este efecto combinado con un par elevado en la rueda en aceleración puede desencadenar en un levantamiento de la rueda delantera, o como se llama comúnmente: un caballito. Ya que se transfiere el centro de masas hacia abajo y hacia la parte trasera de la moto, y esto, desencadena en una pérdida de control en el tren delantero, debido a la pérdida de tracción en esta rueda.
- “Anti-squat”: Consiste en el levantamiento del tren trasero en aceleraciones. En condiciones normales ofrece la mejor respuesta en aceleración, ya que suprime las pérdidas derivadas de la absorción de energía por parte del amortiguador trasero, debido a que este efecto tiende a extender el amortiguador trasero hasta su límite, y elimina la posibilidad de que se comprima con la potencia del motor. En condiciones extremas de aceleración con alto par, esta configuración provoca que el amortiguador trasero se extienda completamente, llegando a anular su funcionamiento y produciendo que el tren trasero se comporte como un rígido sin amortiguación lo cual limita la absorción de irregularidades del suelo y puede reducir la tracción del neumático trasero en el instante que se produce el tope con la máxima extensión del amortiguador. Por otro lado, se reducen las posibilidades de que la moto levante el tren delantero, lo cual permite emplear mayor par y obtener una mayor aceleración del vehículo si se emplean neumáticos adecuados y el piloto desplaza su peso hacia la parte frontal de la moto.

2.4.3. La posición del eje motor y el eje del basculante.

La distancia existente entre el eje del motor y el eje de rotación del basculante condiciona el comportamiento del tren trasero, afectando a la variación del ángulo de la cadena o correa con relación al ángulo del basculante y a la variación de la tensión de la cadena con la rotación del basculante.

Cuanto más se aproximen el eje del basculante y el eje de salida del motor, más se reducirá la variación de la tensión de la cadena con relación al giro del basculante y la palanca generada por el axil de la cadena sobre la corona dentada de la rueda trasera será más constante, lo cual genera un comportamiento más suave, constante y predecible a lo largo del recorrido del basculante que en caso de tener los ejes más separados.

2.5. Sistemas de amortiguación trasera.

2.5.1. Progresión directa:

Consiste en la instalación del amortiguador directamente entre el basculante y el chasis, lo cual conlleva que la progresión (o variación) de la fuerza aplicada sobre el amortiguador, dependa únicamente de la geometría que se le otorgue al sistema y del tarado y la configuración del muelle del amortiguador.

Como ventajas frente al sistema de bieletas destaca la simplicidad, coste reducido y ligereza.

Y en cuanto a desventajas, destaca la limitación en las posibilidades de configuración.

2.5.2. Sistemas de bieletas:

Consiste en la instalación del amortiguador combinado con un sistema compuesto por bielas y manivelas, que en función de su geometría y disposición permiten generar curvas de progresión de la fuerza aplicada sobre el amortiguador totalmente ajustadas a las necesidades o requerimientos que se tengan. Además, ofrece un sinfín de configuraciones y una mayor versatilidad en la ubicación de las partes y aprovechamiento del espacio.

Como ventajas frente al sistema de progresión directa destaca la gran versatilidad y oferta de posibilidades de configuración.

Y en cuanto a desventajas, el coste superior y la complejidad de diseño, funcionamiento y mantenimientos.

2.6. Materiales.

En las tablas que se incluyen en este apartado se muestran los parámetros, propiedades y características principales de los materiales que se han elegido para fabricar los diferentes componentes del chasis.

2.6.1. Aceros:

Coeficientes del material para acero estructural Material coefficients of structural steel Proprietà del materiale acciaio			
α_s	coeficiente de dilatación térmica	α_s coefficient of linear thermal expansion	α_s Coefficiente di dilatazione termica
$\alpha_s = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$			
E_s	módulo de elasticidad	E_s modulus of elasticity	E_s Modulo elastico
$E_s = 210000 \text{ N/mm}^2 = 210000 \text{ MPa} = 210 \text{ kN/mm}^2 = 21000 \text{ kN/cm}^2 = 210000 \text{ MN/m}^2$			
G_s	módulo de cortadura	G_s shear modulus	G_s Modulo di rigidezza al taglio
$G_s = \frac{E_s}{2(1+\nu_s)}$			
$G_s \cong 81000 \text{ N/mm}^2 = 81000 \text{ MPa} = 81 \text{ kN/mm}^2 = 8100 \text{ kN/cm}^2 = 81000 \text{ MN/m}^2$			
ν_s	coeficiente de Poisson	ν_s Poisson's ratio	ν_s Coefficiente di Poisson
$\nu_s = 0,3$			
ρ_s	densidad	ρ_s unit mass	ρ_s Densità specifica
$\rho_s = 7850 \text{ kg/m}^3$			

Acero estructural s355 j2+N / s355 j2G3 / 1.0577

DECLARACIÓN DE PRESTACIONES
No.HR00016|CPR2013-07-01|FC|V007

1. Código de identificación única del producto tipo: 1.0577
2. Uso o usos previstos del producto de construcción, con arreglo a la especificación técnica armonizada aplicable, tal como lo establece el fabricante: Para ser utilizado como formatos en estructuras metálicas o en componentes metálicos y estructuras de hormigón.
3. Nombre, nombre o marca registrados y dirección de contacto del fabricante según lo dispuesto en el artículo 11, apartado 5:
ArcelorMittal Flat Carbon Europe S.A.
24-26, boulevard d'Avranches
L-1160 Luxembourg
Luxembourg
Tel: +34985126942 / +34914364560
Fax: +34915969569
e-mail: fermin.loredo@arcelormittal.com / gloria.dolado@arcelormittal.com
4. En su caso, nombre y dirección de contacto del representante autorizado cuyo mandato abarca las tareas especificadas en el artículo 12, apartado 2: No aplicable
5. Sistema o sistemas de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones del producto de construcción tal como figura en el anexo V:
Sistema 2+
- 6a. En caso de declaración de prestaciones relativa a un producto de construcción cubierto por una norma armonizada:
EN 10025-1: 2004
El Organismo Notificado Nº. (Ver lista) ha llevado a cabo:
- La inspección inicial de la fábrica de producción
- La auditoría de su plan de control, así como de su plan de vigilancia continua y emitido el correspondiente certificado de conformidad
- | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|------------------|------|--------|------|--------|---------|--------|
| Atlantique & Lorraine | Avilés | Bremen | Eisenhüttenstadt | Fos | Galati | Gent | Kraków | Ostrava | Sestao |
| 0333 | 0099 | 0045 | 0038 | 0333 | 1035 | 0036 | 0035 | 1020 | 1035 |
- 6b. En caso de declaración de prestaciones relativa a un producto de construcción para el que se ha emitido una evaluación técnica europea: No aplicable
7. Prestaciones declaradas

Características esenciales	Prestaciones				Especificación técnica armonizada		
	Espesor		EN 10051				
Tolerancias dimensionales y de forma	Planitud en hoja o formato		EN 10051		EN 10025-1: 2004		
	Espesor nominal (mm)		Valores				
Límite elástico	>	≤	R _{eH} min (MPa)				
			16	355			
			16	30		345	
Carga de rotura	Espesor nominal (mm)		Valores				
	>	≤	R _m min (MPa)	max (MPa)			
			3	510		680	
Alargamiento	Espesor nominal (mm)		Valores				
	>	≤	min (%)	Muestras			
			2	14		A80 (%)	
			2	2.5		15	A80 (%)
			2.5	3		16	A80 (%)
Resiliencia	Espesor nominal (mm)		Valores				
	>	≤	KV2Lmin (J)				
			30	27 a -20°C			
Soldabilidad CEV	Espesor nominal (mm)		Valores				
	>	≤	%				
			30	≤ 0.45			
Durabilidad	Espesor nominal (mm)		Valores				
	>	≤	%				
			C : ≤ 0.20 Si : ≤ 0.55 Mn : ≤ 1.60 P : ≤ 0.025 S : ≤ 0.025	Cu : ≤ 0.55			
			40				
			40	100	C : ≤ 0.22 Si : ≤ 0.55 Mn : ≤ 1.60 P : ≤ 0.025 S : ≤ 0.025	Cu : ≤ 0.55	

8. Documentación técnica adecuada o documentación técnica específica: No aplicable

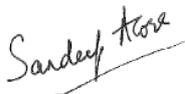
Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de prestaciones declaradas. La presente declaración de prestaciones se emite, de conformidad con el Reglamento (UE) no 305/2011, bajo la sola responsabilidad del fabricante arriba identificado.

Firmado por y en nombre del fabricante por:

Jean-Martin Van der Hoeven
Head of Marketing & Sales CMO FCE
Luxembourg, 2016-12-27

Sandeep Arora
Head of Product Marketing & Control
Luxembourg, 2016-12-27





Acero F114 (UNE) // 1045 (AISI/SAE) // 1.1191

F-1140

ACERO DE CONSTRUCCIÓN AL CARBONO

EQUIVALENCIA ENTRE DISTINTAS DESIGNACIONES

Designación		Otras designaciones								
Según EN 10083-1:1997		Alemania DIN 17200		Reino Unido BS 970	España UNE 36011		Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	ISO 683-1:1987	AISI SAE ASTM
Simbólica	Numérica	Designación	Número		Designación	Número				
C45E	1.1191	CK 45	1.1191	(080M46)	C45K	F1140	XC 45	C45	(C 45 E 4)	1042

La composición química de los aceros entre paréntesis difiere ligeramente de la definida en la norma EN 10083.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Análisis sobre colada (%)								
C	Si _{máx.}	Mn	P _{máx.}	S _{máx.}	Cr _{máx.}	Mo _{máx.}	Ni _{máx.}	Cr+Mo+Ni _{máx.}
0,42-0,50	0,40	0,50-0,80	0,035	0,035	0,40	0,10	0,40	0,63

Desviaciones admisibles entre el análisis del producto y los valores especificados para el análisis de colada

Elemento	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
Desviación admisible	±0,02	±0,03	±0,04	±0,005	±0,005	±0,05	±0,03	±0,05

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Ensayo de tracción				
Estado de temple y revenido (+QT)				
Diámetros nominales (mm)	Limite elástico	Resistencia a la tracción	Alargamiento	Estricción
	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A (%) L ₀ =5d Diámetro nominal (mm)	Z (%)
d ≤ 16	≥ 490	700-850	≥ 14	≥ 35
16 < d ≤ 40	≥ 430	650-800	≥ 16	≥ 40
40 < d ≤ 100	≥ 370	630-780	≥ 17	≥ 45

Ensayo de flexión por choque ¹⁾			
Estado de temple y revenido (+QT)			
Diámetros nominales (mm)			
d ≤ 16	16 < d ≤ 40	40 < d ≤ 100	
Energía absorbida mínima ²⁾ (Julios)			
25	25	25	

- 1) Ensayo de resistencia al impacto sobre probeta longitudinal con entalla Charpy en V a temperatura ambiente.
2) Valor mínimo de tres probetas. Ningún valor individual debe ser inferior al 70 % del valor medio mínimo.

Ensayo de tracción			
Estado de normalizado (+N)			
Diámetros nominales (mm)	Limite elástico	Resistencia a la tracción	Alargamiento
	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A (%) L ₀ =5d Diámetro nominal (mm)
d ≤ 16	≥ 340	620	≥ 14
16 < d ≤ 100	≥ 305	580	≥ 16
100 < d ≤ 250	≥ 275	560	≥ 16



Estas fichas son de carácter informativo. Las condiciones de suministro del material se basarán en las características concretas de fabricación y certificado de calidad del mismo.

Acero F111 (UNE)// S235 JR+N // 1.0038

DECLARACIÓN DE PRESTACIONES

No.HR00007|CPR2013-07-01|FC|V007

1. Código de identificación única del producto tipo:

1.0038

2. Uso o usos previstos del producto de construcción, con arreglo a la especificación técnica armonizada aplicable, tal como lo establece el fabricante: Para ser utilizado como formatos en estructuras metálicas o en componentes metálicos y estructuras de hormigón.

3. Nombre, nombre o marca registrados y dirección de contacto del fabricante según lo dispuesto en el artículo 11, apartado 5:

ArcelorMittal Flat Carbon Europe S.A.
24-26, boulevard d'Avranches
L-1160 Luxembourg
Luxembourg
Tel: +34985126942 / +34914364560
Fax: +34915969569

e-mail: fermin.loredo@arcelormittal.com / gloria.dolado@arcelormittal.com

4. En su caso, nombre y dirección de contacto del representante autorizado cuyo mandato abarca las tareas especificadas en el artículo 12, apartado 2: No aplicable

5. Sistema o sistemas de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones del producto de construcción tal como figura en el anexo V:
Sistema 2+

6a. En caso de declaración de prestaciones relativa a un producto de construcción cubierto por una norma armonizada:

EN 10025-1: 2004

El Organismo Notificado Nº. (Ver lista) ha llevado a cabo:

- La inspección inicial de la fábrica de producción

- La auditoría de su plan de control, así como de su plan de vigilancia continua y emitido el correspondiente certificado de conformidad

Atlantique & Lorraine	Avilés	Bremen	Eisenhüttenstadt	Fos	Galati	Gent	Kraków	Ostrava
0333	0099	0045	0038	0333	1035	0036	0035	1020

6b. En caso de declaración de prestaciones relativa a un producto de construcción para el que se ha emitido una evaluación técnica europea: No aplicable

7. Prestaciones declaradas

Características esenciales	Prestaciones				Especificación técnica armonizada
	Espesor		EN 10051		
Tolerancias dimensionales y de forma	Espesor		EN 10051		EN 10025-1: 2004
	Planitud en hoja o formato		EN 10051		
Límite elástico	Espesor nominal (mm)		Valores		
	>	≤	R _{eH} min (MPa)		
			16	235	
	16	30	225		
Carga de rotura	Espesor nominal (mm)		Valores		
	>	≤	R _m min (MPa)	max (MPa)	
			30	360 / 510	
Alargamiento	Espesor nominal (mm)		Valores		
	>	≤	min (%)	Muestras	
			2	A80 (%)	
	2	2.5	18	A80 (%)	
	2.5	3	19	A80 (%)	
	3	30	24	A 5.65√So (%)	
Resiliencia	Espesor nominal (mm)		Valores		
	>	≤	KV2Lmin (J)		
			30	27 a 20°C	
Soldabilidad CEV	Espesor nominal (mm)		Valores		
	>	≤	%		
			40	≤ 0.35	
	40	100	≤ 0.38		
Durabilidad	Espesor nominal (mm)		Valores		
	>	≤	%		
		40	C : ≤ 0.17 Mn : ≤ 1.40 P : ≤ 0.035 S : ≤ 0.035	Cu : ≤ 0.55 N : ≤ 0.012	
	40	100	C : ≤ 0.20 Mn : ≤ 1.40 P : ≤ 0.035 S : ≤ 0.035	Cu : ≤ 0.55 N : ≤ 0.012	

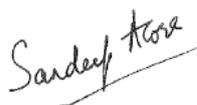
8. Documentación técnica adecuada o documentación técnica específica: No aplicable

Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de prestaciones declaradas. La presente declaración de prestaciones se emite, de conformidad con el Reglamento (UE) no 305/2011, bajo la sola responsabilidad del fabricante arriba identificado.

Firmado por y en nombre del fabricante por:

Jean-Martin Van der Hoeven
Head of Marketing & Sales CMO FCE
Luxembourg, 2016-12-27

Sandeep Arora
Head of Product Marketing & Control
Luxembourg, 2016-12-27

2.6.2. Al 2011 T3:

2011-T3 Aluminum	
2011-T3 aluminum is a type of 2011 aluminum . It is furnished in the T3 temper.	
Material Properties	
Base Metal Price	18 % rel
Brinell Hardness	95
Density	3.1 g/cm ³ (190 lb/ft ³)
Elastic (Young's, Tensile) Modulus	70 GPa (10 x 10 ⁶ psi)
Electrical Conductivity	39 % IACS
Electrical Resistivity Order of Magnitude	-7 10 ⁸ Ω·m
Elongation at Break	11 %
Fatigue Strength (Endurance Limit)	120 MPa (17 x 10 ³ psi)
Melting Onset (Solidus)	540 °C (1000 °F)
Modulus of Resilience (Unit Resilience)	560 kJ/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Shear Modulus	27 GPa (3.9 x 10 ⁶ psi)
Shear Strength	220 MPa (32 x 10 ³ psi)
Specific Heat Capacity	860 J/kg·K
Strength to Weight Ratio	120 kN·m/kg
Tensile Strength: Ultimate (UTS)	360 MPa (52 x 10 ³ psi)
Tensile Strength: Yield (Proof)	280 MPa (41 x 10 ³ psi)
Thermal Conductivity	150 W/m·K
Thermal Diffusivity	56 m ² /s
Thermal Expansion	23 μm/m·K
Unit Rupture Work (Ultimate Resilience)	37 MJ/m ³
Alloy Composition	
Aluminum (Al)	91.3 to 94.6 %
Copper (Cu)	5.0 to 6.0 %
Bismuth (Bi)	0.2 to 0.6 %
Lead (Pb)	0.2 to 0.6 %
Iron (Fe)	0 to 0.7 %
Silicon (Si)	0 to 0.4 %
Zinc (Zn)	0 to 0.3 %
Residuals	0 to 0.15 %

3. PLANOS

3.1. Explicación breve sobre el conjunto de planos.

En este apartado se incluyen los planos realizados para describir la forma de las piezas necesarias para fabricar el prototipo diseñado.

En este conjunto de planos se incluyen piezas que requieren de los siguientes procesos de fabricación para realizarse: mecanizado en torno paralelo, corte y plegado de chapa, y corte y mecanizado de perfilería tubular.

Todos los planos incluidos contienen la información necesaria para poder realizar las piezas, o al menos comprobar su geometría siguiendo las cotas, salvo los planos que hacen referencia a las piezas con código: 0120, 0120.S, 0121, 0121.S, 0122 y 0122.S; que son unas piezas tubulares con una geometría y forma muy complicadas de representar y describir adecuadamente en un plano. Y que para posibilitar su fabricación se adjunta un patrón a escala real, que al envolverlo sobre el tubo describe la silueta de los cortes a realizar.

Por otra parte, se presenta la opción de utilizar alguna herramienta de corte de tubo por láser controlado numéricamente para poder realizar las piezas tubulares, pero no se toma como primera instancia.

En cuanto a las piezas fabricadas mediante procesos de corte y plegado de chapa, es necesario saber que se debe proporcionar el archivo CAD o en su defecto un desarrollo de dicho archivo en formato CAD 2D, para poder programar la máquina de corte láser por control numérico.

3.2. Conjunto de planos.

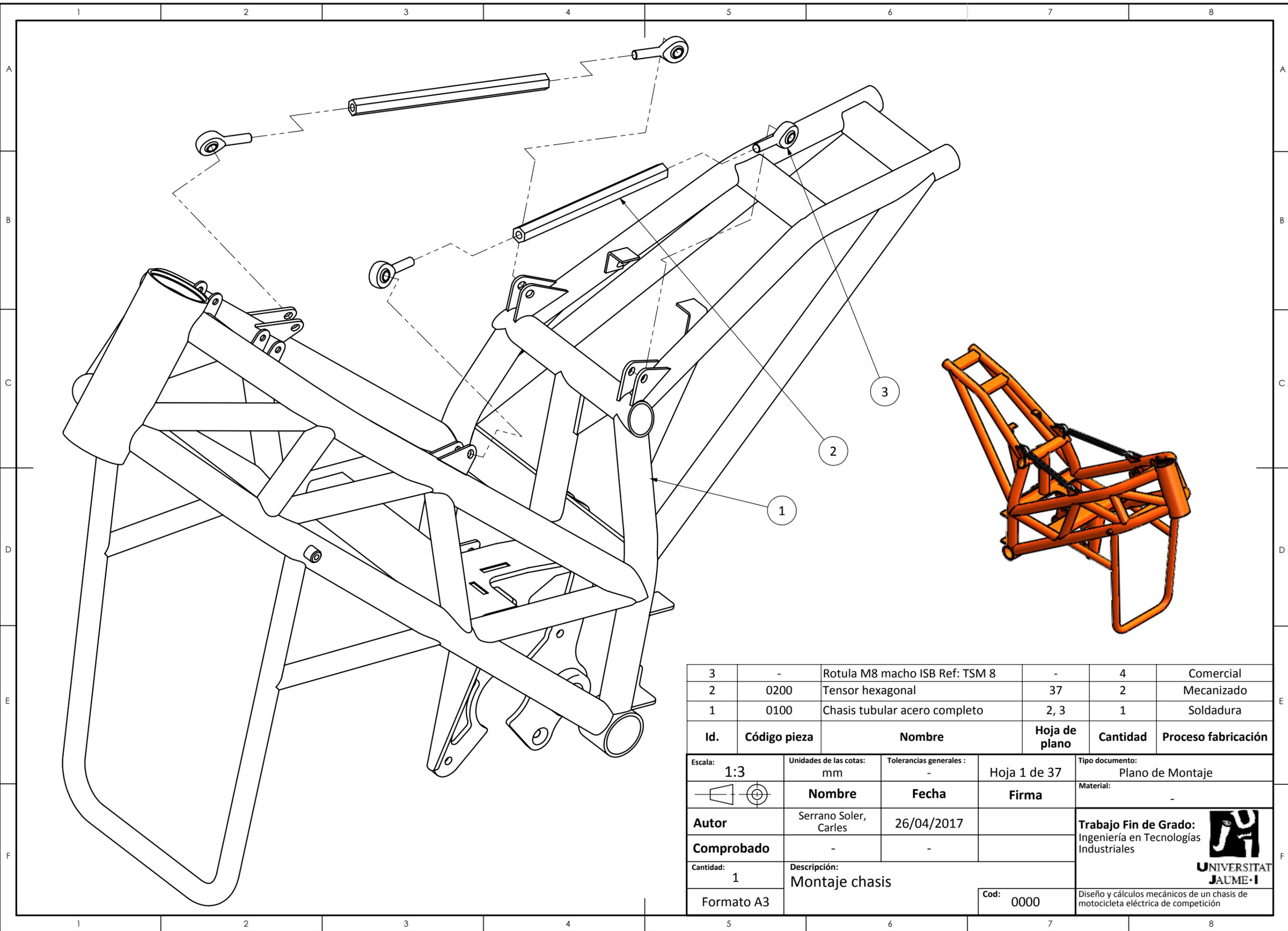
A continuación, en la tabla 20, se presenta un listado con todos los planos que se han realizado en este proyecto, con el código de la pieza, la descripción del plano y el número de hoja en la que se encuentran dentro del conjunto de planos.

CÓDIGO DE LA PIEZA	DESCRIPCIÓN DEL PLANO // PIEZA	Nº HOJA
0000	Montaje chasis	1
0100	Chasis Tubular acero completo	2, 3
0101	Pipa dirección	4
0102	Anclaje eje basculante	5
0103	Casquillo amarre semi-eje	6
0104	Bulón anclaje tope anti-caída	7
0105	Chapa base superior soporte	8, 9
0106	Chapa anclaje motor	10, 11
0107 // 0107.S	Orejeta anclaje estribera	12
0108	Orejeta anclaje manivela	13
0109	Orejeta anclaje amortiguador	14
0110	Cartela refuerzo	15
0111	Orejeta anclaje tirante trasera	16
0112	Orejeta anclaje tirante delantera	17
0113	Apoyo trasero soporte controlador	18
0114	Orejeta anclaje delantero soporte controlador	19
0115	Costilla base asiento	20
0116	Arco superior	21
0117 // 0117.S	Arco inferior	22
0118	Arco seguridad inferior	23
0119 // 0119.S	Arco central	24
0120 // 0120.S	Tubo 1 entramado refuerzo	25
0121 // 0121.S	Tubo 2 entramado refuerzo	26
0122 // 0122.S	Tubo 3 entramado refuerzo	27
0123	Tubo 4 entramado refuerzo	28
0124	Tubo 5 entramado refuerzo	29
0125 // 0125.S	Larguero trasero	30
0126 // 0126.S	Arco trasero asiento	31
0127	Tubo refuerzo arco inferior	32
0128	Travesero delantero superior	33
0129	Travesero delantero inferior	34
0130	Travesero central	35
0131	Columneta central	36
0200	Tensor hexagonal	37

Tabla 20: Listado de planos organizado por niveles de ensamblaje-pieza.

Se puede observar que en la tabla 20, la columna que hace referencia al código de la pieza sigue un orden en función de la jerarquía o el nivel que ocupa la pieza dentro del conjunto de elementos que componen el chasis. La jerarquía de este conjunto se define en función del lugar que ocupa cada elemento, bien sea un elemento individual o un elemento que forme parte de un conjunto de piezas que componen un conjunto soldado, como puede ser el chasis multitubular.

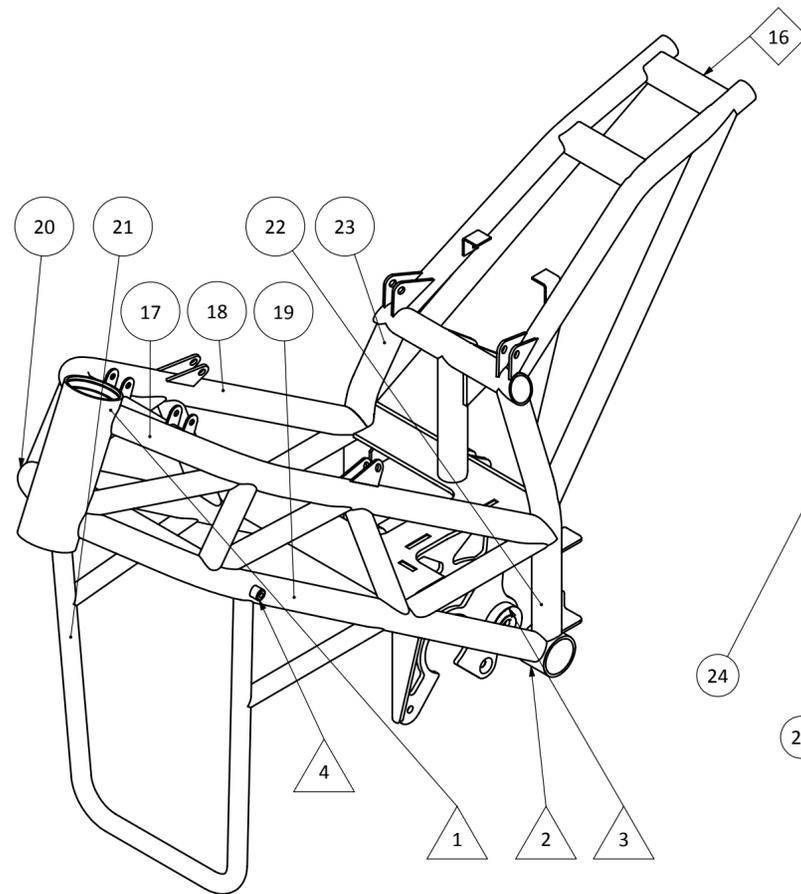
Los planos indicados en la tabla 20 son los siguientes:



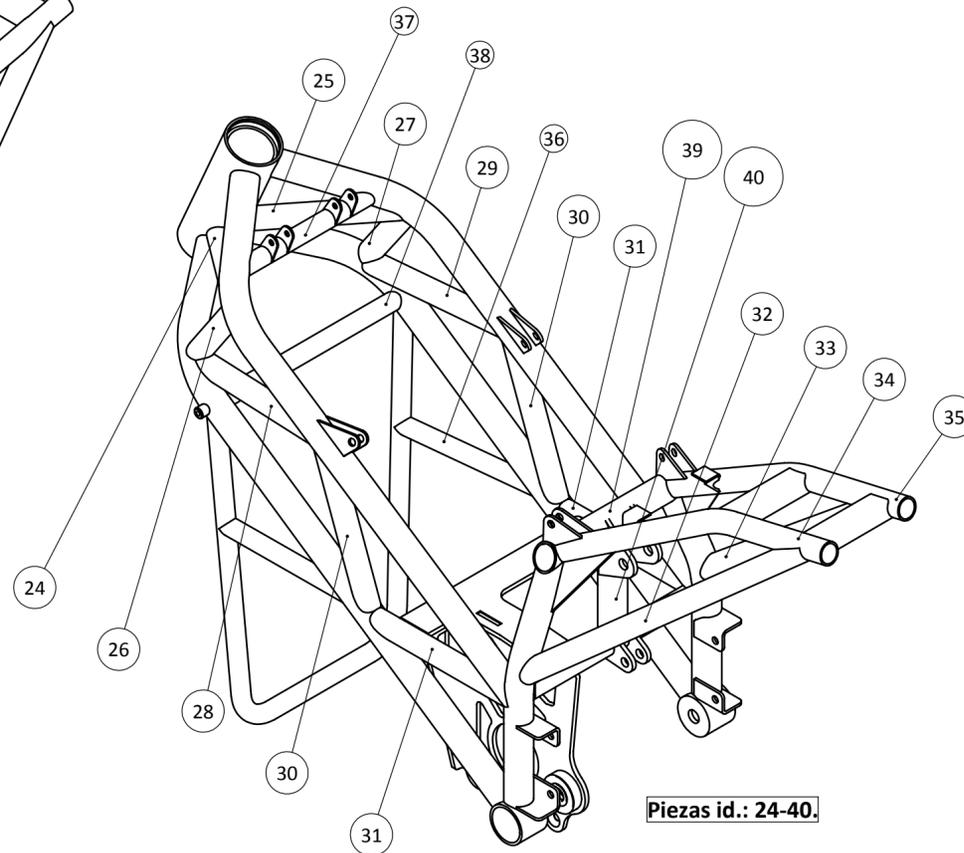
3	-	Rotula M8 macho ISB Ref: TSM 8	-	4	Comercial
2	0200	Tensor hexagonal	37	2	Mecanizado
1	0100	Chasis tubular acero completo	2, 3	1	Soldadura
Id.	Código pieza	Nombre	Hoja de plano	Cantidad	Proceso fabricación

Escala: 1:3	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales: -	Hoja 1 de 37	Tipo documento: Plano de Montaje
	Nombre	Fecha	Firma	Material: -
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1	Descripción: Montaje chasis			
Formato A3	Cod: 0000			

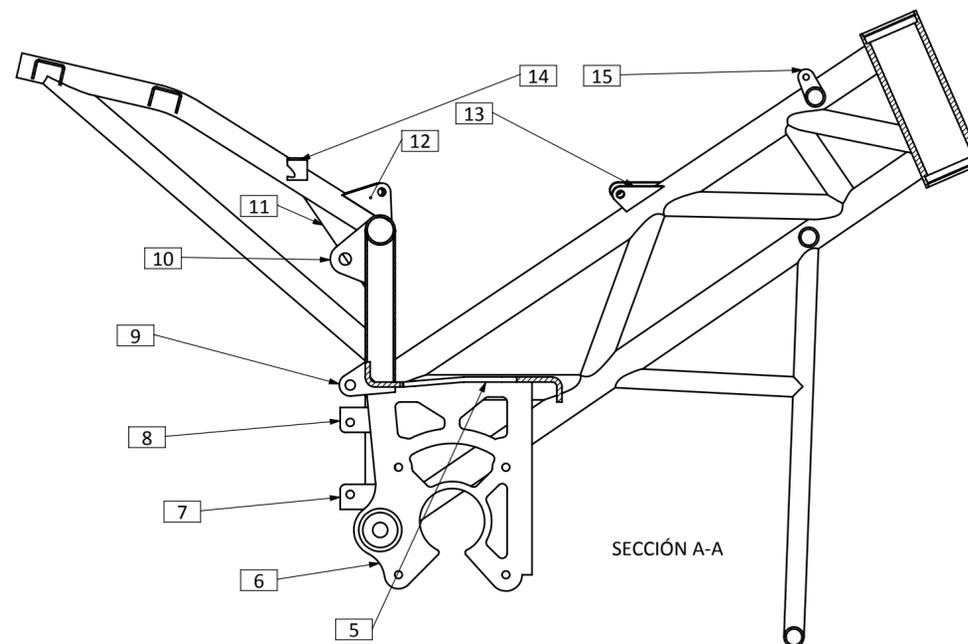
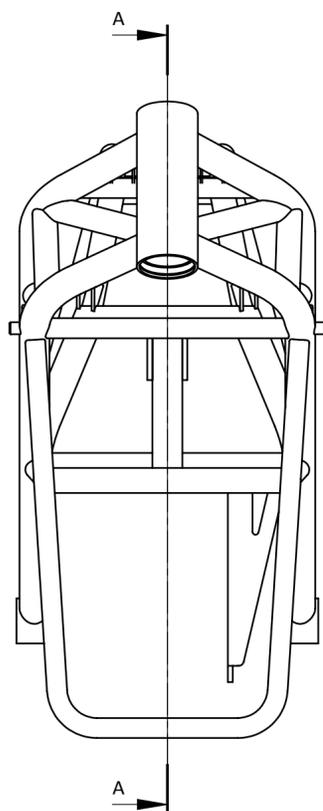
UNIVERSITAT JAUME I
 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición



Piezas id.: 1-4, 17-23.



Piezas id.: 24-40.



SECCIÓN A-A

Piezas id.: 5-15.

Cepillado y pintado al horno RAL 2005

Legenda:

- Globo circular grande: Elementos tubulares de $\varnothing 30$.
- Globo circular medio: Elementos tubulares de $\varnothing 25$.
- Globo circular pequeño: Elementos tubulares de $\varnothing 20$.
- Globo diamante: Elementos de tubular de sección no circular.
- Globo cuadrado: Elementos fabricados con chapa metálica.
- Globo triangular: Elementos fabricados mediante mecanizado.

En cada vista se indican los tramos de id. de las piezas que se señalan en ella, con un recuadro en la parte inferior.

Secuencia de Soldeo:

1. Posicionar, puntear y soldar completamente las piezas con Id.: 1, 2, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 39. Posicionando las piezas Id.: 1, 2, 17, 18, 19, 20, 22 y 23 entre ellas según indican las cotas con la anotación IMPORTANTE, ajustando todos los tubos cuanto sea necesario.
2. Posicionar las piezas Id.: 3, 5, 6 y 40 de modo que los ejes de las piezas Id. 2 y 3 queden alineados, haciendo servir cualquier útil pertinente o un eje pasado.
3. Soldar el resto de piezas siguiendo el orden deseado, atendiendo a las cotas indicadas.

40	0131	Columneta central	36	1	Corte tubo
39	0130	Travesero central	35	1	Corte tubo
38	0129	Travesero delantero inferior	34	1	Corte tubo
37	0128	Travesero delantero superior	33	1	Corte tubo
36	0127	Tubo refuerzo arco inferior	32	2	Corte tubo
35	0126.S	Arco trasero asiento_SIM	31	1	Corte tubo
34	0126	Arco trasero asiento	31	1	Corte tubo
33	0125.S	Larguero trasero_SIM	30	1	Corte tubo
32	0125	Larguero trasero	30	1	Corte tubo
31	0124	Tubo 5 entramado refuerzo	29	2	Corte tubo
30	0123	Tubo 4 entramado refuerzo	28	2	Corte tubo
29	0122.S	Tubo 3 entramado refuerzo_SIM	27	1	Corte tubo
28	0122	Tubo 3 entramado refuerzo	27	1	Corte tubo
27	0121.S	Tubo 2 entramado refuerzo_SIM	26	1	Corte tubo
26	0121	Tubo 2 entramado refuerzo	26	1	Corte tubo
25	0120.S	Tubo 1 entramado refuerzo_SIM	25	1	Corte tubo
24	0120	Tubo 1 entramado refuerzo	25	1	Corte tubo
23	0119.S	Arco central_SIM	24	1	Corte tubo
22	0119	Arco central	24	1	Corte tubo
21	0118	Arco seguridad inferior	23	1	Corte tubo
20	0117.S	Arco inferior_SIM	22	1	Corte tubo
19	0117	Arco inferior	22	1	Corte tubo
18	0116.S	Arco superior_SIM	21	1	Corte tubo
17	0116	Arco superior	21	1	Corte tubo
16	0115	Costilla base asiento	20	2	Corte tubo
15	0114	Orejeta anclaje delantero soporte controlador	19	4	Chapa
14	0113	Apoyo trasero soporte controlador	18	2	Chapa
13	0112	Orejeta anclaje tirante delantera	17	4	Chapa
12	0111	Orejeta anclaje tirante trasera	16	4	Chapa
11	0110	Cartela refuerzo	15	2	Chapa
10	0109	Orejeta anclaje amortiguador	14	2	Chapa
9	0108	Orejeta anclaje manivela	13	2	Chapa
8	0107.S	Orejeta anclaje estribera_SIM	12	2	Chapa
7	0107	Orejeta anclaje estribera	12	2	Chapa
6	0106	Chapa anclaje motor	10, 11	1	Chapa
5	0105	Chapa base superior soporte	8, 9	1	Chapa
4	0104	Bulón anclaje tope anti-caída	7	2	Mecanizado
3	0103	Casquillo amarre semi-eje	6	1	Mecanizado
2	0102	Anclaje eje basculante	5	2	Mecanizado
1	0101	Pipa dirección	4	1	Mecanizado

Id.	Código pieza	Nombre	Hoja de plano	Cantidad	Proceso fabricación
Escala: 1:5		Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales: -	Hoja 2 de 37	Tipo documento: Plano de soldadura
Autor		Serrano Soler, Carles	Fecha	26/04/2017	Firma
Comprobado		-	-	-	-
Cantidad: 1		Descripción: Chasis tubular acero completo	Material: -		
Formato A2		Cod: 0100	Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales		
			Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición		



Leyenda:

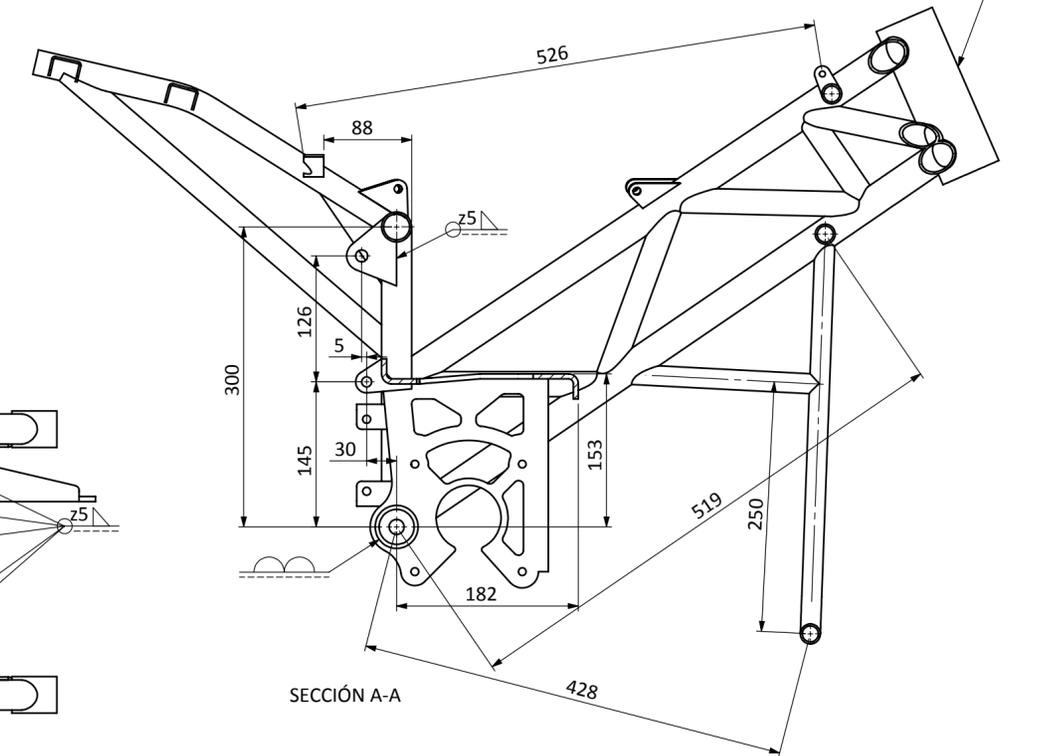
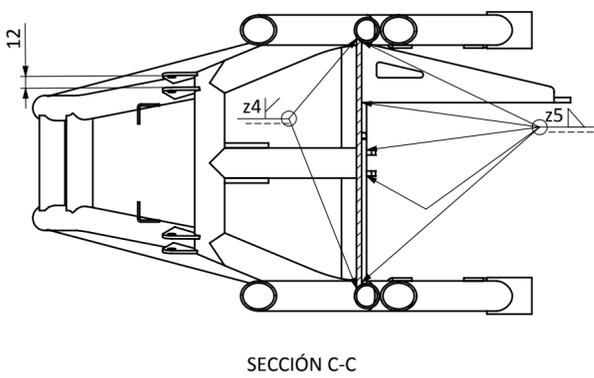
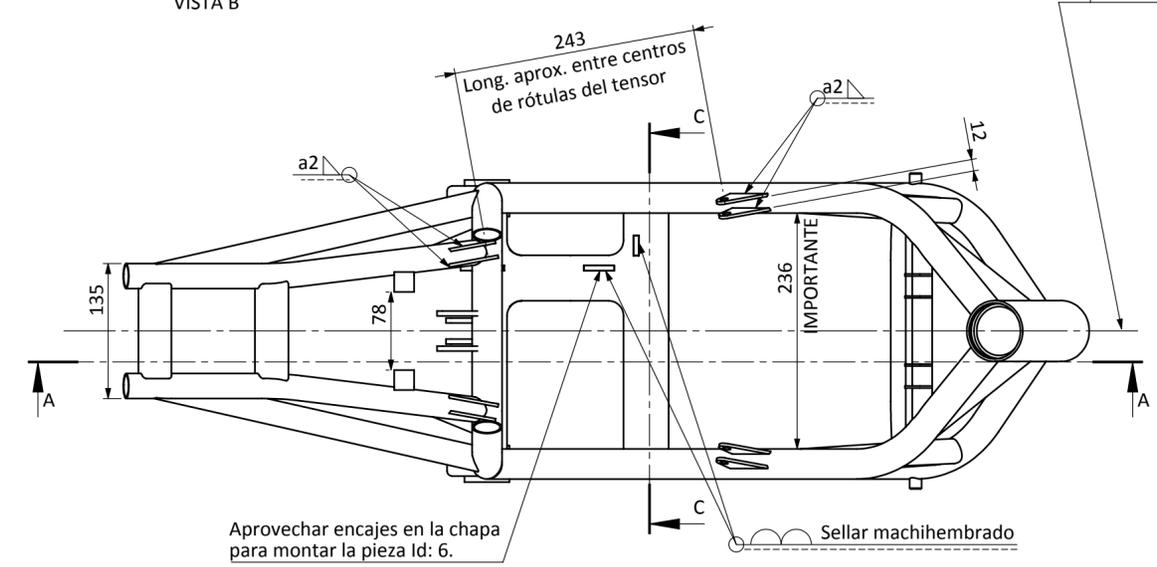
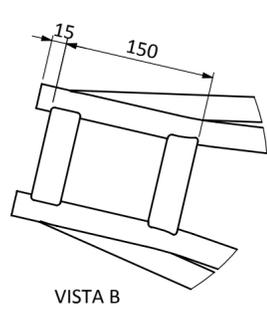
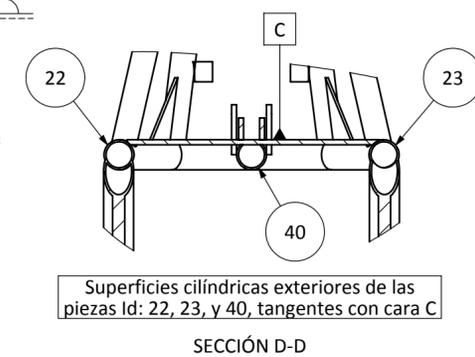
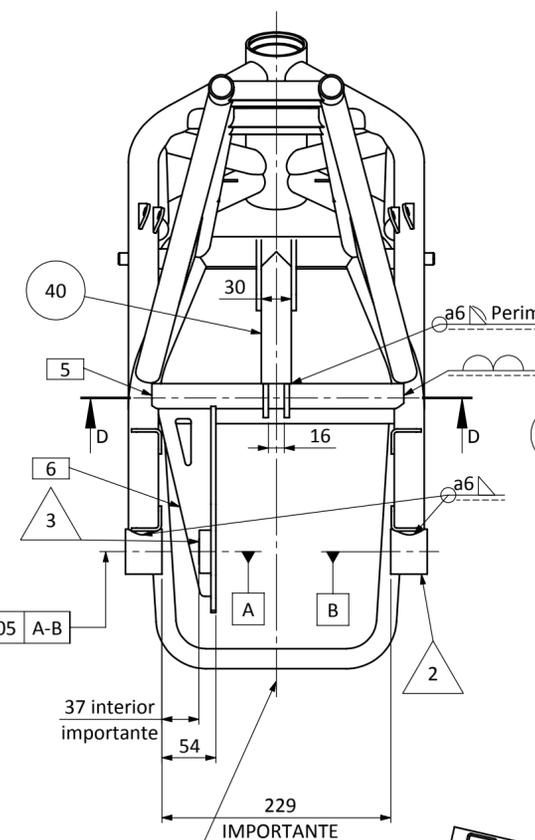
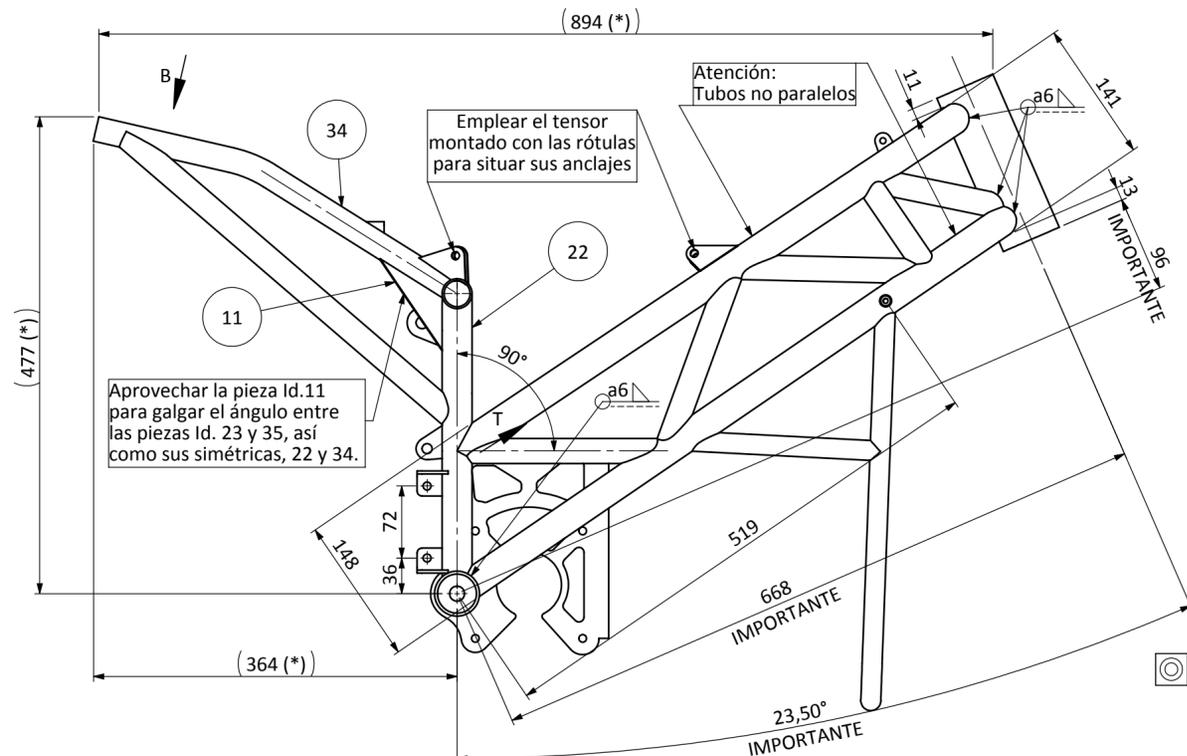
- Globo circular grande: Elementos tubulares de Ø30.
- Globo circular medio: Elementos tubulares de Ø25.
- Globo circular pequeño: Elementos tubulares de Ø20.
- Globo diamante: Elementos de tubular de sección no circular.
- Globo cuadrado: Elementos fabricados con chapa metálica.
- Globo triangular: Elementos fabricados mediante mecanizado.

Secuencia de Soldeo:

1. Posicionar, puntear y soldar completamente las piezas con Id.: 1, 2, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 39. Posicionando las piezas Id.: 1, 2, 17, 18, 19, 20, 22 y 23 entre ellas según indican las cotas con la anotación IMPORTANTE, ajustando todos los tubos cuanto sea necesario.
2. Posicionar las piezas Id.: 3, 5, 6 y 40 de modo que los ejes de las piezas Id. 2 y 3 queden alineados, haciendo servir cualquier útil pertinente o un eje pasado.
3. Soldar el resto de piezas siguiendo el orden deseado, atendiendo a las cotas indicadas.

Todas las intersecciones entre piezas se deben de soldar perimetralmente con cordón de tipo angular, continuo y sin interrupciones, tal y como se indica en el símbolo que acompaña. Salvo anotaciones puntuales.

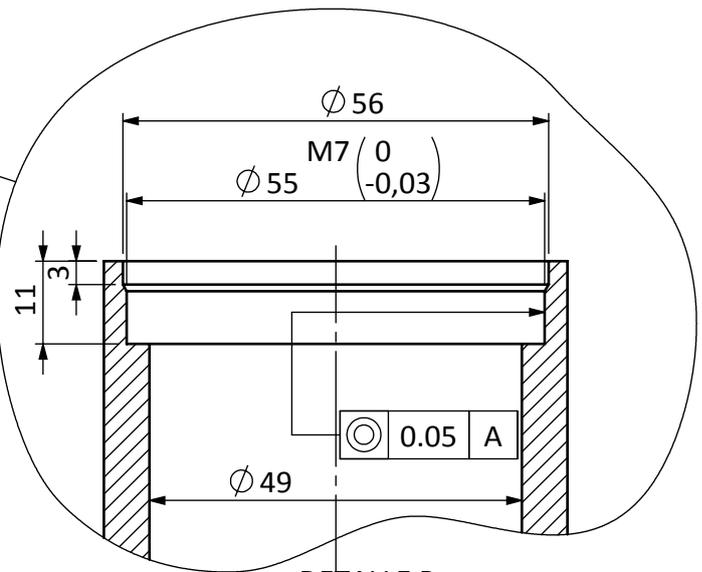
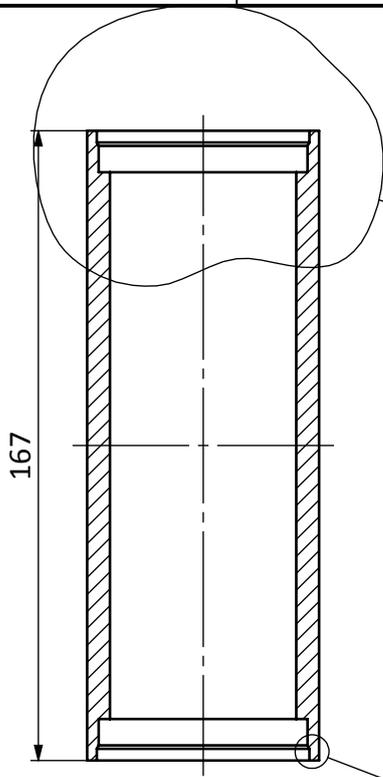
La mayor parte de las piezas encajan entre ellas, otras pueden requerir ajustes para cumplir con las cotas requeridas. En este plano se indican las cotas más relevantes a tener en cuenta o respetar, así como otras para verificar la construcción. En general, basta con situar las piezas respetando la figura lo máximo posible.



Cepillado y pintado al horno RAL 2005

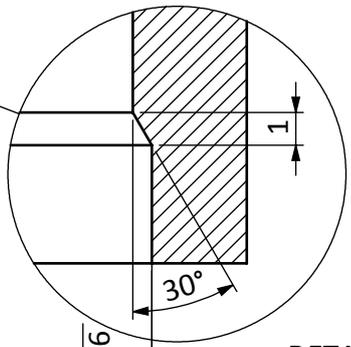
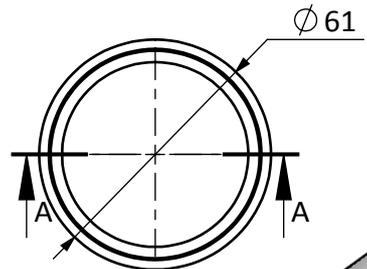
Cotas con (*):
Son cotas orientativas, ya que indican valores complicados de medir u obtener. Pero su aproximación verifica la fabricación

Escala: 1:5	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales: -	Hoja 3 de 37	Tipo documento: Plano de soldadura
		Nombre: Serrano Soler, Carles	Fecha: 26/04/2017	Firma:
Autor:	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		
Comprobado:	-	-		
Cantidad: 1	Descripción: Chasis tubular acero completo			Material: Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Formato A2			Cod: 0100	<p>Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición</p>

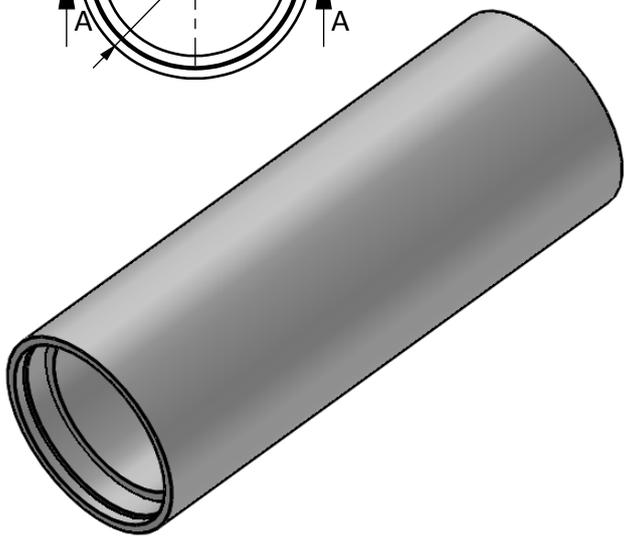


DETALLE B
ESCALA 1 : 1

SECCIÓN A-A

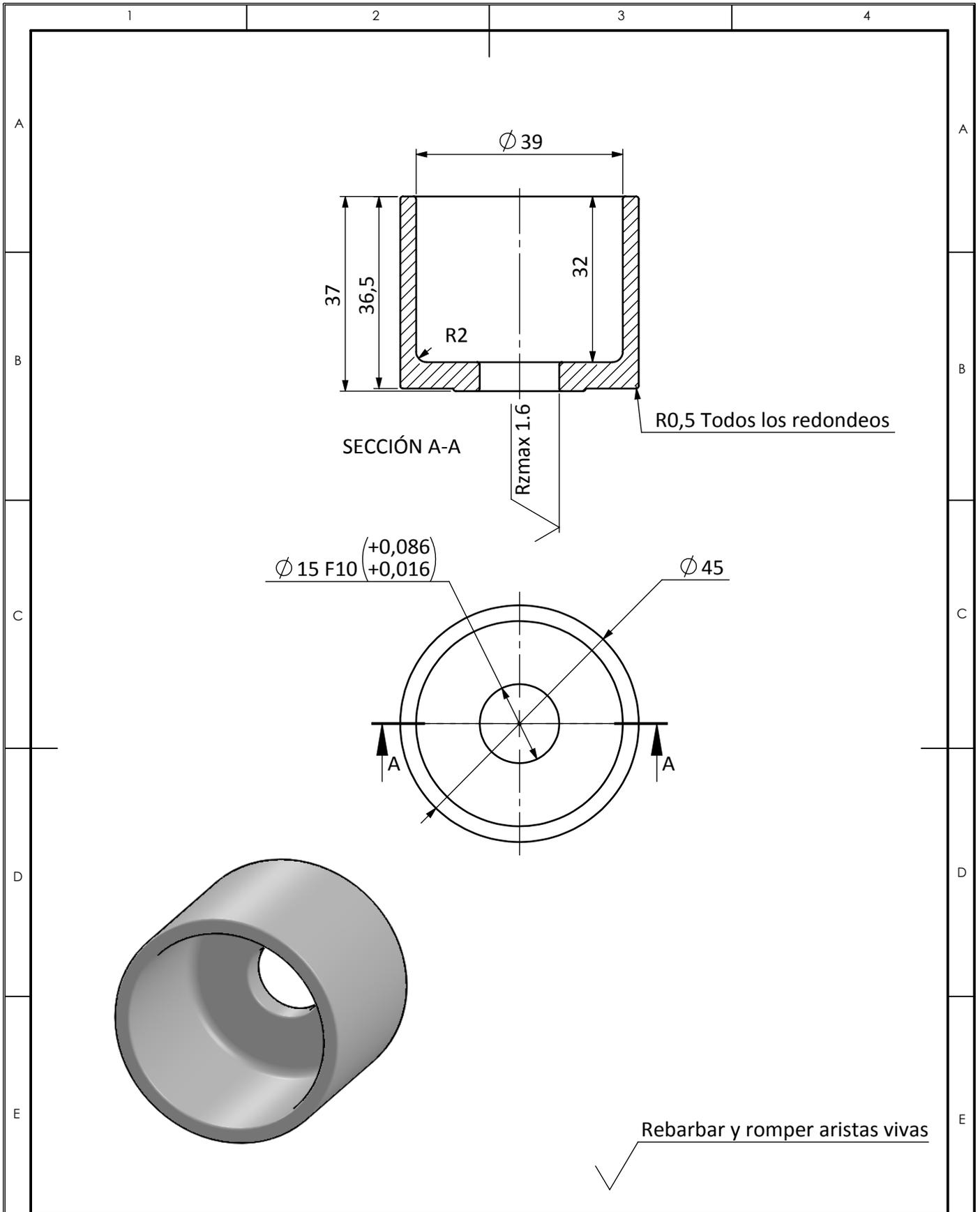


DETALLE C
ESCALA 5 : 1

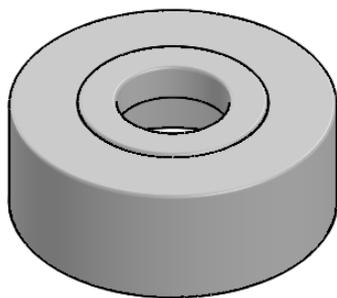
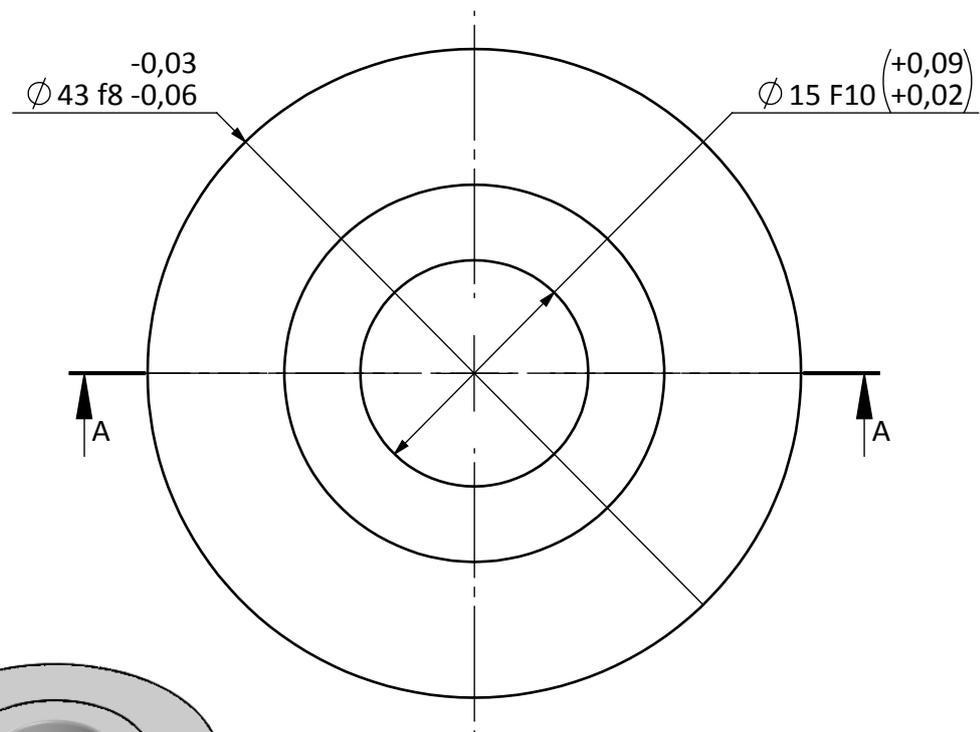
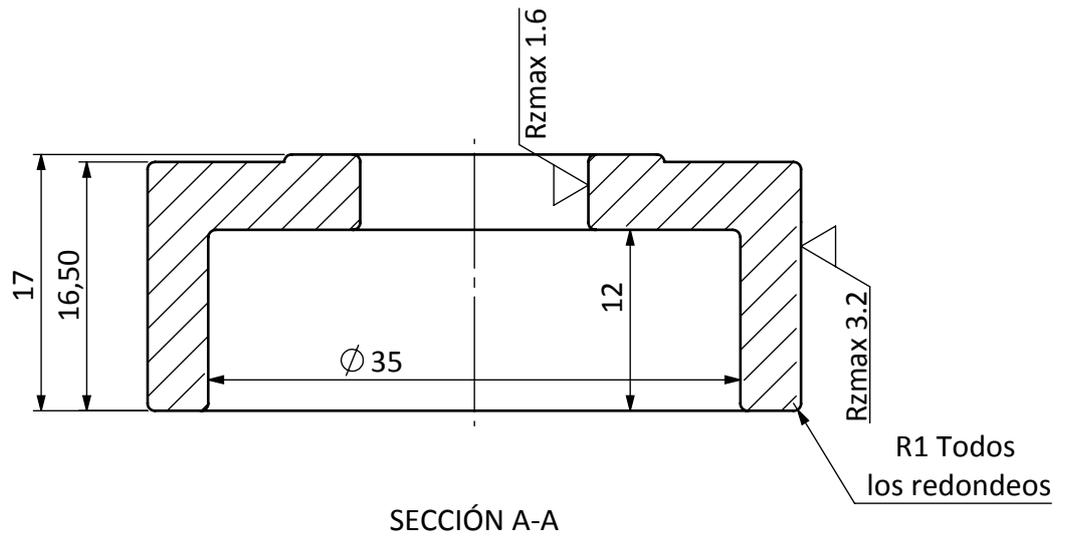


Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 1:2	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : ISO 2768 m	Hoja 4 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F114 // 1.1191 // C45E
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1	Descripción Pipa dirección			 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0101		

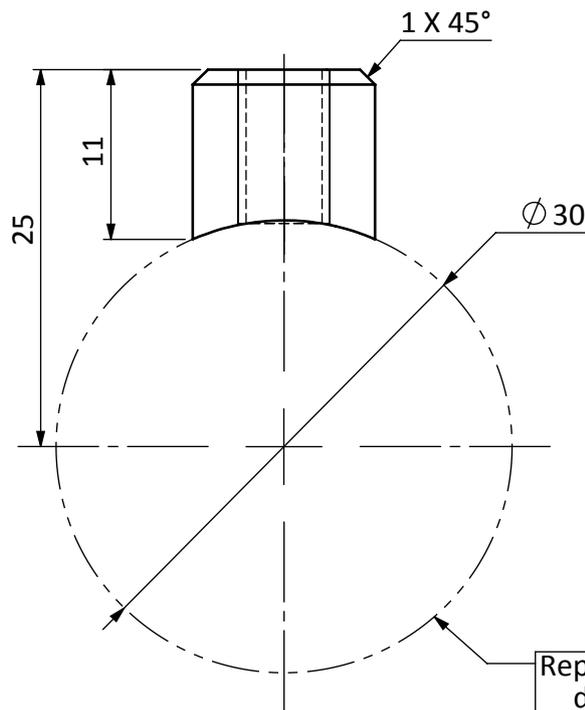


Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : ISO 2768 m	Hoja 5 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F114 // 1.1191 // C45E
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales  UNIVERSITAT JAUME·I
Comprobado	-	-		
Cantidad: 2	Descripción Anclaje eje basculante			Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0102		

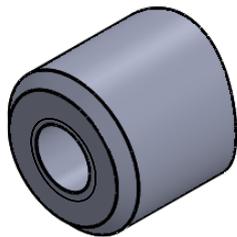
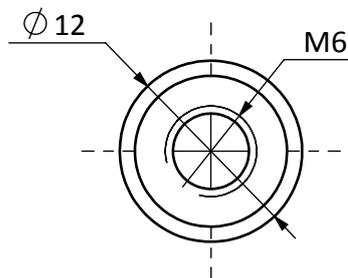


Vista Isométrica Escala 1:1

Escala: 2:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : ISO 2768 m	Hoja 6 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F114 // 1.1191 // C45E
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1	Descripción Casquillo amarre semi-eje			 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0103		

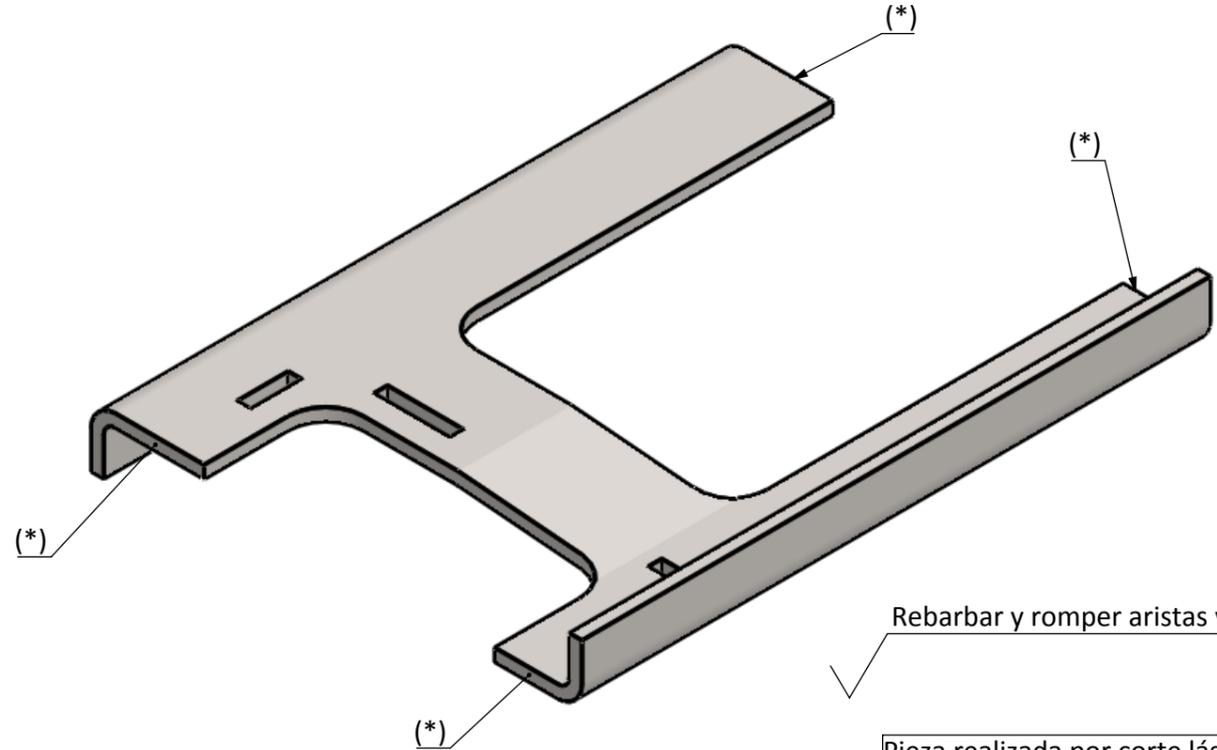
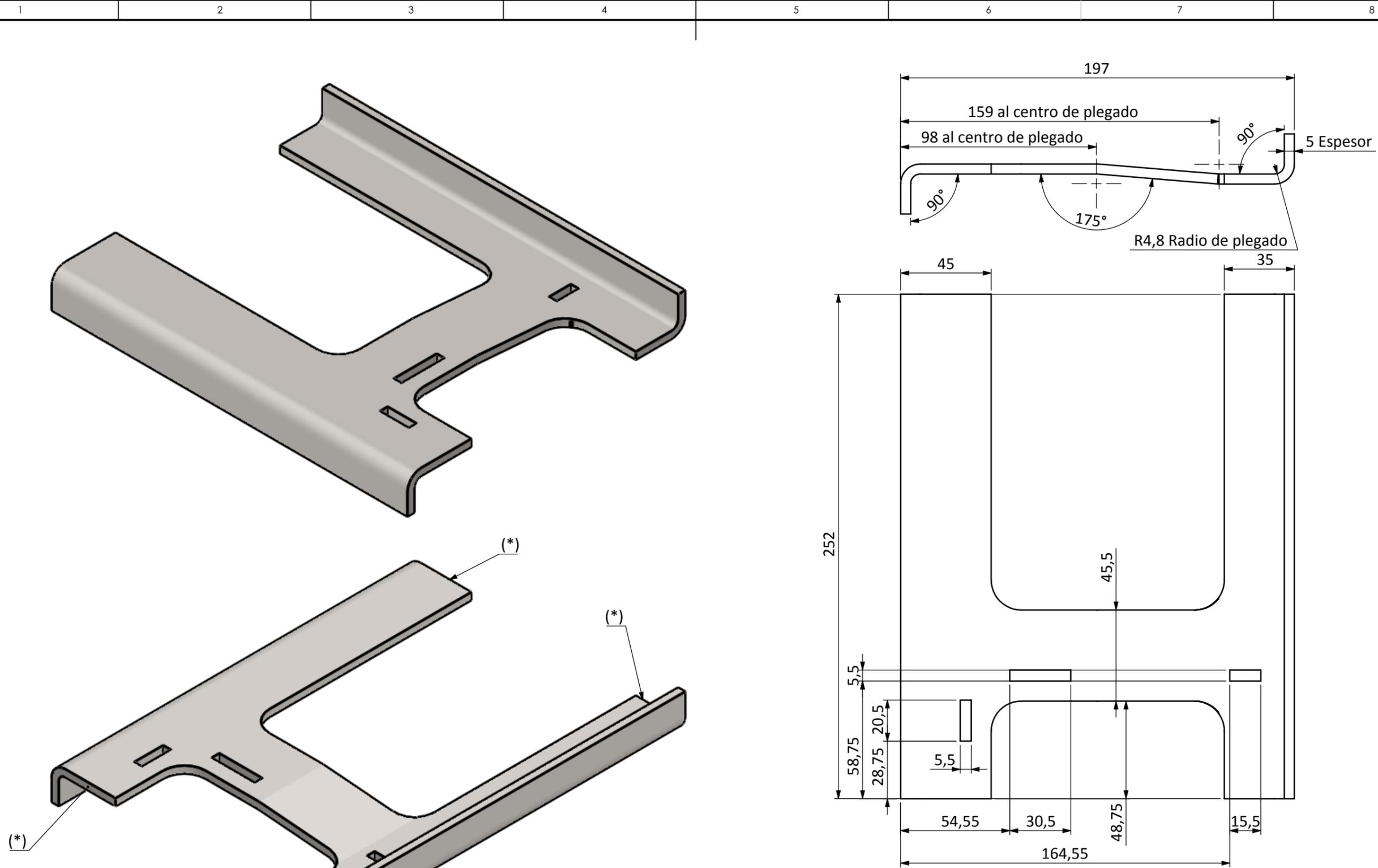


Representación virtual
de las piezas cod:
0117 y 0117.S



Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 2:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 7 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F114 // 1.1191 // C45E
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 2	Descripción Bulón anclaje tope anti-caída			 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4			Cod: 0104	



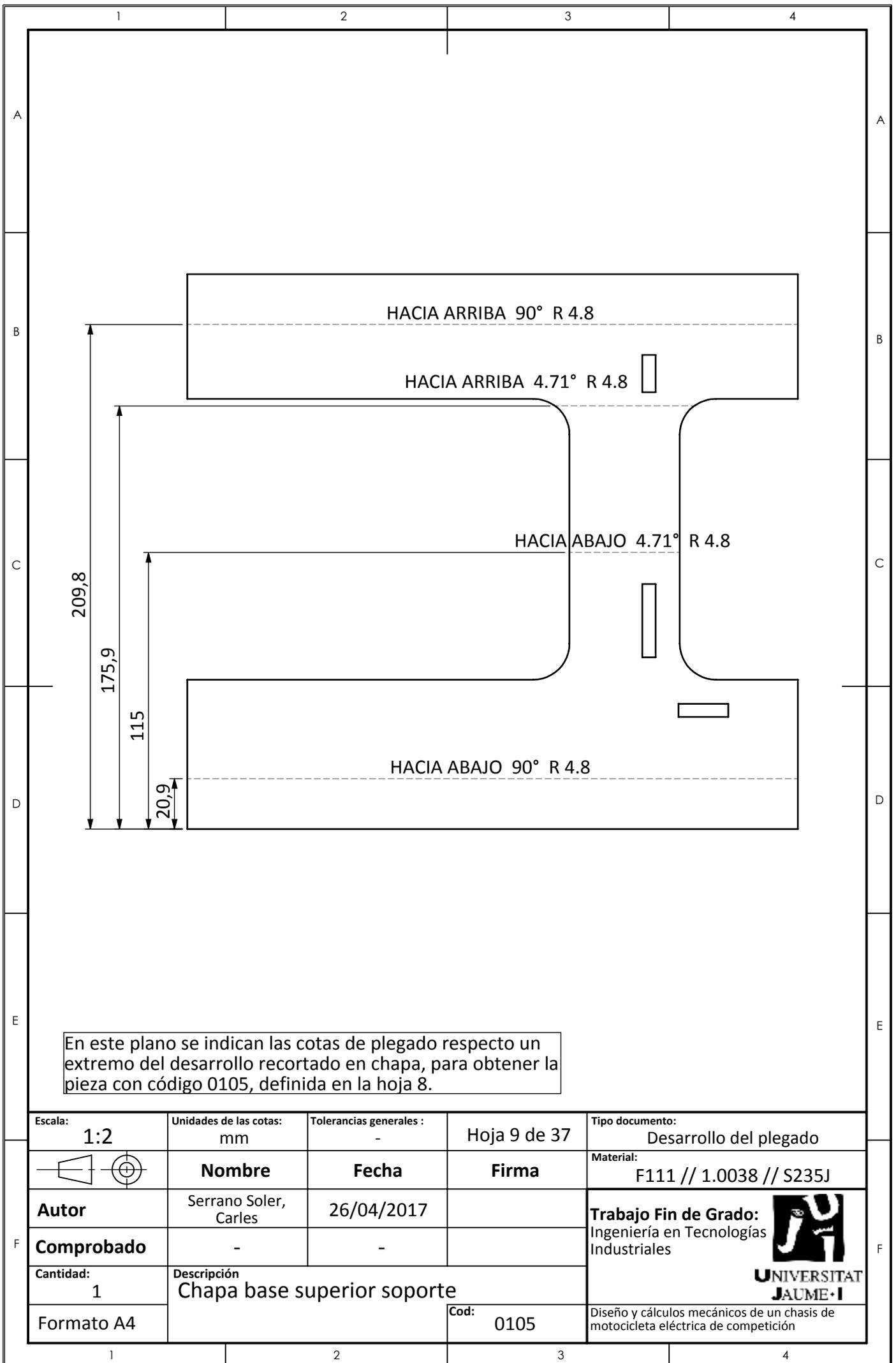
Las caras indicadas con (*) han de trabajarse posteriormente para ajustarlas a los elementos adyacentes, para cumplir con las cotas indicadas en el plano de soldadura con código 0100.

Rebarbar y romper aristas vivas

Pieza realizada por corte láser, las cotas son de comprobación

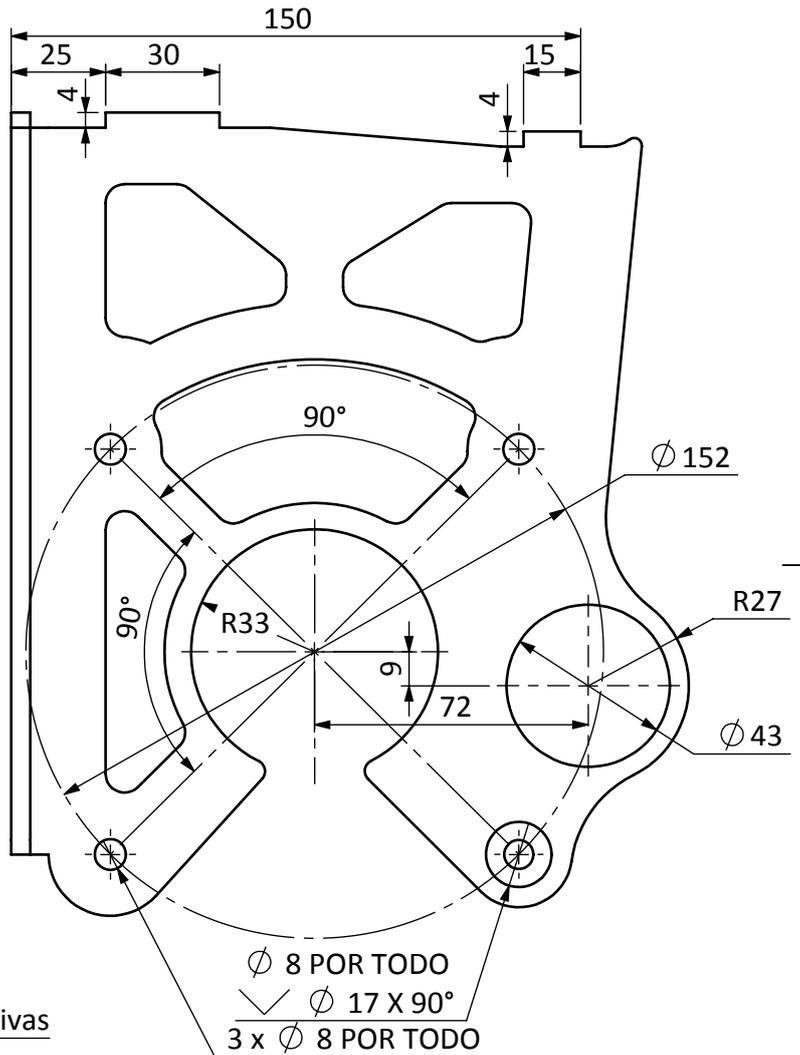
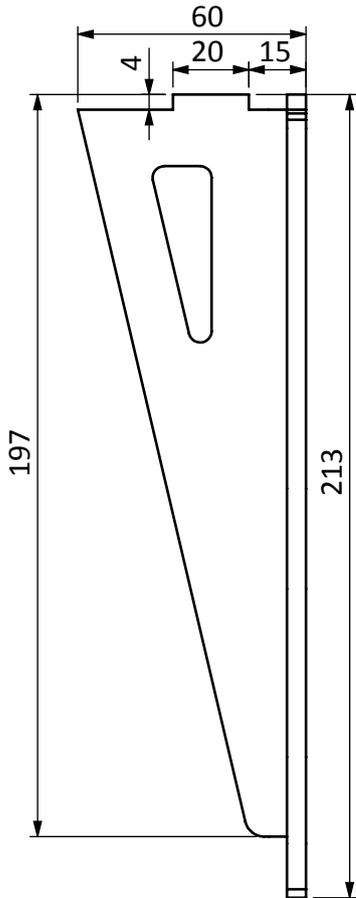
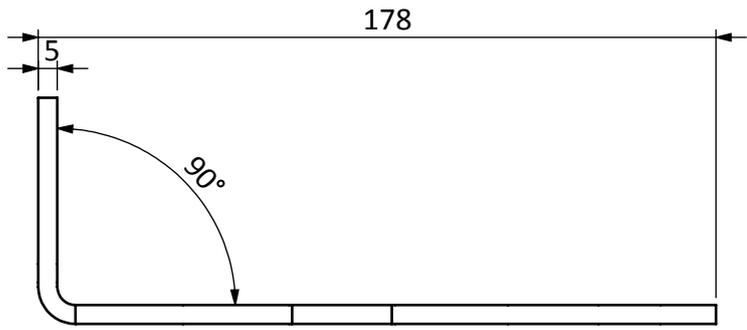
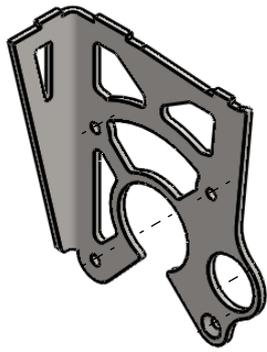
Las cotas de plegado de la chapa con la que se fabrica la pieza descrita en este plano se muestran en la hoja 9

Escala: 1:2	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 8 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F111 // 1.0038 // S235J
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1	Descripción: Chapa base superior soporte			Cod: 0105 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A3				



En este plano se indican las cotas de plegado respecto un extremo del desarrollo recortado en chapa, para obtener la pieza con código 0105, definida en la hoja 8.

Escala: 1:2	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 9 de 37	Tipo documento: Desarrollo del plegado
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F111 // 1.0038 // S235J
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales  UNIVERSITAT JAUME·I
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1	Descripción Chapa base superior soporte			 UNIVERSITAT JAUME·I Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0105		

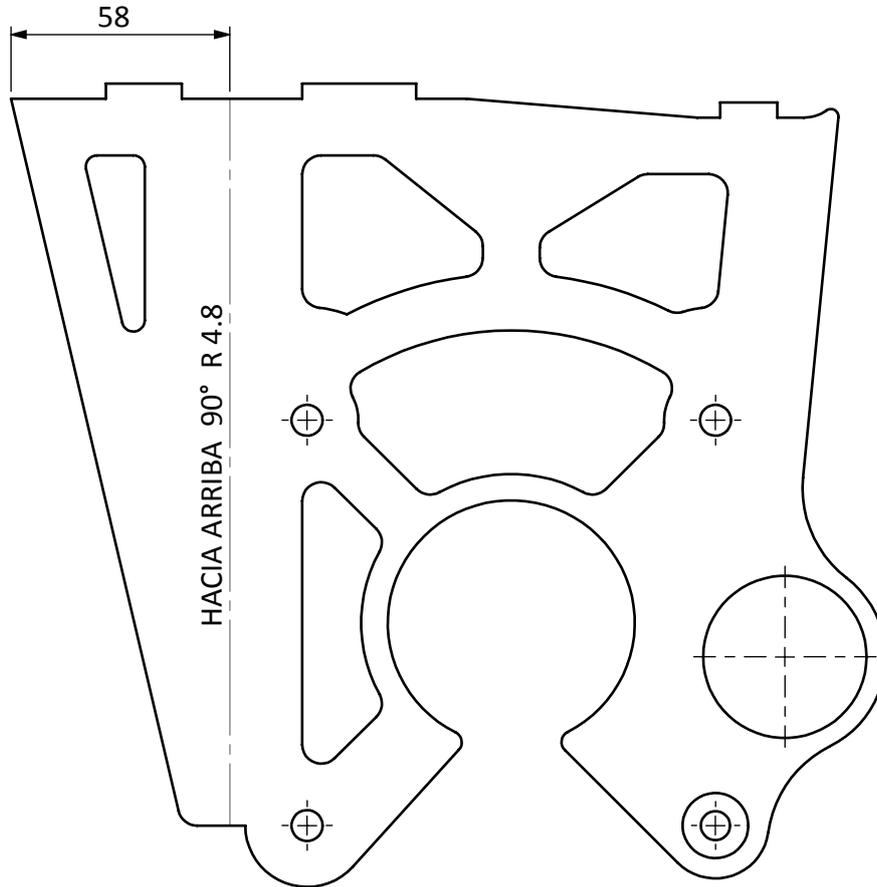


Rebarbar y romper aristas vivas

Pieza realizada por corte láser, las cotas son de comprobación

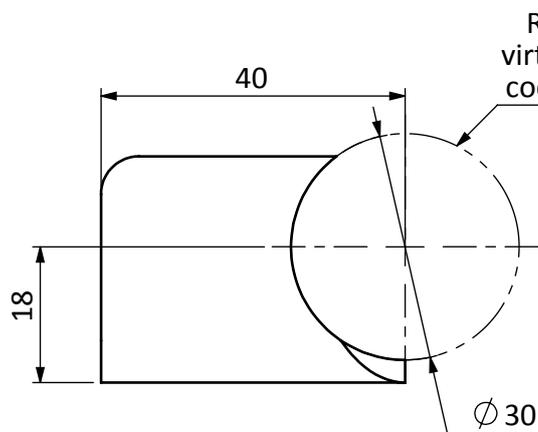
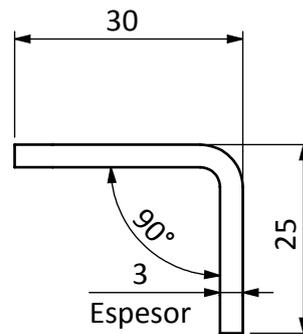
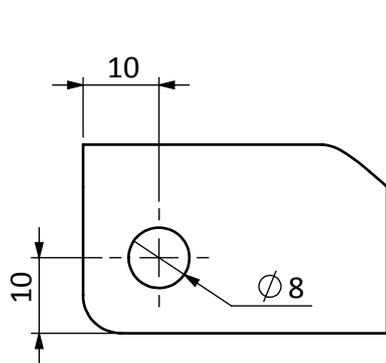
Las cotas de plegado de la chapa con la que se fabrica la pieza descrita en este plano se muestran en la hoja 11

Escala: 1:5	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 10 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F111 // 1.0038 // S235J
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1	Descripción Chapa Anclaje motor			 UNIVERSITAT JAUME I Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0106		

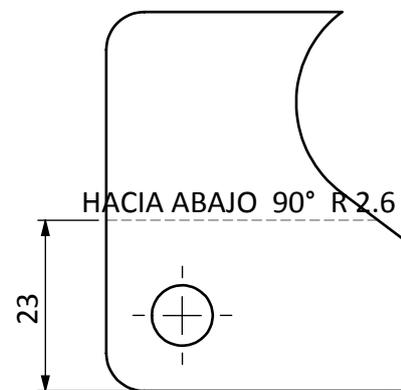


En este plano se indican las cotas de plegado respecto un extremo del desarrollo recortado en chapa, para obtener la pieza con código 0106, definida en la hoja 10.

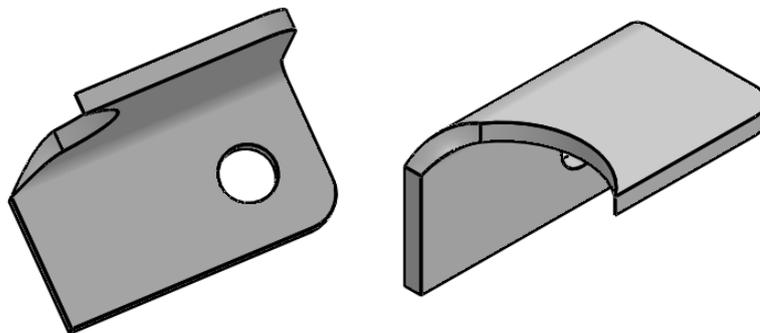
Escala: 1:2	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 11 de 37	Tipo documento: Desarrollo del plegado
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F111 // 1.0038 // S235J
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales  UNIVERSITAT JAUME·I
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1	Descripción Chapa Anclaje motor			Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0106		



Representación virtual de las piezas cod: 0119 y 0119.S



Desarrollo chapa desplegada Escala 1:1

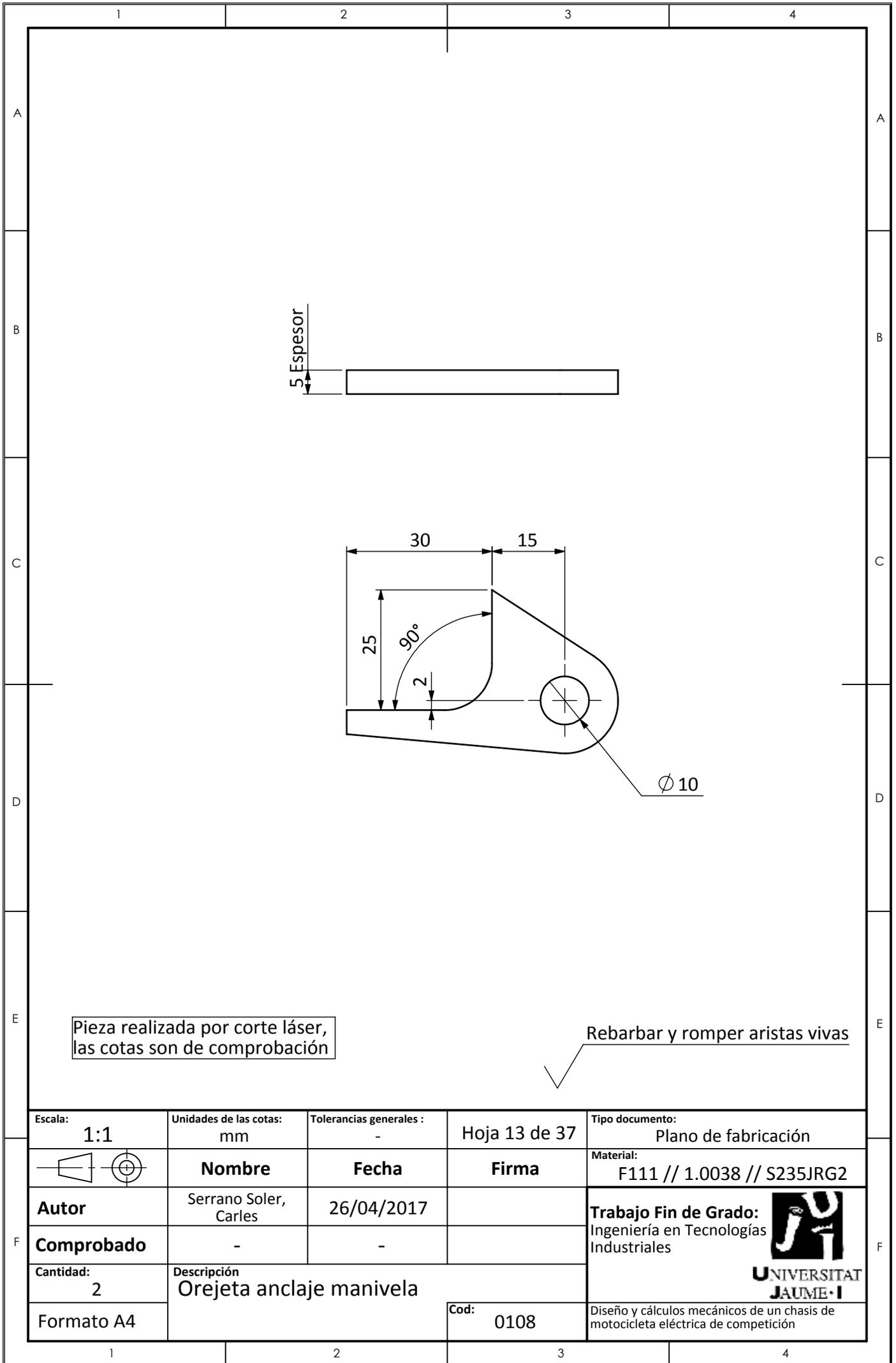


Rebarbar y romper aristas vivas

ATENCIÓN: Se debe fabricar tanto la pieza indicada como su simétrica

Pieza realizada por corte láser, las cotas son de comprobación

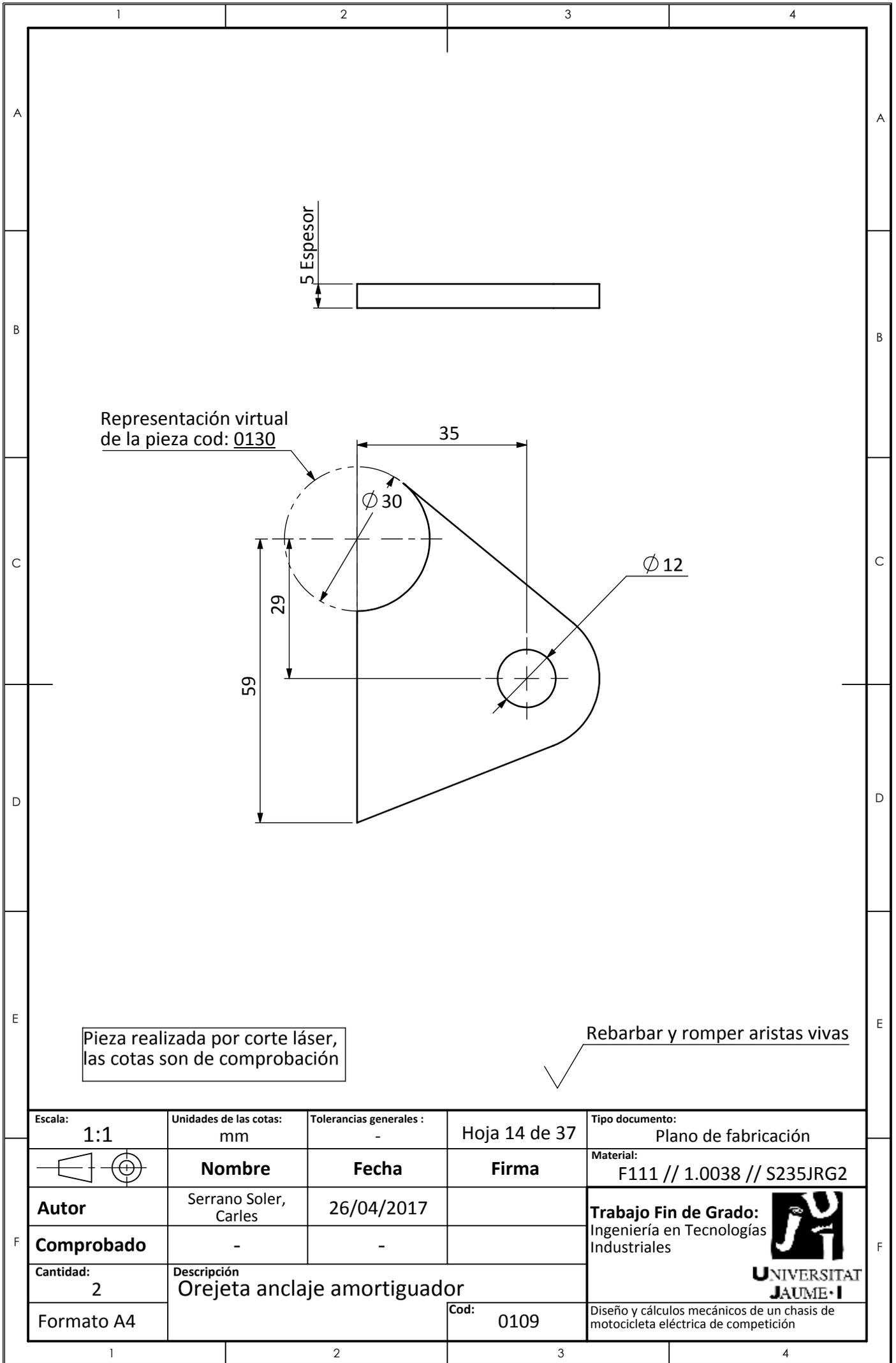
Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 12 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F111 // 1.0038 // S235JRG2
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 2 + 2 simétricas	Descripción Orejeta anclaje estribera			 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4	Cod: 0107 // 0107.S			



Pieza realizada por corte láser,
las cotas son de comprobación

Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 13 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F111 // 1.0038 // S235JRG2
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 2	Descripción Orejeta anclaje manivela			 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0108		

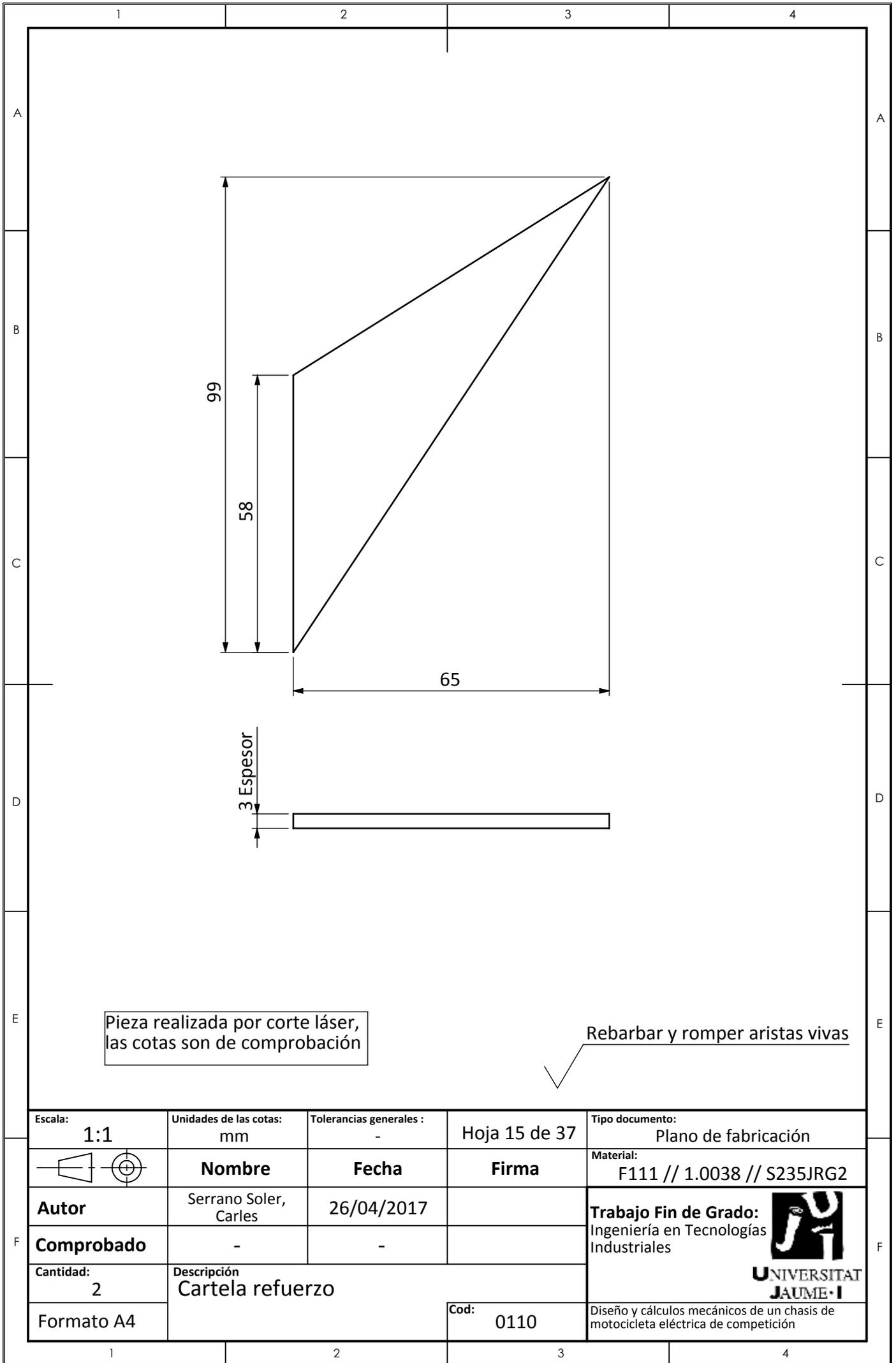


Representación virtual de la pieza cod: 0130

Pieza realizada por corte láser, las cotas son de comprobación

Rebarbar y romper aristas vivas

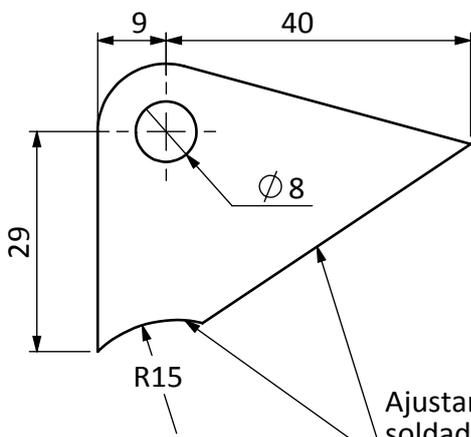
Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 14 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F111 // 1.0038 // S235JRG2
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 2	Descripción Orejeta anclaje amortiguador			 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0109		



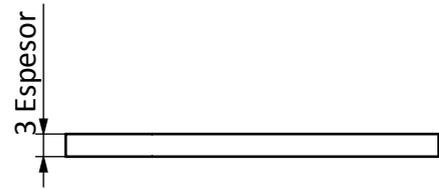
Pieza realizada por corte láser,
las cotas son de comprobación

Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 15 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F111 // 1.0038 // S235JRG2
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales  UNIVERSITAT JAUME·I
Comprobado	-	-		
Cantidad: 2	Descripción Cartela refuerzo			Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0110		



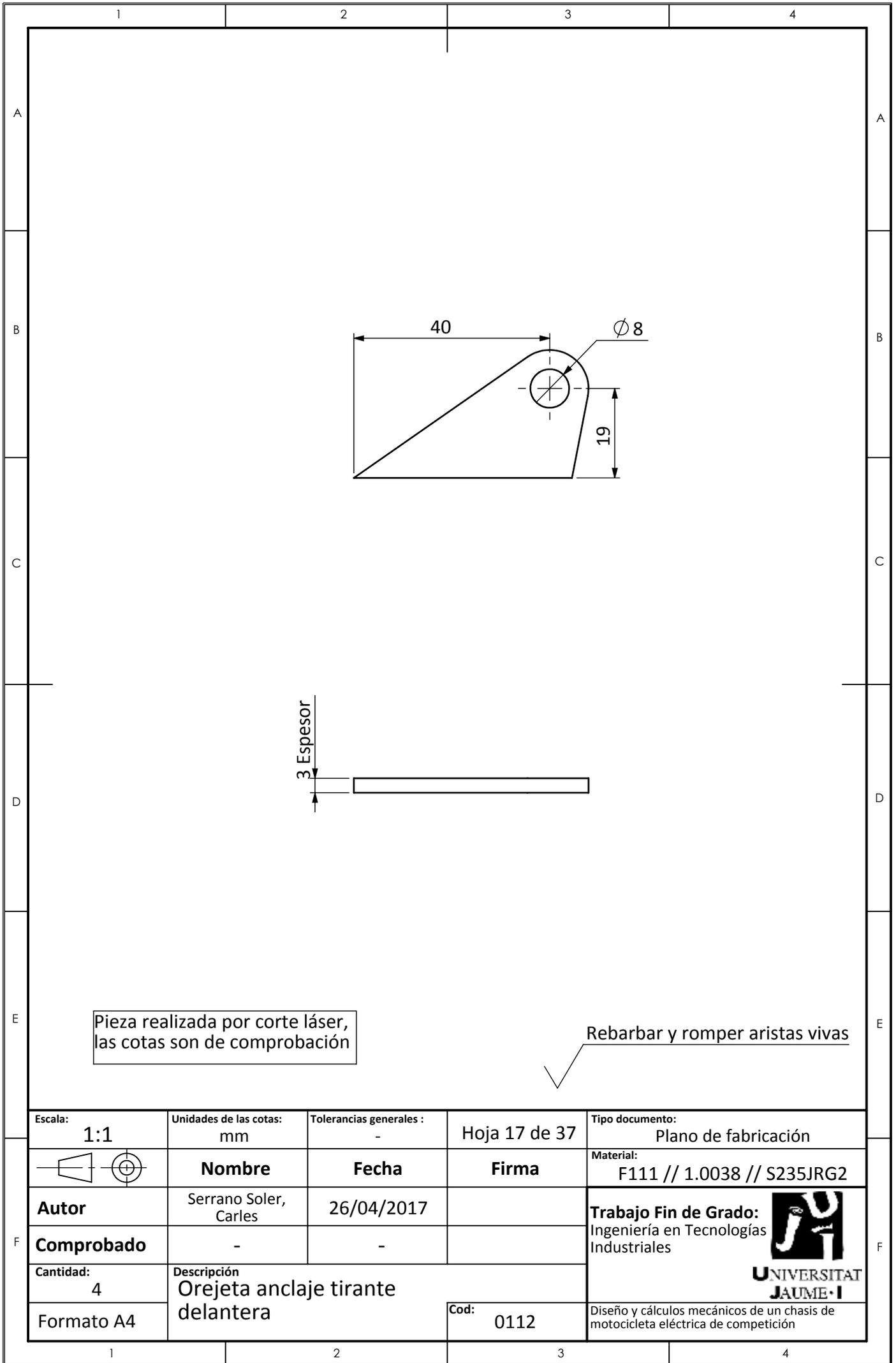
Ajustar estas caras en la etapa de soldadura para ceñirlas al chasis



Pieza realizada por corte láser, las cotas son de comprobación

Rebarbar y romper aristas vivas

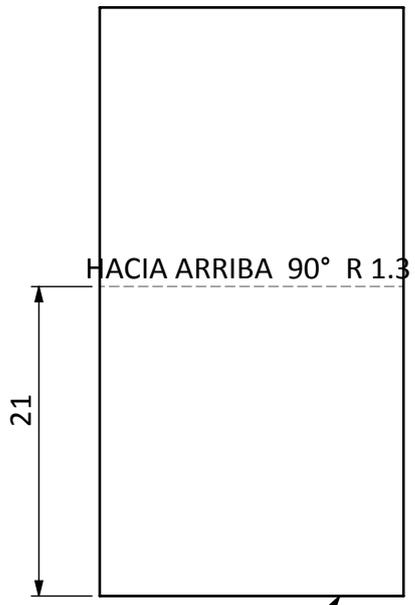
Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 16 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F111 // 1.0038 // S235JRG2
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales  UNIVERSITAT JAUME I
Comprobado	-	-		
Cantidad: 4	Descripción Orejeta anclaje tirante trasera		Cod: 0111	Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4				



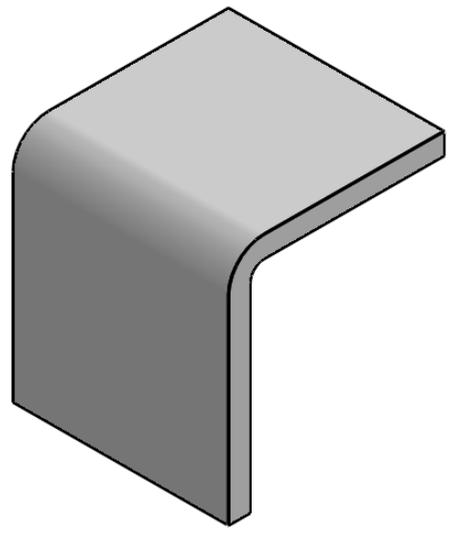
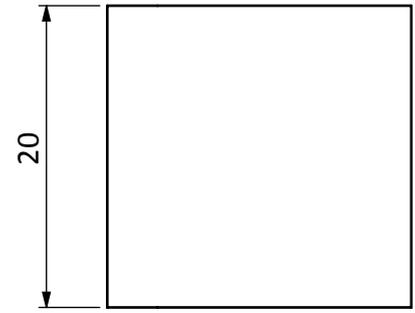
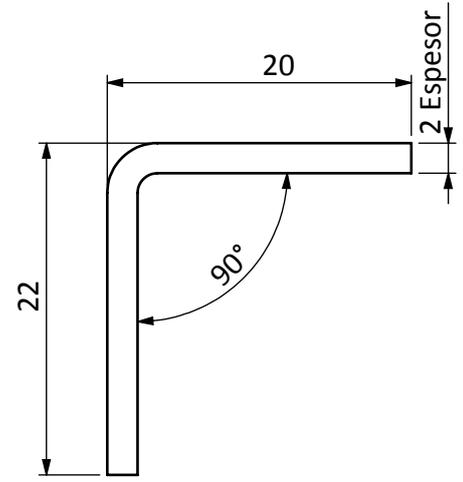
Pieza realizada por corte láser,
las cotas son de comprobación

Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 17 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F111 // 1.0038 // S235JRG2
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales  UNIVERSITAT JAUME·I
Comprobado	-	-		
Cantidad: 4	Descripción Orejeta anclaje tirante delantera		Cod: 0112	Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4				



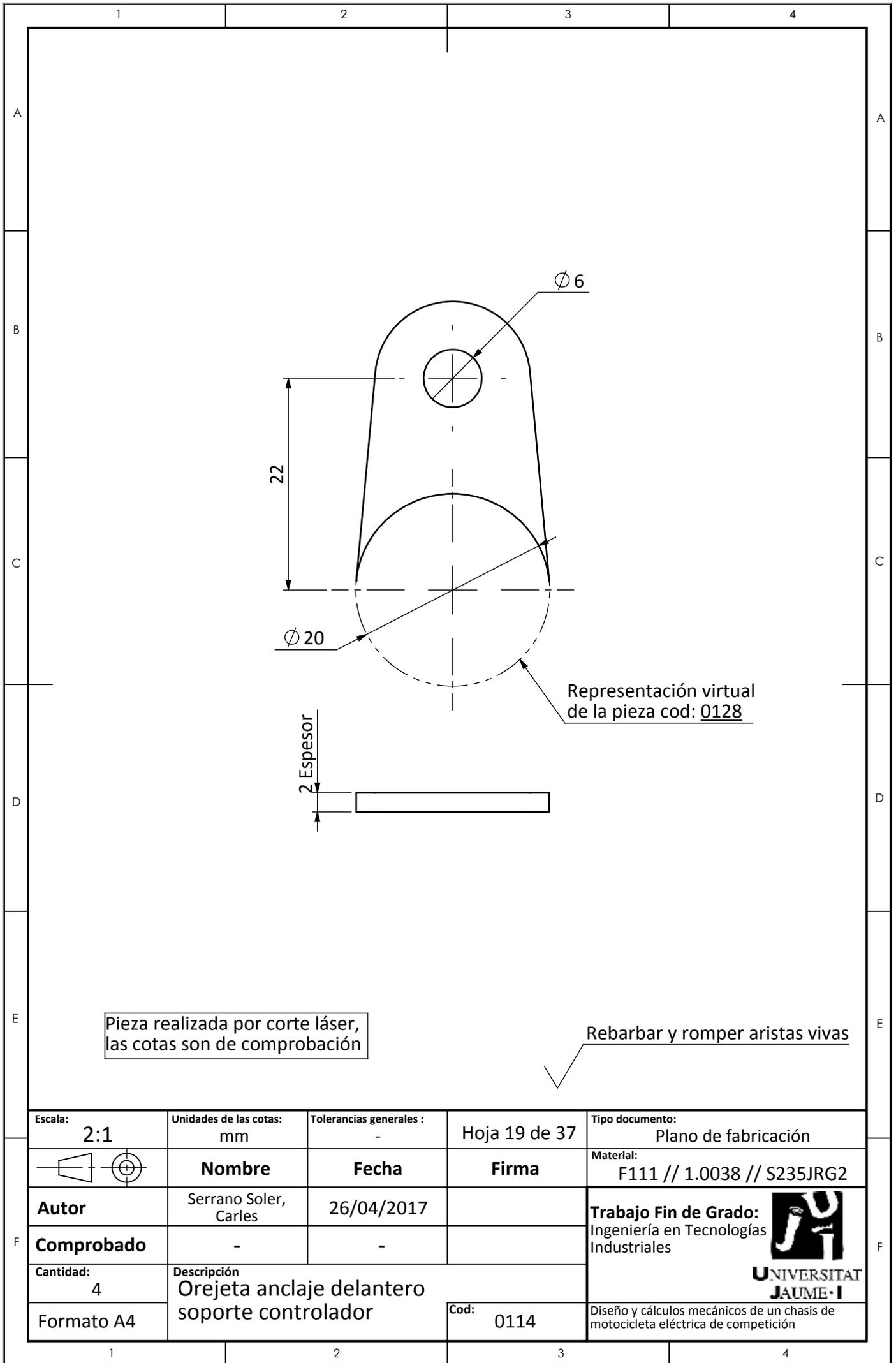
Desarrollo chapa desplegada



Pieza realizada por corte láser, las cotas son de comprobación. La pieza se ha de ajustar posteriormente en el montaje del proceso de soldadura según las cotas indicadas.

Rebarbar y romper aristas vivas

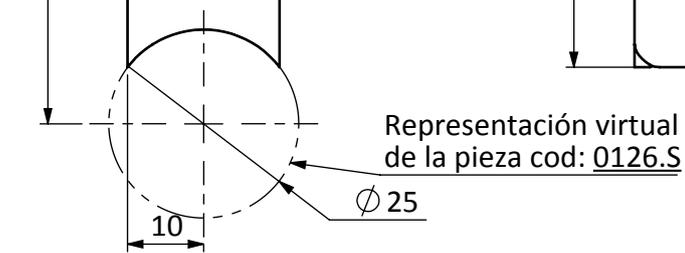
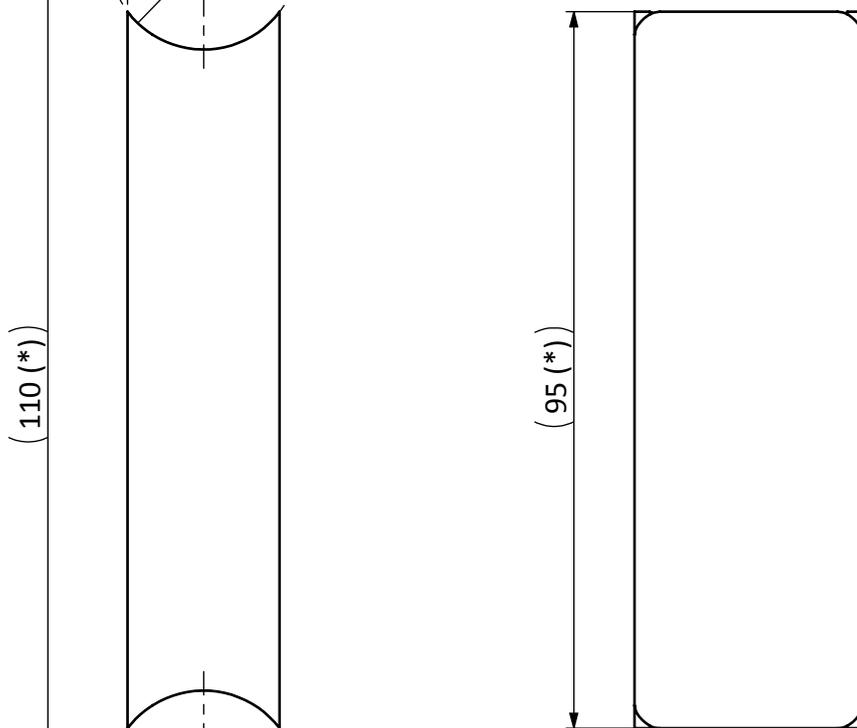
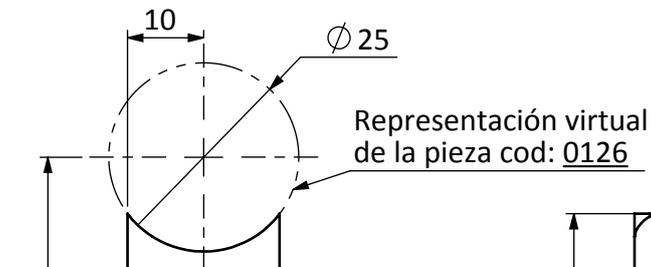
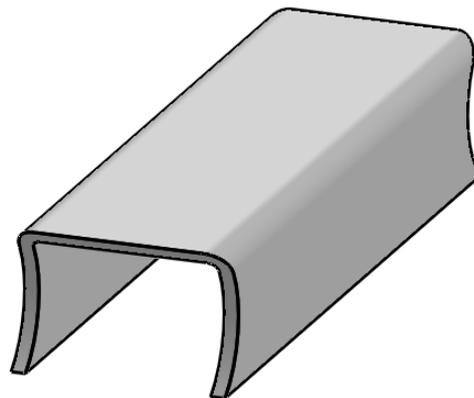
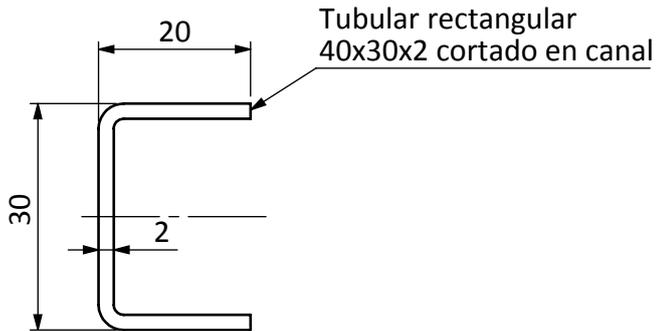
Escala: 2:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 18 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F111 // 1.0038 // S235JRG2
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 2	Descripción Apoyo trasero soporte controlador			 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0113		



Pieza realizada por corte láser,
las cotas son de comprobación

Rebarbar y romper aristas vivas

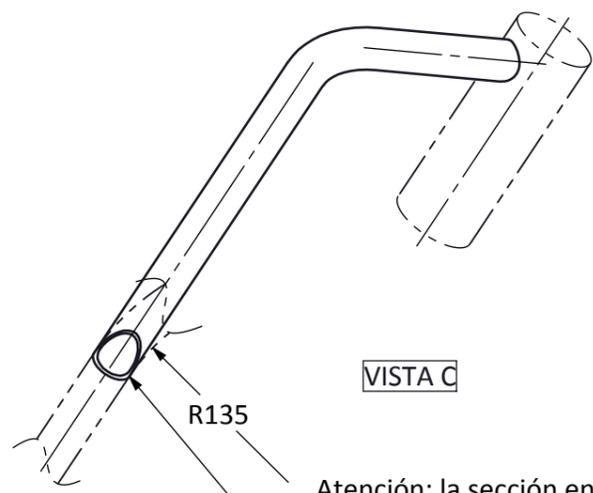
Escala: 2:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 19 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: F111 // 1.0038 // S235JRG2
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales  UNIVERSITAT JAUME·I
Comprobado	-	-		
Cantidad: 4	Descripción Orejeta anclaje delantero soporte controlador		Cod: 0114	Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4				



Rebarbar y romper aristas vivas

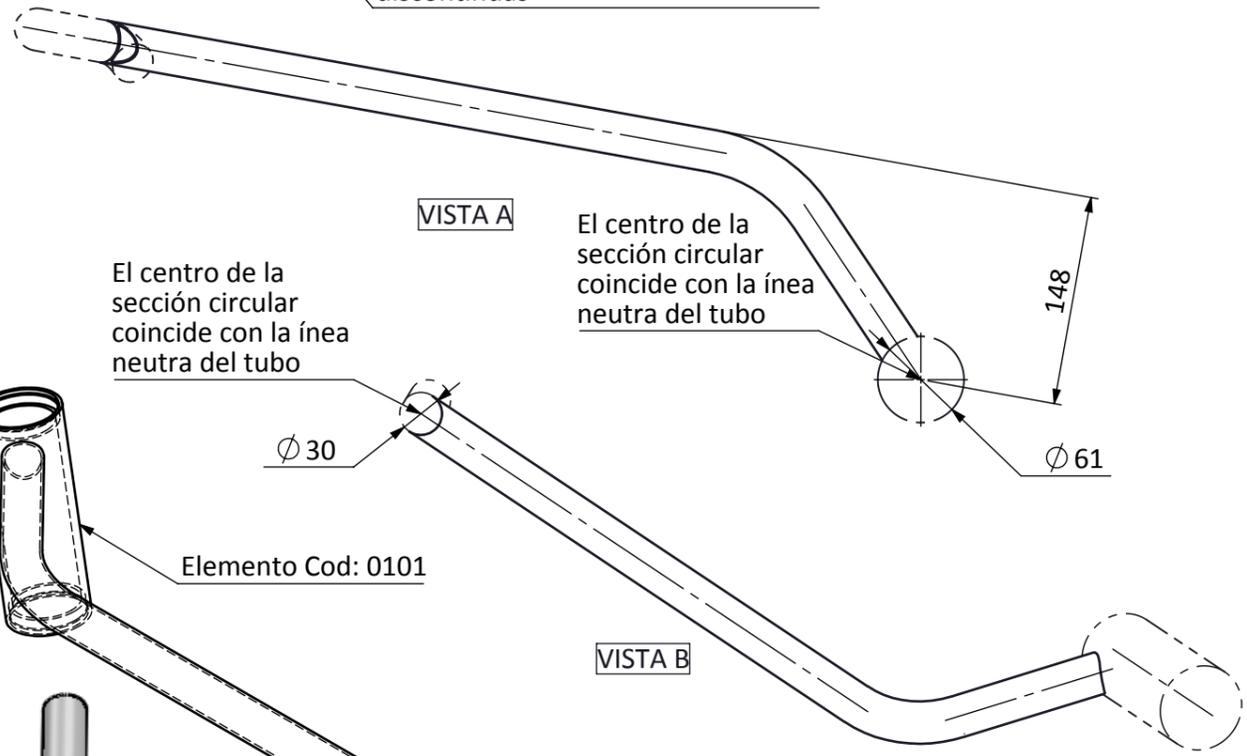
Cotas con (*):
Son cotas orientativas. Es recomendable dejar creces segun se considere para ajustar posteriormente en el banco de soldadura.

Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 20 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubular S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 2	Descripción Costilla base asiento			 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4			Cod: 0115	



VISTA C

Atención: la sección en este extremo describe el recorrido indicado por la pieza virtual trazada con líneas discontinuas



VISTA A

El centro de la sección circular coincide con la línea neutra del tubo

El centro de la sección circular coincide con la línea neutra del tubo

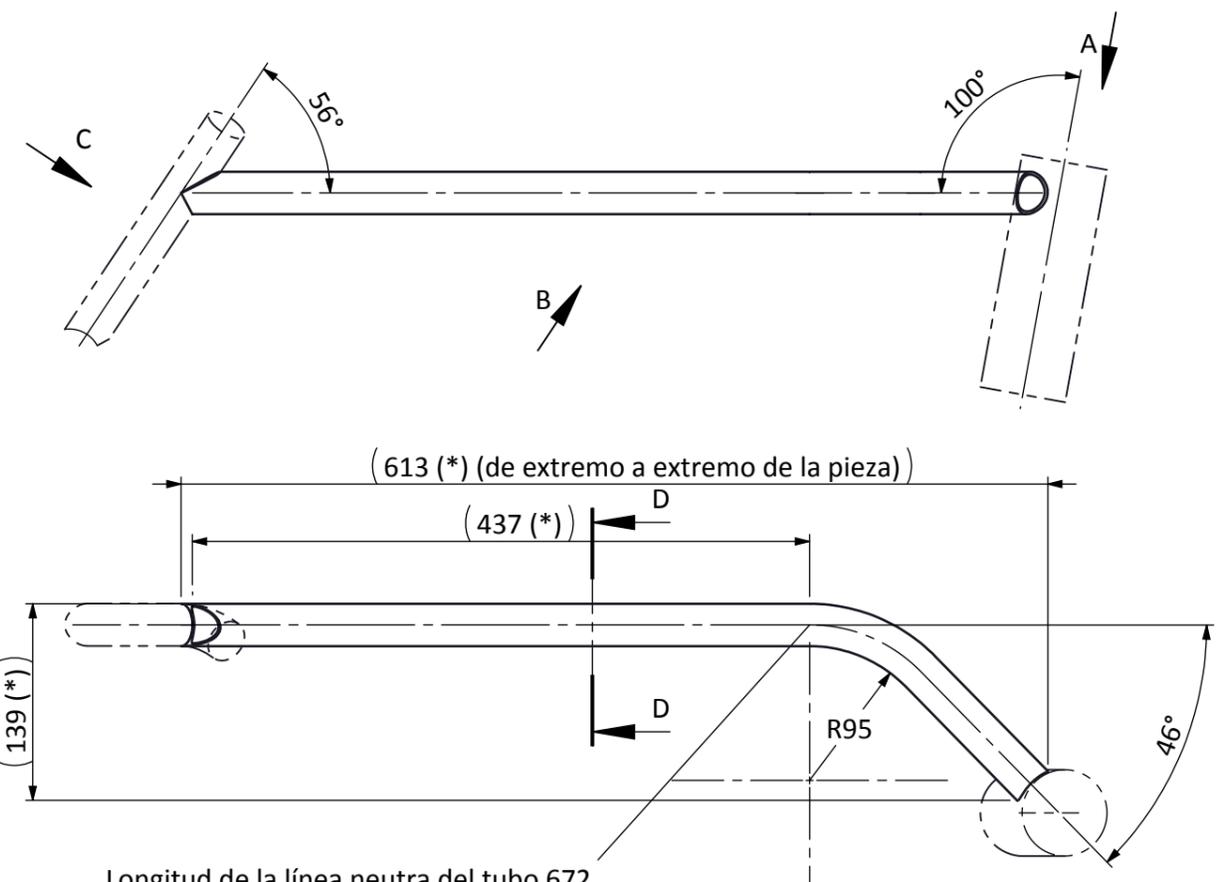
Elemento Cod: 0101

VISTA B

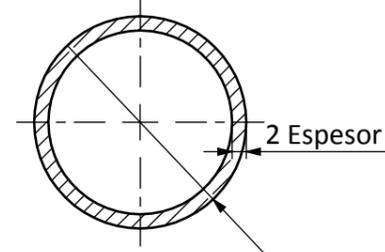
Elemento Cod: 0119

Vistas en perspectiva de la pieza a fabricar con y sin la representación virtual de los elementos adyacentes que la condicionan.

ATENCIÓN: Se deben fabricar la pieza descrita y su simétrica.



Longitud de la línea neutra del tubo 672



SECCIÓN D-D
ESCALA 1 : 1

Cotas con (XX(*)):
Son cotas orientativas, ya que indican valores complicados de medir u obtener. Es recomendable dejar creces segun se considere para ajustar posteriormente en el banco de soldadura.

Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 1:5	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 21 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1 + 1 simétrica	Descripción: Arco superior			 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A3	Cod: 0116 // 0116.S			

1 2 3 4 5 6 7 8

A

B

C

D

E

F

A

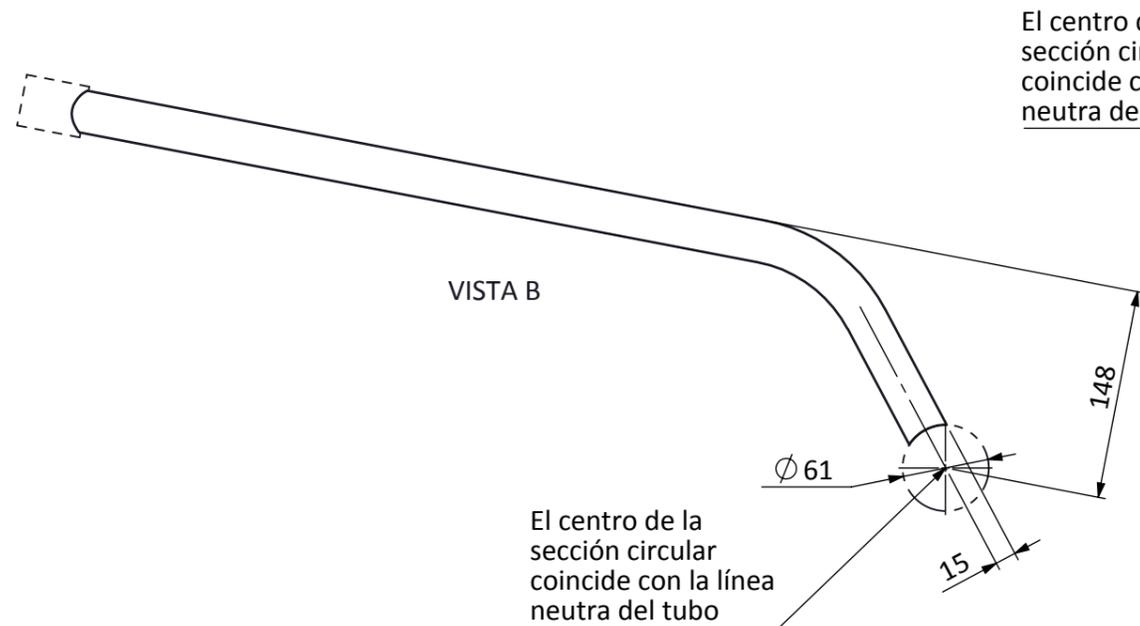
B

C

D

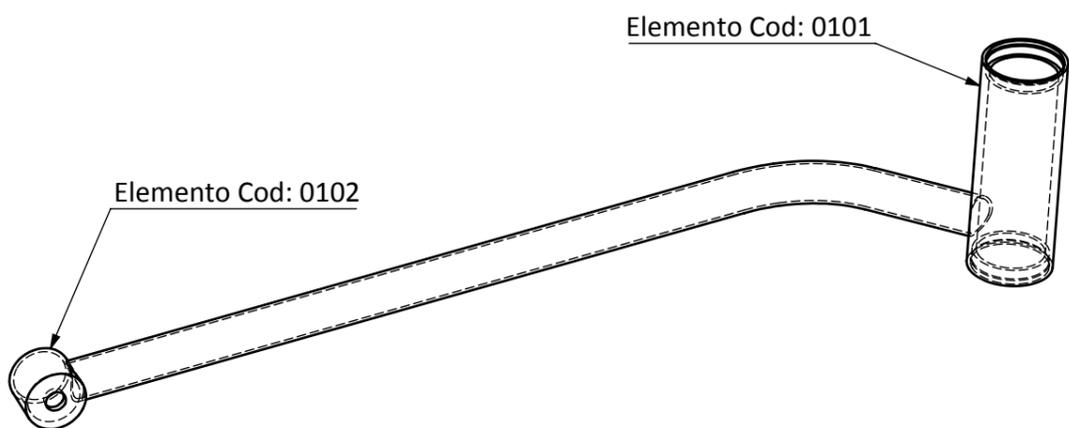
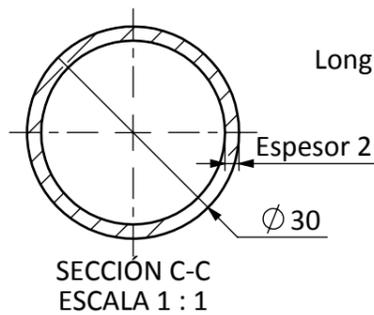
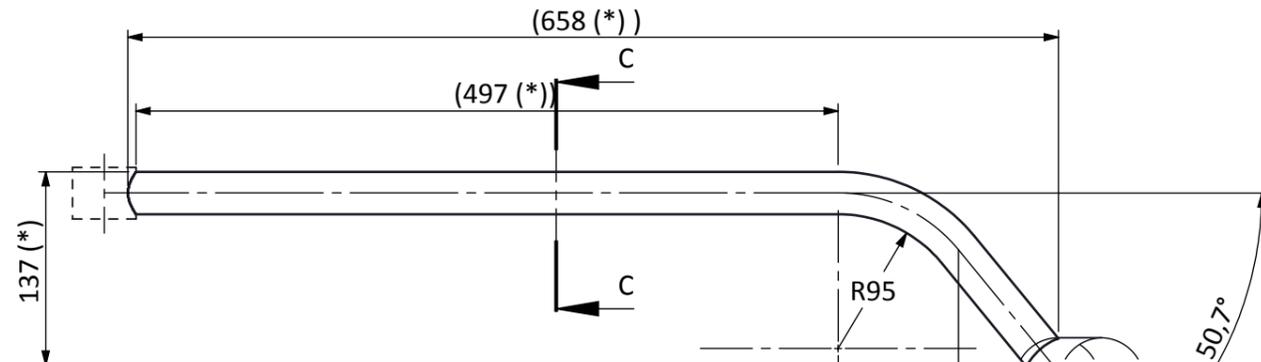
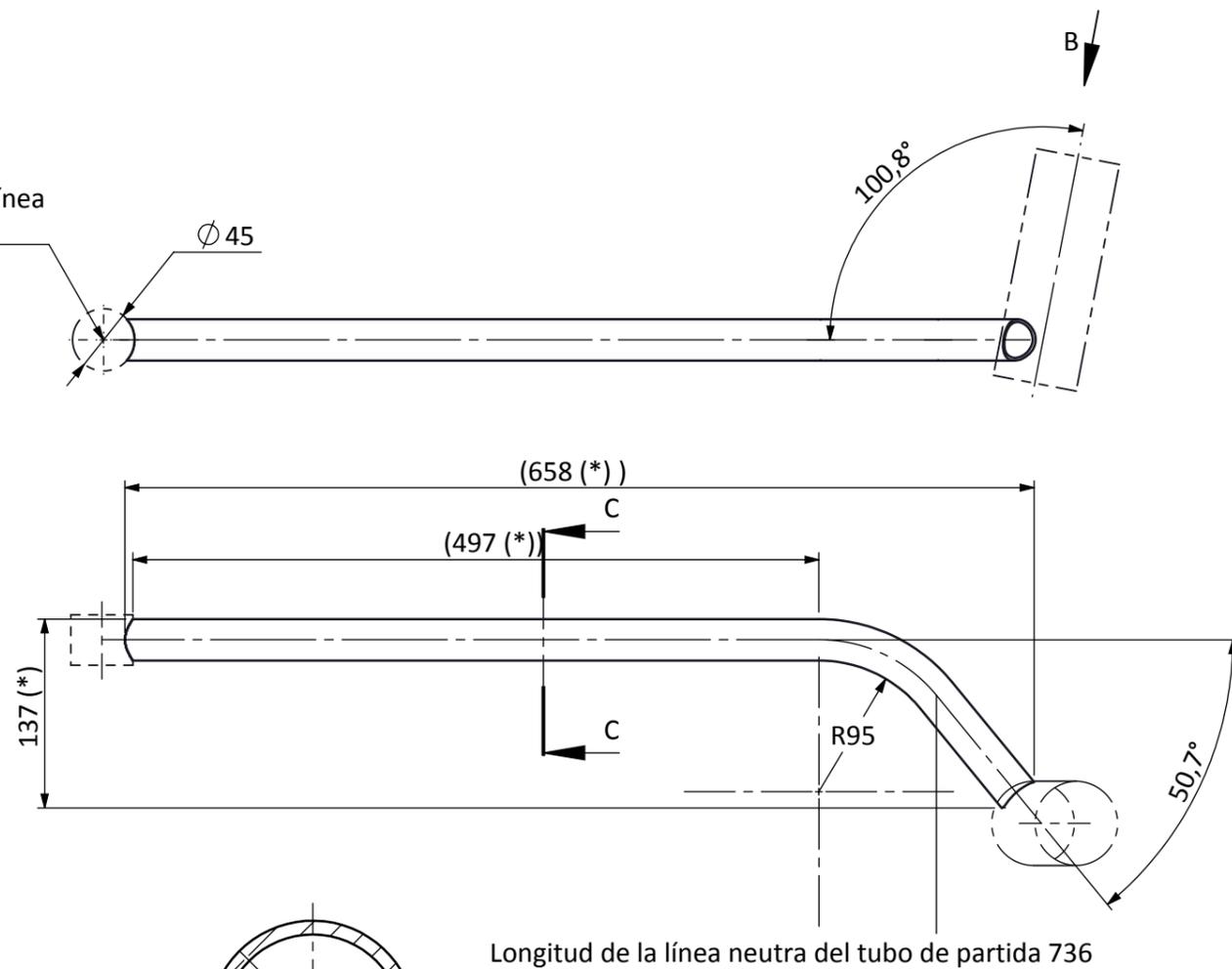
E

F

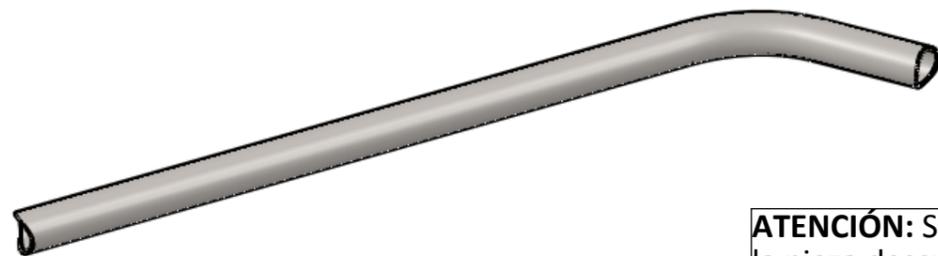


El centro de la sección circular coincide con la línea neutra del tubo

El centro de la sección circular coincide con la línea neutra del tubo



Vistas en perspectiva de la piza a fabricar, con y sin las representaciones virtuales de las adyacentes que la condicionan



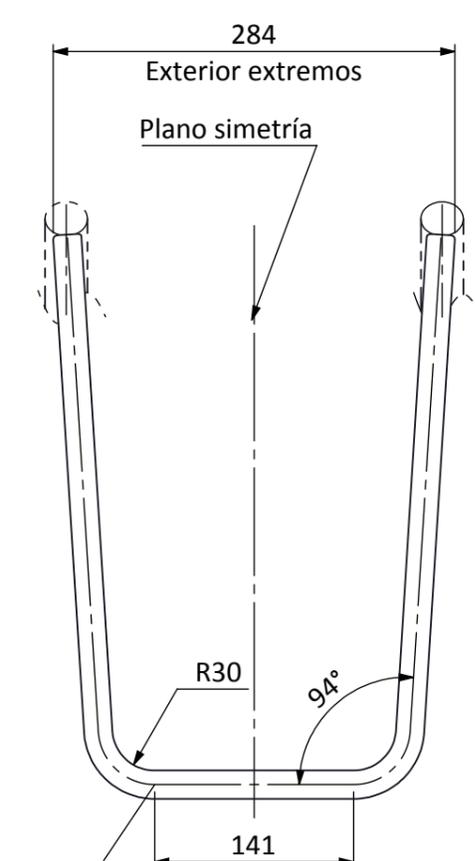
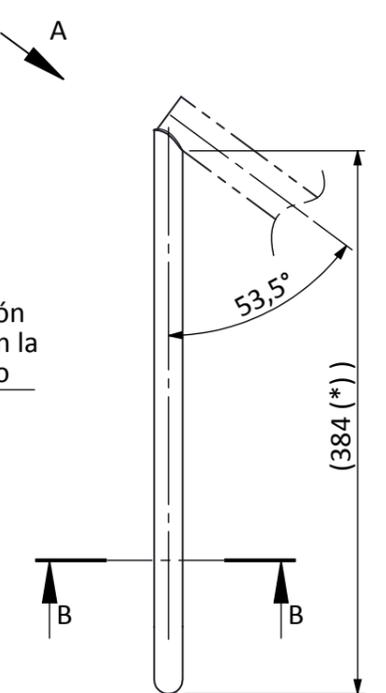
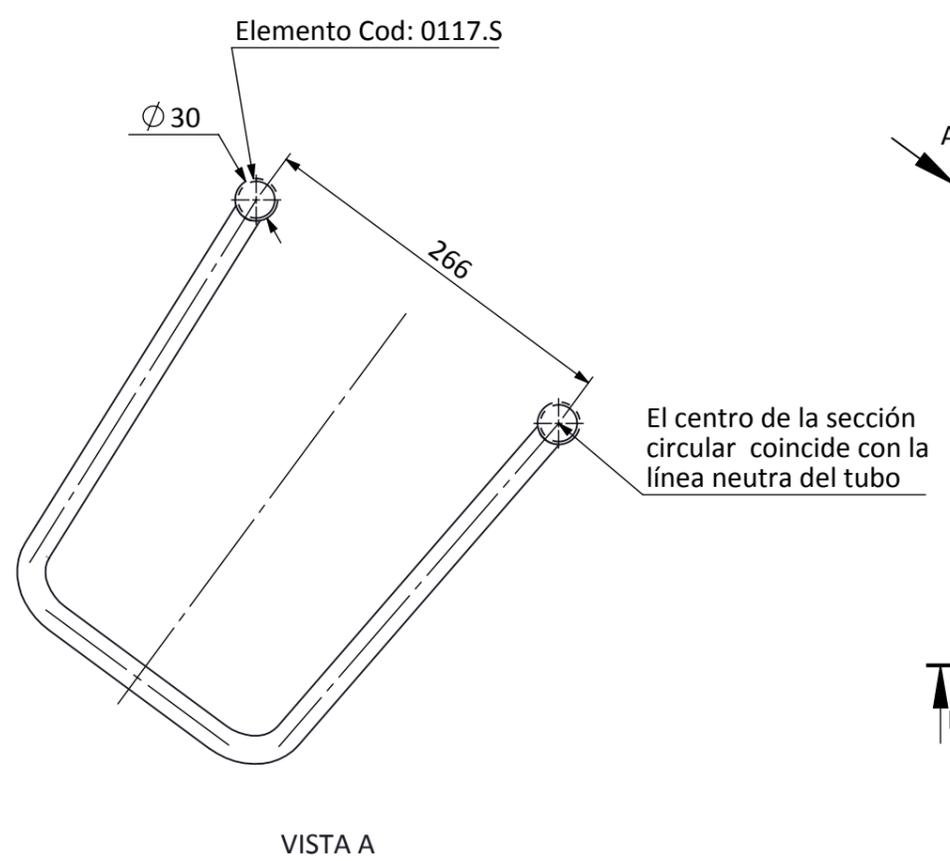
ATENCIÓN: Se deben fabricar la pieza descrita y su simétrica.

Cotas con (*):
Son cotas orientativas, ya que indican valores complicados de medir u obtener. Es recomendable dejar creces segun se considere para ajustar posteriormente en el banco de soldadura.

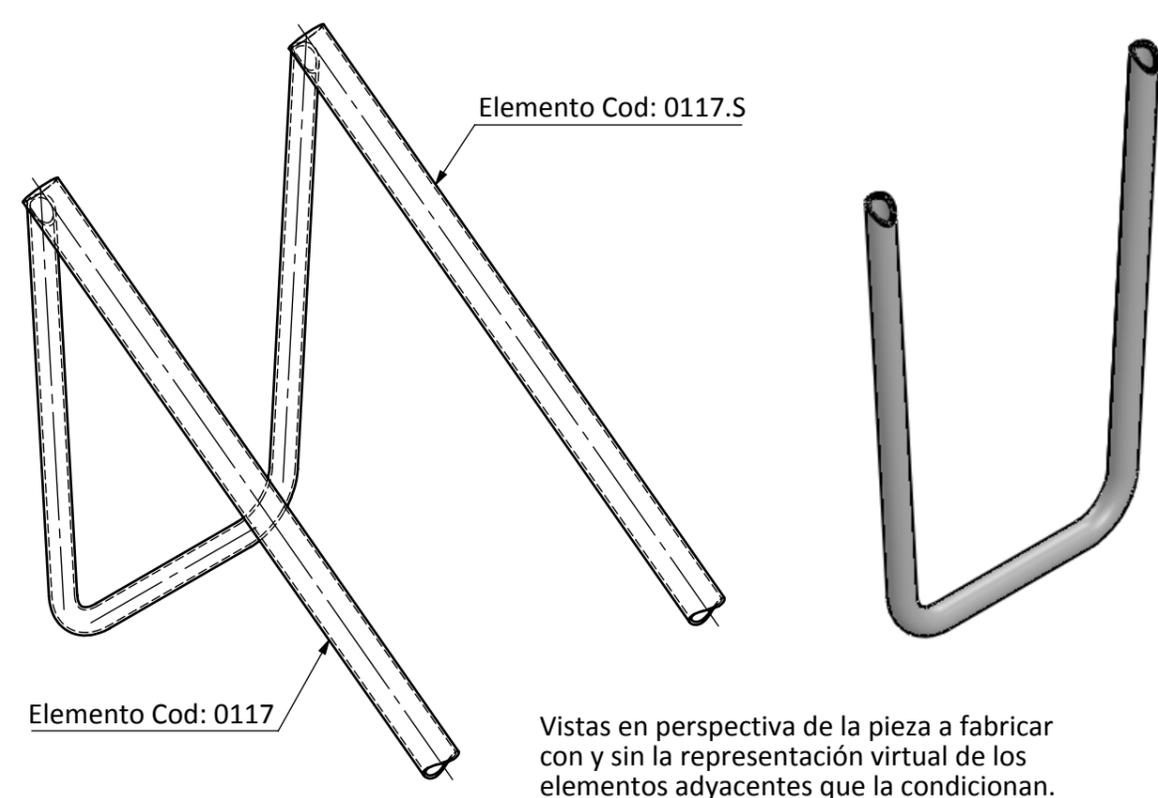
Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 1:5	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 22 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1 + 1 simétrica	Descripción: Arco inferior			 UNIVERSITAT JAUME I
Formato A3	Cod: 0117 // 0117.S			
				Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición

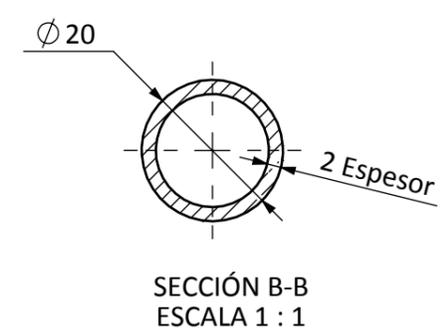
1 2 3 4 5 6 7 8



Longitud de la línea neutra del tubo de partida 961



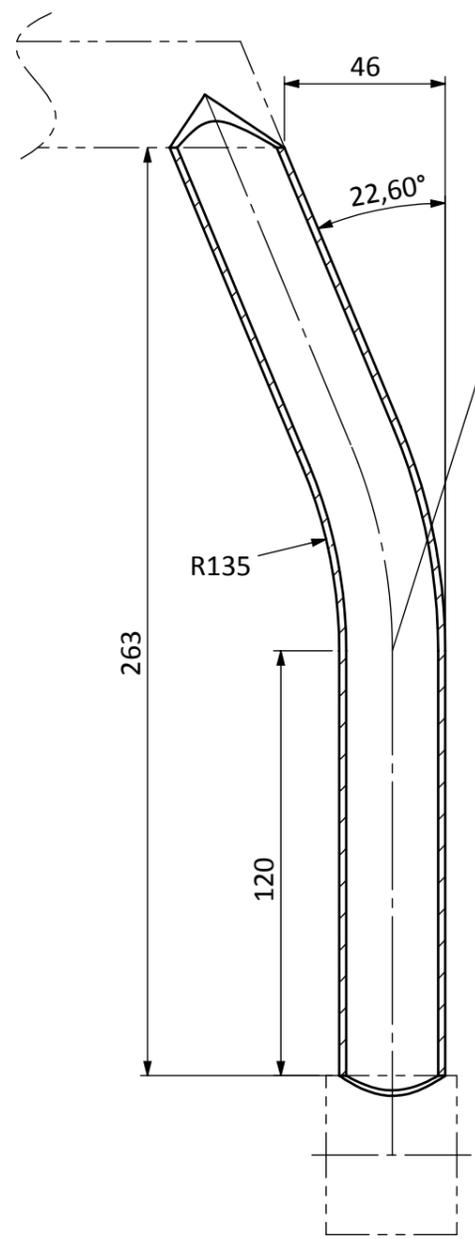
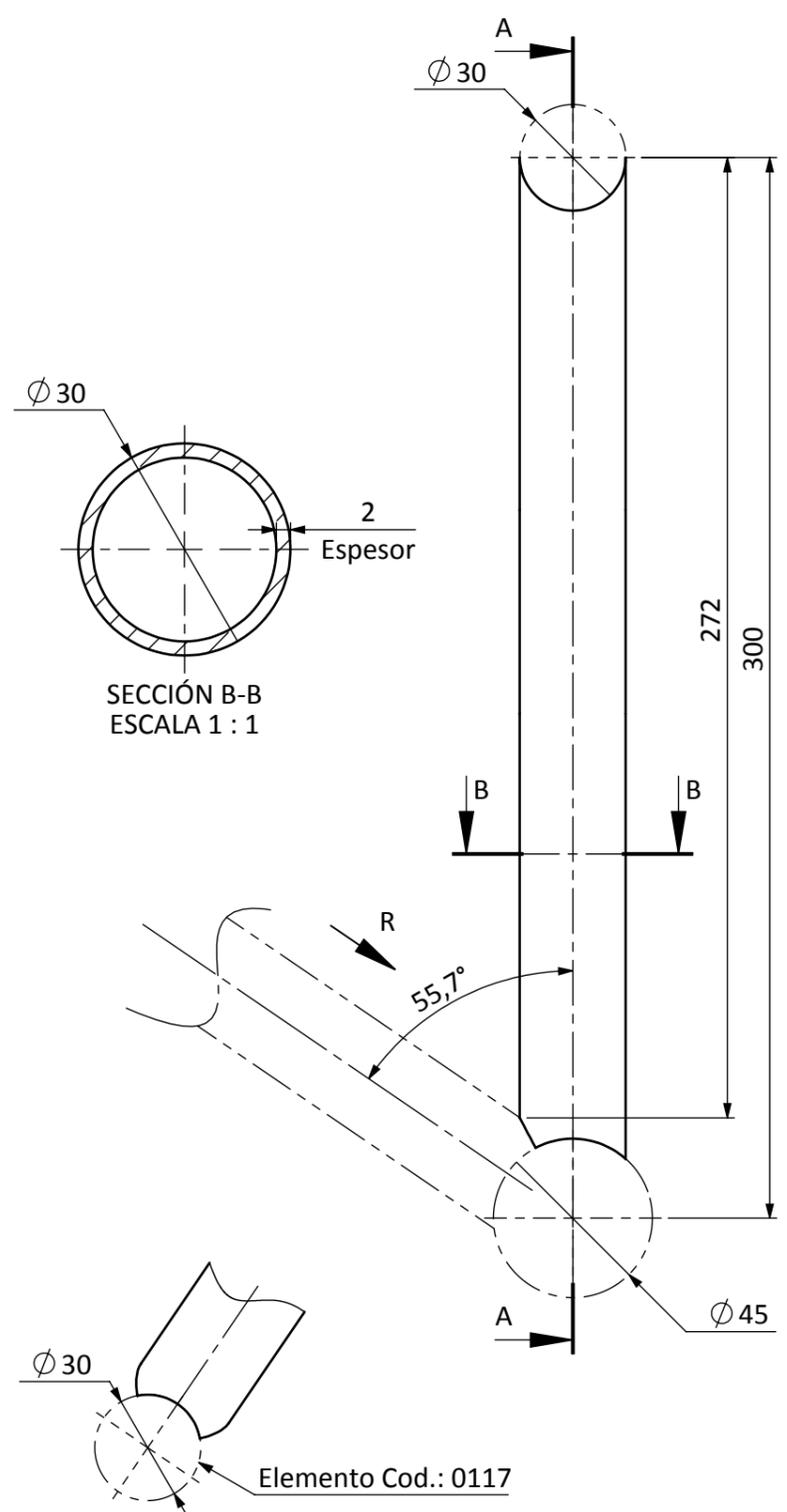
Vistas en perspectiva de la pieza a fabricar con y sin la representación virtual de los elementos adyacentes que la condicionan.



Cotas con (*):
Son cotas orientativas, ya que indican valores complicados de medir u obtener. Es recomendable dejar creces segun se considere para ajustar posteriormente en el banco de soldadura.

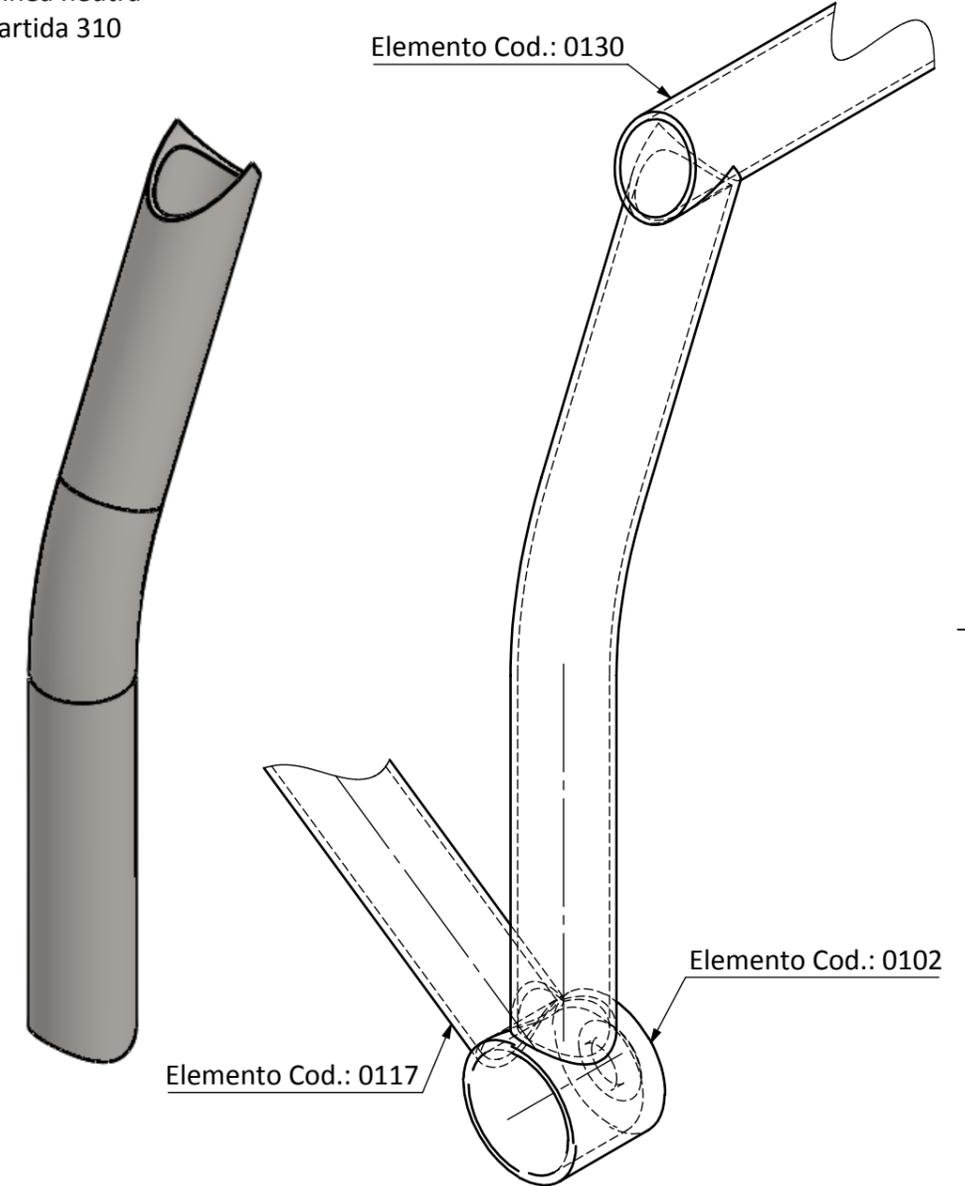
Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 1:5	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 23 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material:
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1	Descripción:			 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A3	Cod: 0118			



Longitud de la línea neutra del tubo de partida 310

Vistas en perspectiva de la pieza a fabricar con y sin la representación virtual de los elementos adyacentes que la condicionan.

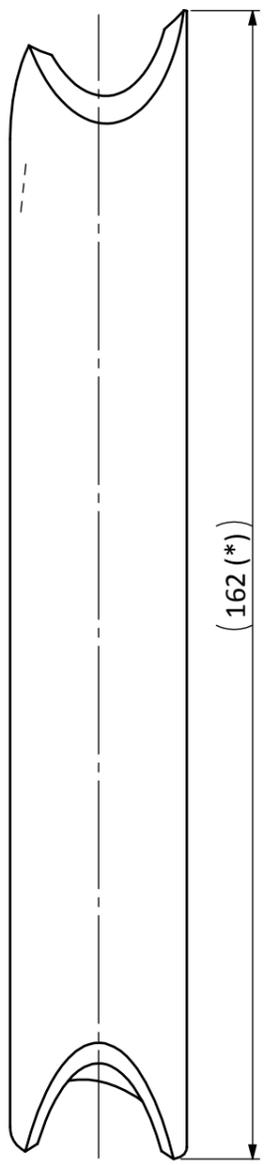
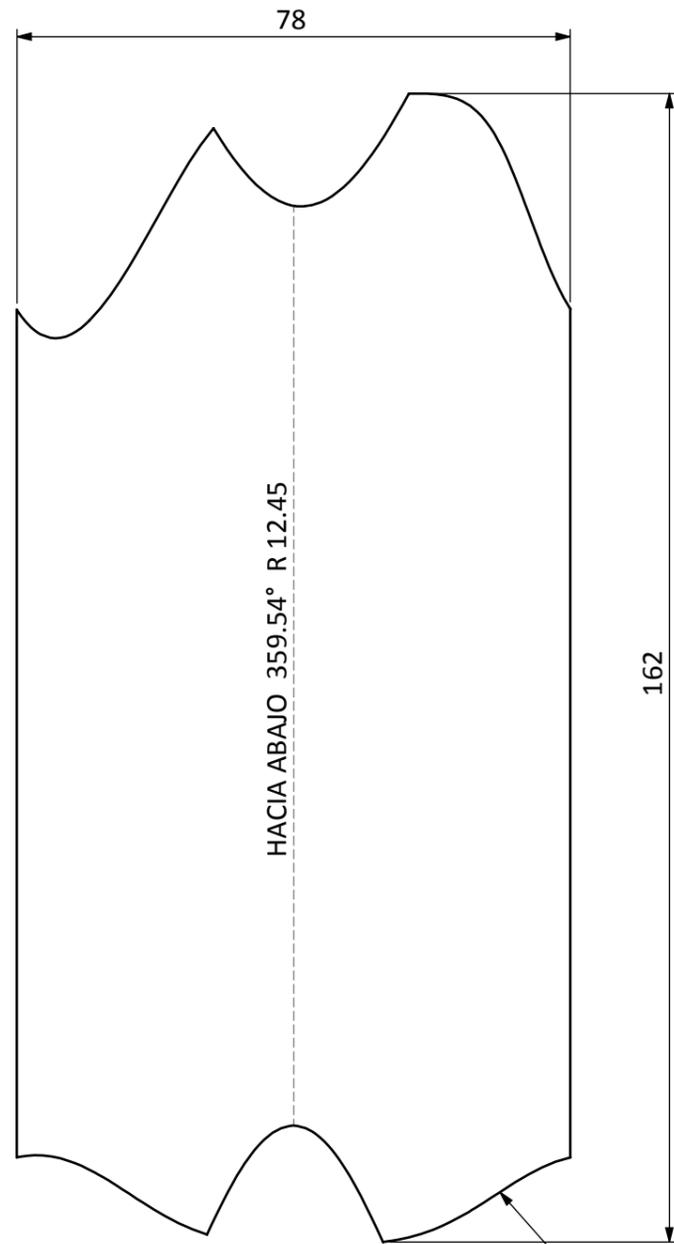


Cotas con (*):
Son cotas orientativas, ya que indican valores complicados de medir u obtener. Es recomendable dejar creces segun se considere para ajustar posteriormente en el banco de soldadura.

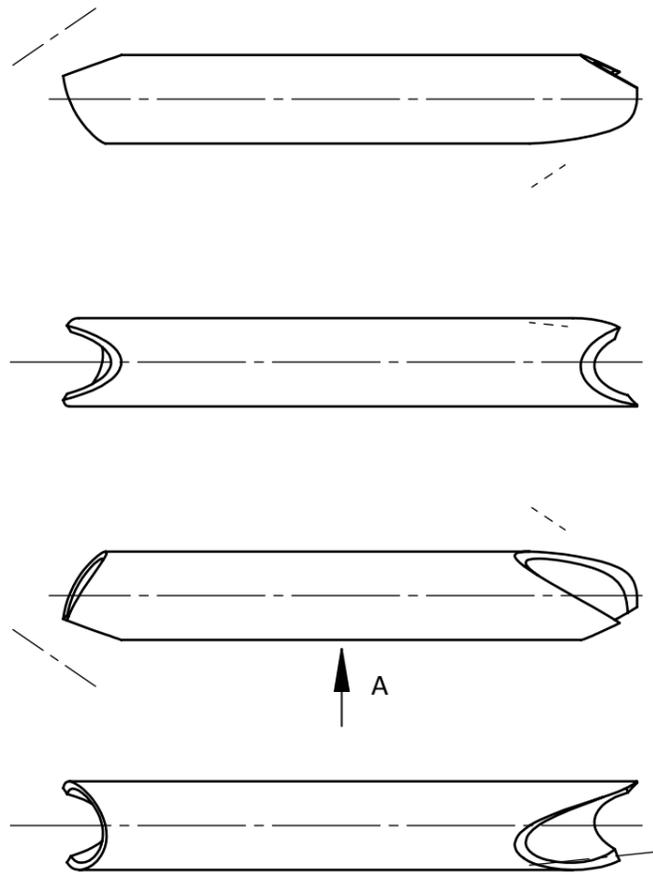
ATENCIÓN: Se deben fabricar la pieza descrita y su simétrica.

Rebarbar y romper aristas vivas

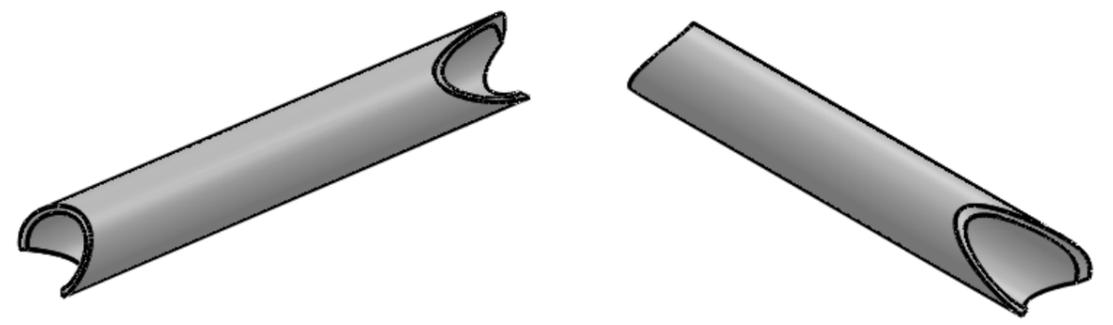
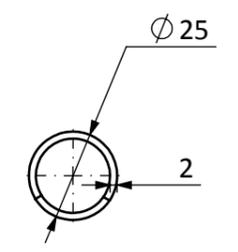
Escala: 1:2	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 24 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1 + 1 simétrica	Descripción: Arco central			 UNIVERSITAT JAUME I
Formato A3	Cod: 0119//0119.S			
				Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición



VISTA A
 \curvearrowright 90,00°
 ESCALA 1 : 1



Grupo de vistas en primer ángulo para aportar información visual sobre los cortes



Cotas con (*):
 Son cotas orientativas, ya que indican valores complicados de medir u obtener. Es recomendable dejar creces segun se considere para ajustar posteriormente en el banco de soldadura.

Rebarbar y romper aristas vivas

Superponiendo este patron, sobre la superficie externa de un tubo de $\varnothing_{ext} = 25$ se obtiene el contorno de los cortes necesarios para fabricar la pieza.
 Es de gran importancia asegurarse de que la escala del patrón es 1:1 y que el tubo cortado sea de mayor longitud que el largo del patrón para obtener una pieza adecuada.

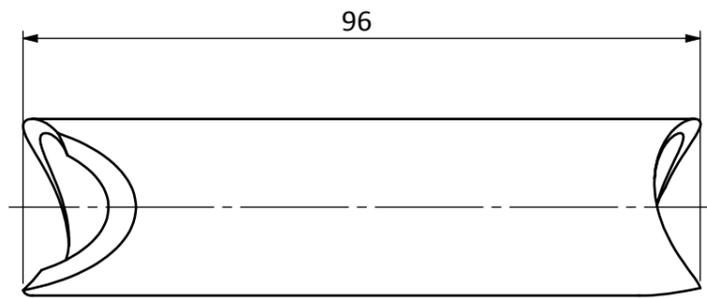
En caso de disponer de una máquina de corte de tubo por control numérico de láser, se puede realizar la pieza a partir del modelo cad que se tiene.

ATENCIÓN: Se debe fabricar tanto la pieza indicada como su simétrica.

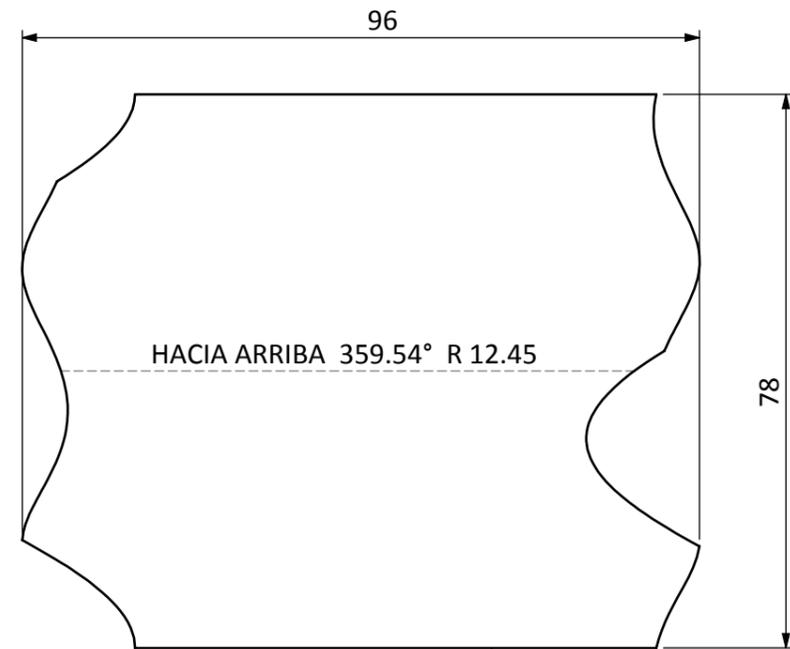
Escala: 1:2	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 25 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1 + 1 simétrica	Descripción: Tubo 1 entramado refuerzo			Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A3	Cod: 0120//0120.S			

1 2 3 4 5 6 7 8

A



VISTA EN PLANTA
90,00°



B

C

D

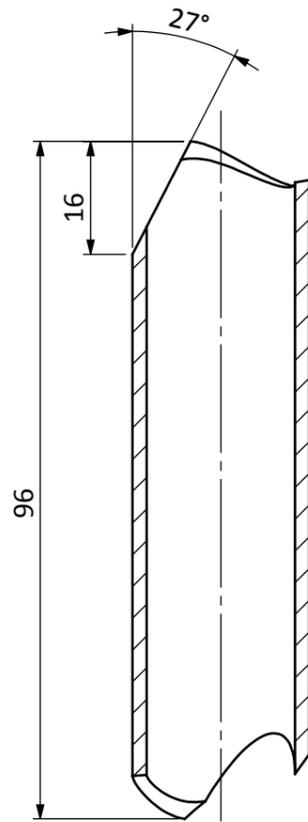
E

F

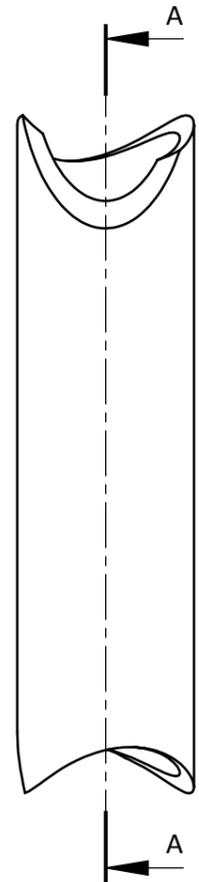
Superponiendo este patron, sobre la superficie externa de un tubo de $\varnothing_{ext} = 25$ se obtiene el contorno de los cortes necesarios para fabricar la pieza.
Es de gran importancia asegurarse de que la escala del patron es 1:1 y que el tubo cortado sea de mayor longitud que el largo del patron para obtener una pieza adecuada.

En caso de disponer de una máquina de corte de tubo por control numérico de láser, se puede realizar la pieza a partir del modelo cad que se tiene.

ATENCIÓN: Se debe fabricar tanto la pieza indicada como su simétrica



SECCIÓN A-A



VISTA EN PLANTA

Cotas con (*):
Son cotas orientativas, ya que indican valores complicados de medir u obtener. Es recomendable dejar creces segun se considere para ajustar posteriormente en el banco de soldadura.

Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 1:1 	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 26 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
Autor Serrano Soler, Carles	Fecha 26/04/2017	Firma	Material: Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577	
Comprobado -	-	-	Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales 	
Cantidad: 1 + 1 simétrica	Descripción: Tubo 2 entramado refuerzo			Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A3	Cod: 0121//0121.S			

1 2 3 4 5 6 7 8

A

B

C

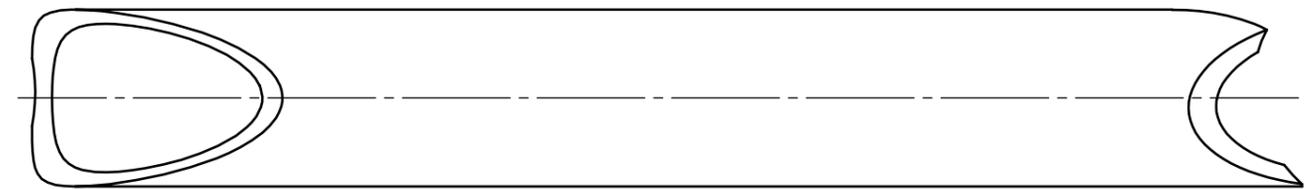
D

E

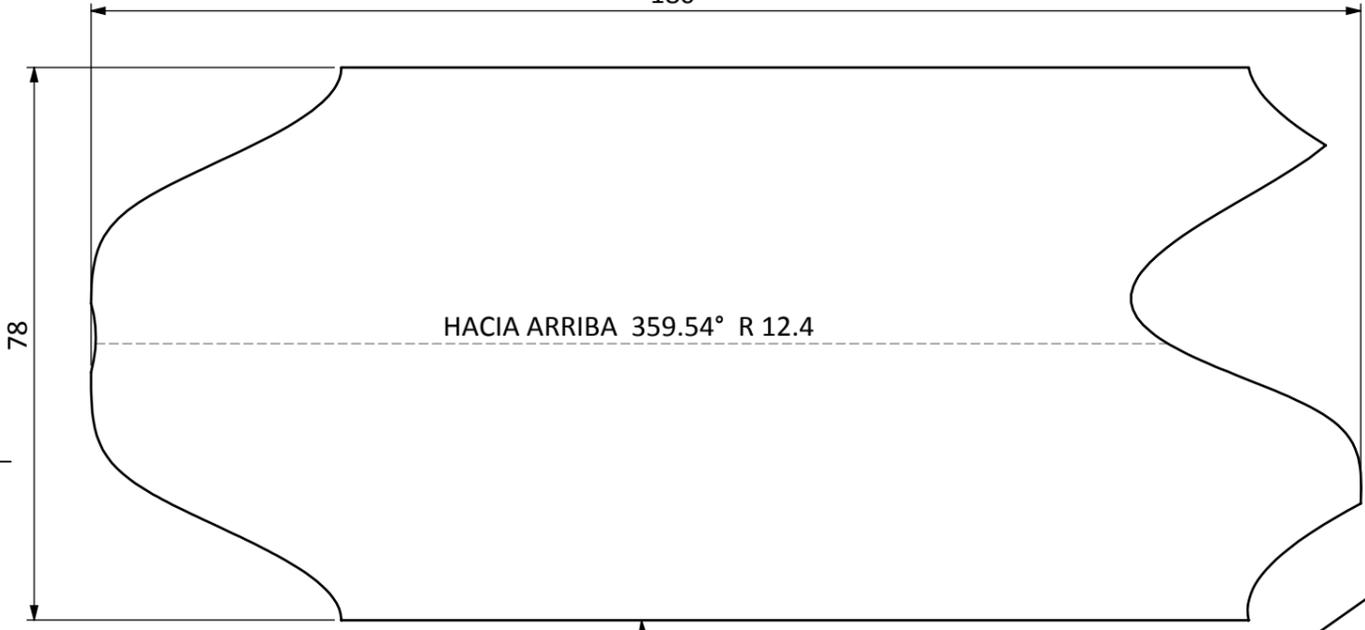
F

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F



VISTA EN PLANTA
90,00°
180

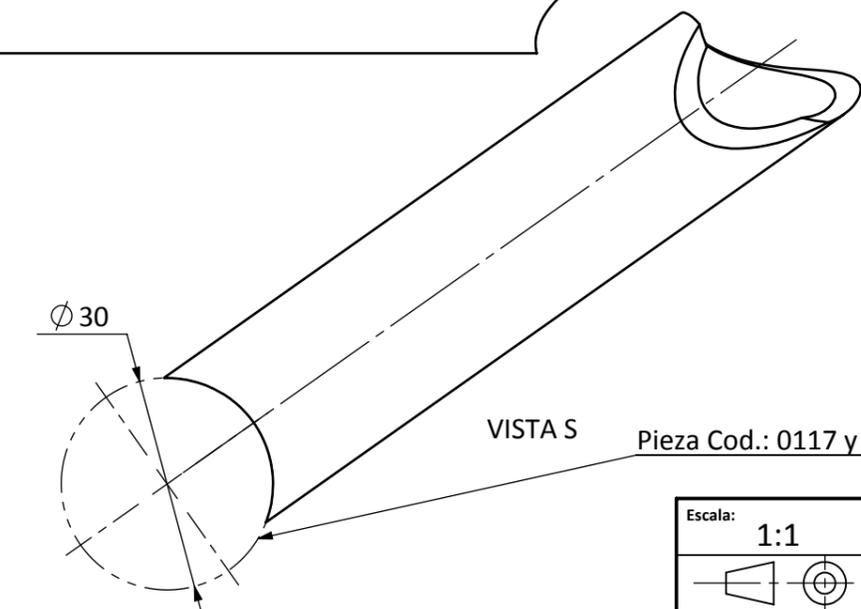


HACIA ARRIBA 359.54° R 12.4

Superponiendo este patron, sobre la superficie externa de un tubo de $\varnothing_{ext} = 25$ se obtiene el contorno de los cortes necesarios para fabricar la pieza.
Es de gran importancia asegurarse de que la escala del patrón es 1:1 y que el tubo cortado sea de mayor longitud que el largo del patrón para obtener una pieza adecuada.

En caso de disponer de una máquina de corte de tubo por control numérico de láser, se puede realizar la pieza a partir del modelo cad que se tiene.

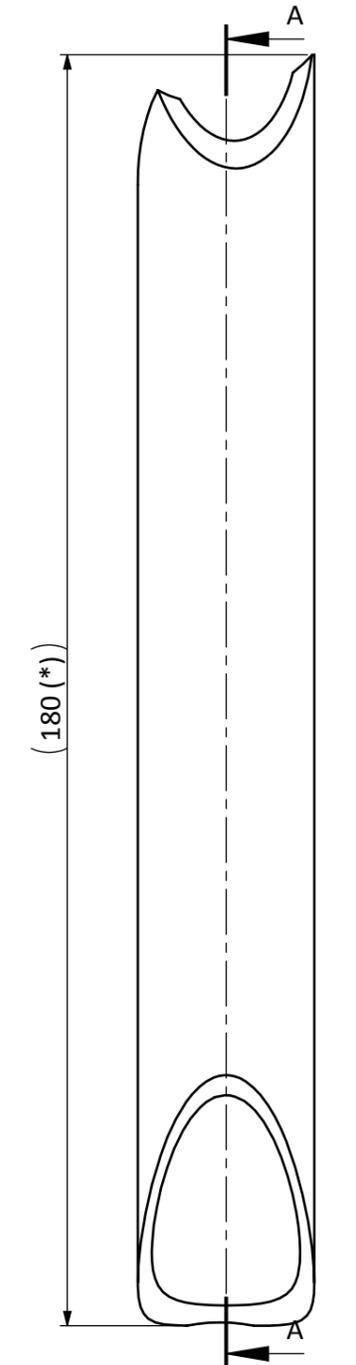
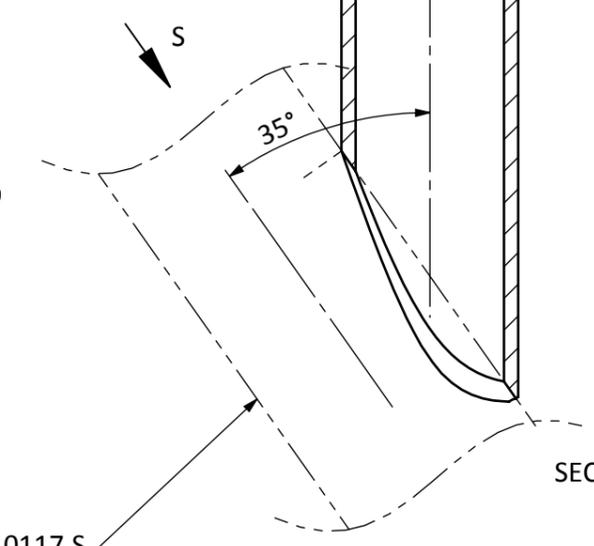
Cotas con (*):
Son cotas orientativas, ya que indican valores complicados de medir u obtener. Es recomendable dejar creces segun se considere para ajustar posteriormente en el banco de soldadura.



VISTA S Pieza Cod.: 0117 y 0117.S

Rebarbar y romper aristas vivas

ATENCIÓN: Se debe fabricar tanto la pieza indicada como su simétrica

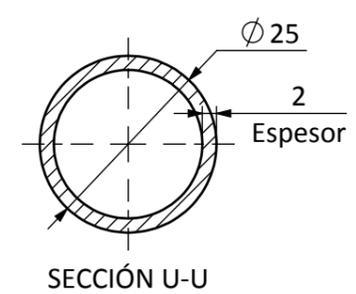
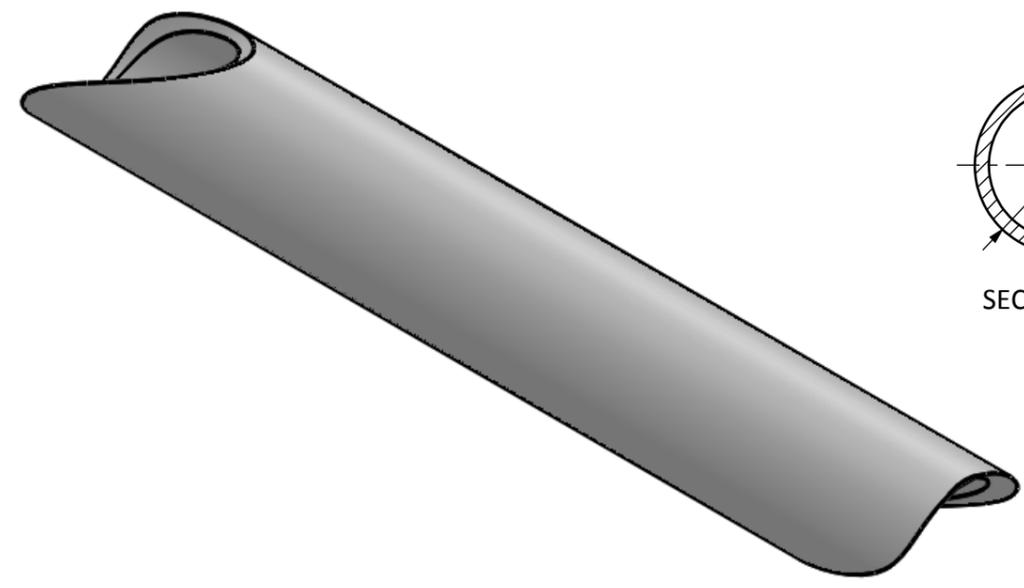
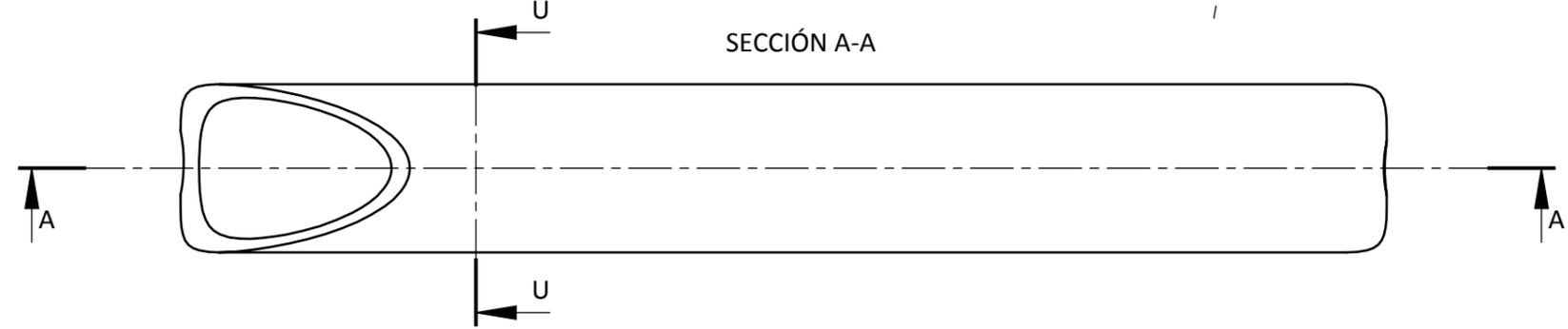
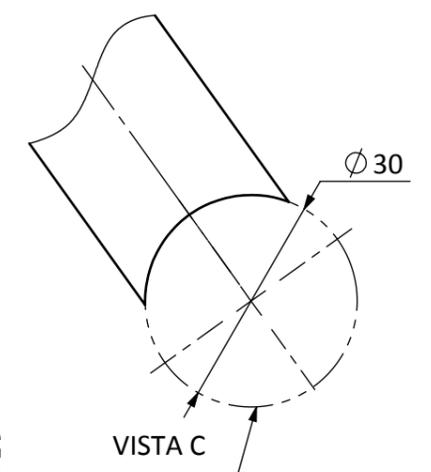
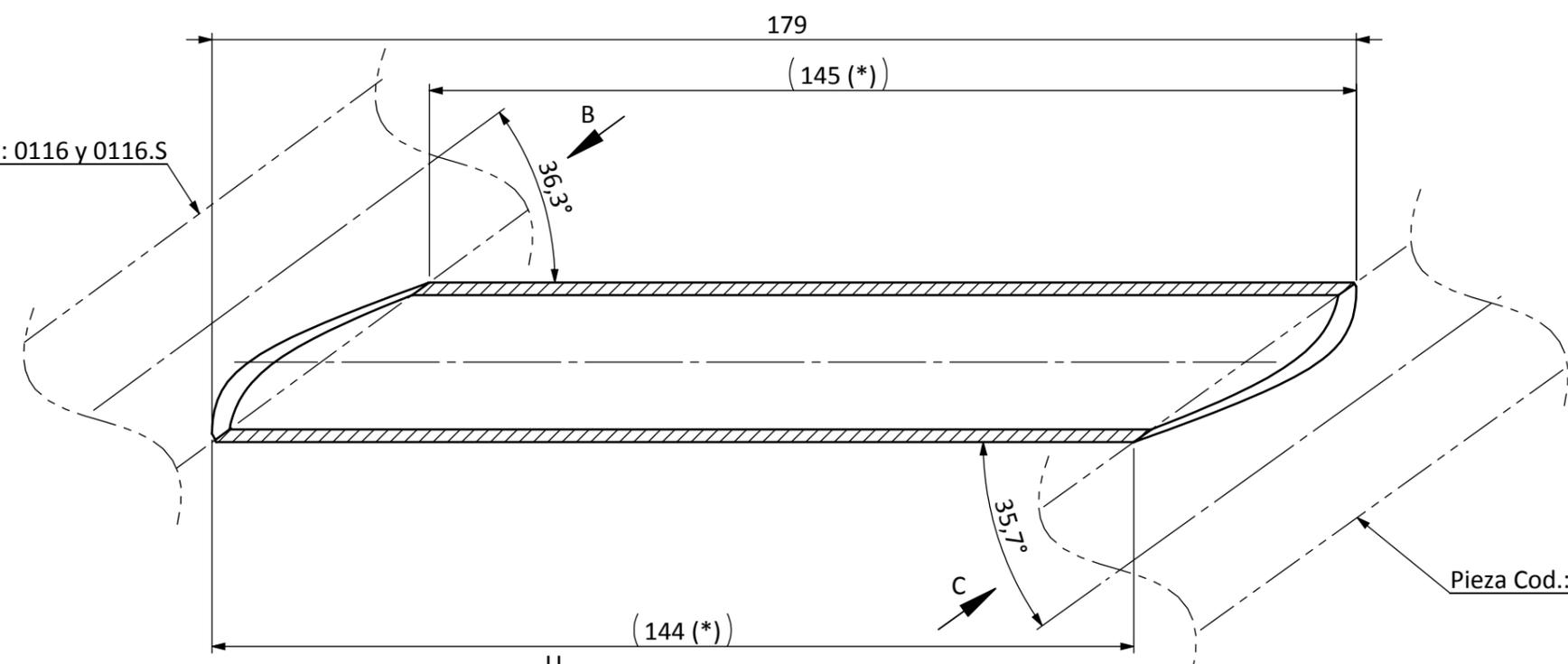
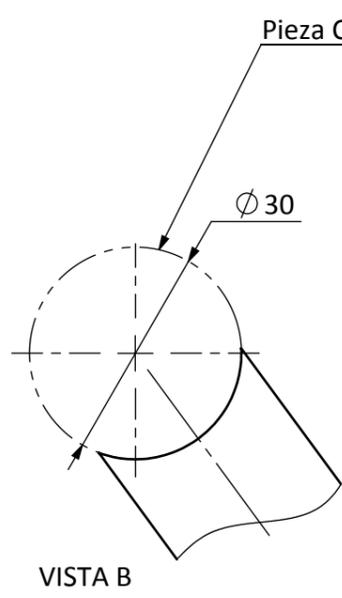


SECCIÓN A-AVISTA EN PLANTA

Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 27 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1 + 1 simétrica	Descripción: Tubo 3 entramado refuerzo			Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A3	Cod: 0122//0122.S			

1 2 3 4 5 6 7 8

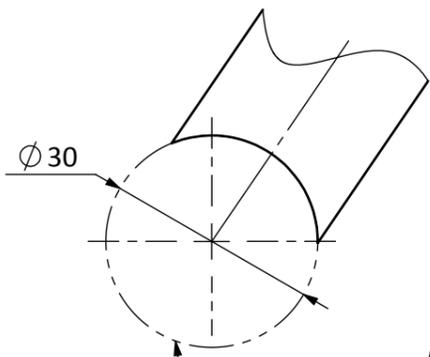
A B C D E F



Cotas con (*):
 Son cotas orientativas, ya que indican valores complicados de medir u obtener. Es recomendable dejar creces segun se considere para ajustar posteriormente en el banco de soldadura.

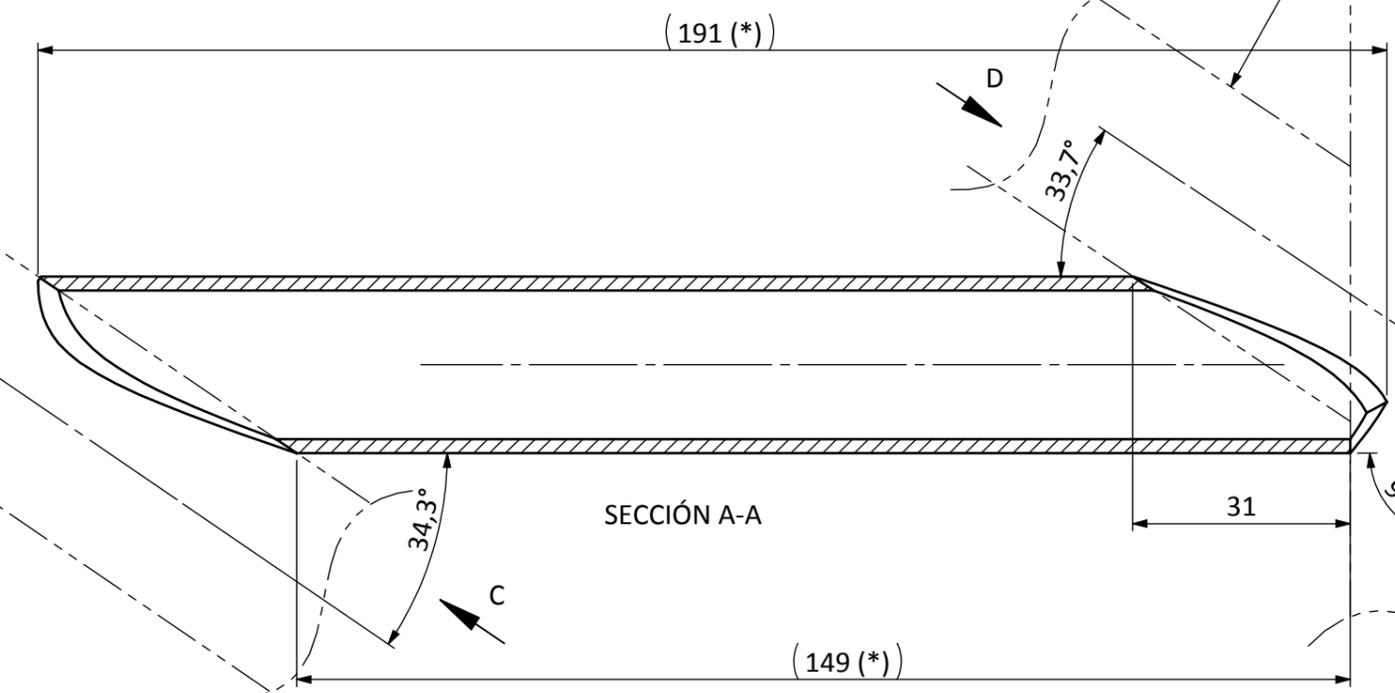
✓ Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 28 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 2	Descripción: Tubo 4 entramado refuerzo			 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A3	Cod: 0123			



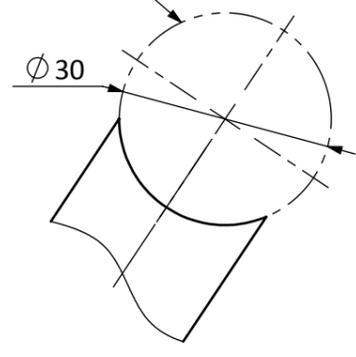
VISTA C

Pieza Cod.: 0117 y 0117.S



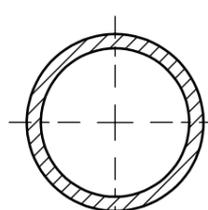
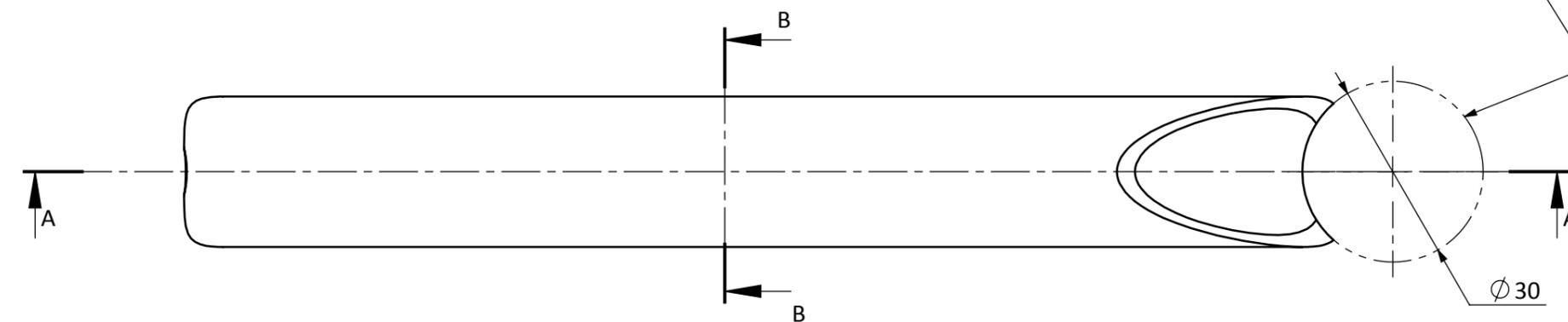
SECCIÓN A-A

Pieza Cod.: 0116 y 0116.S



VISTA D

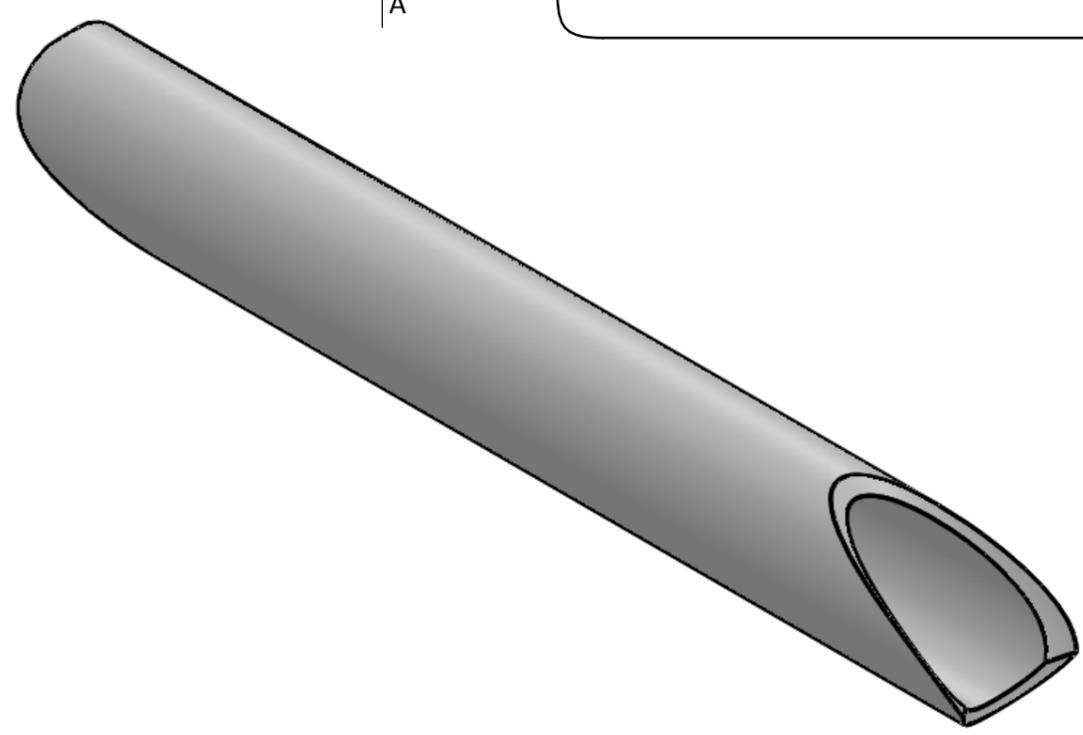
Pieza Cod.: 0119 y 0119.S



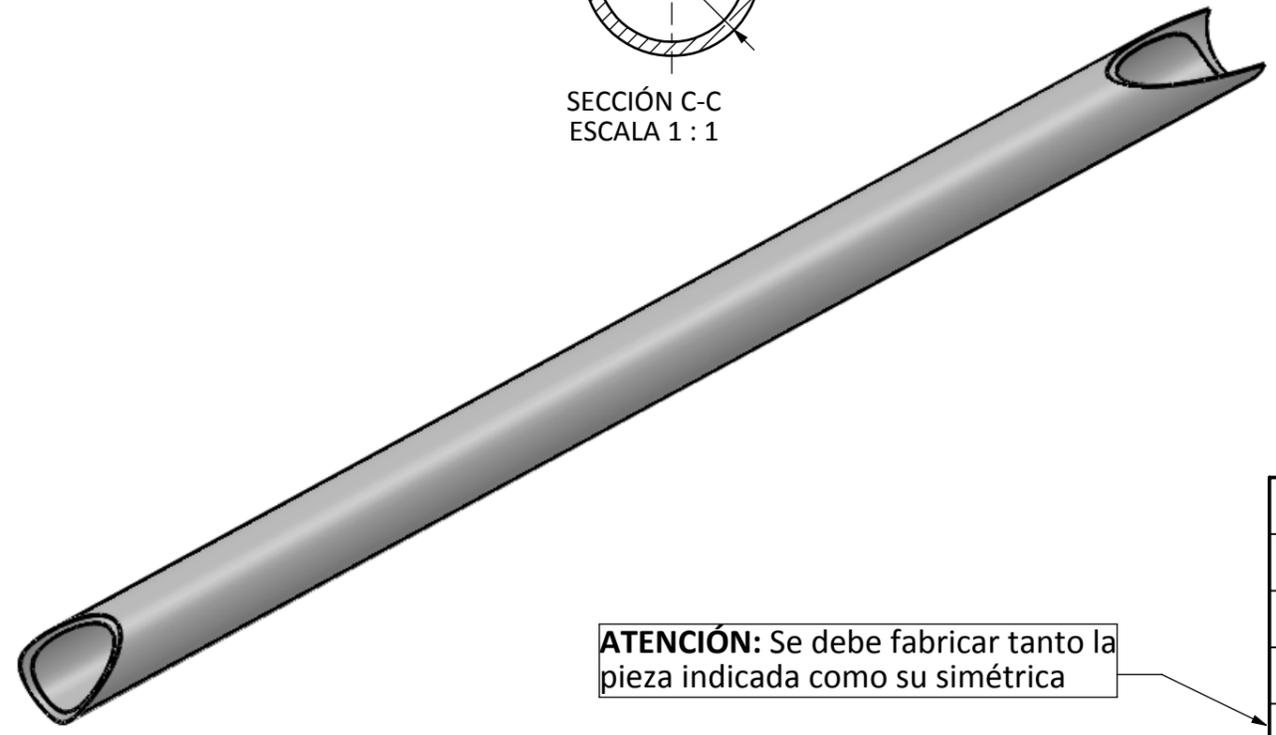
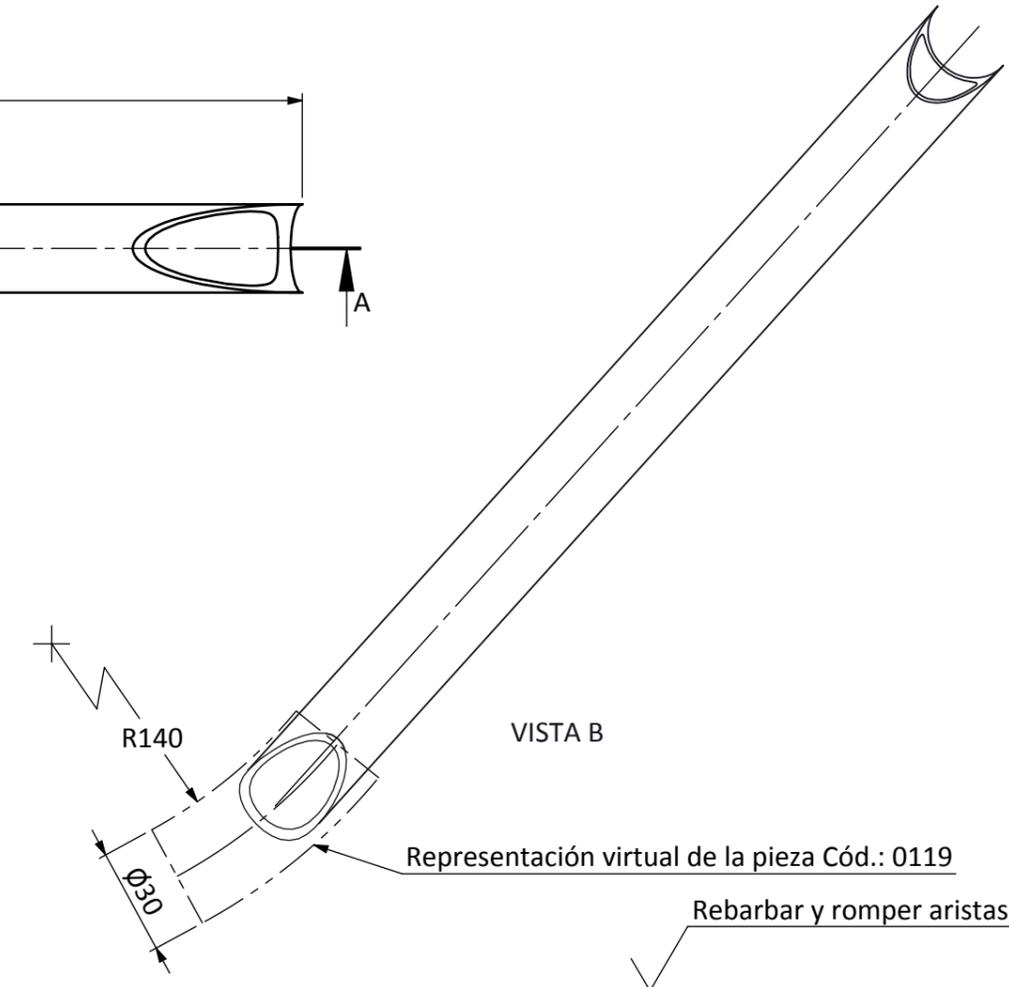
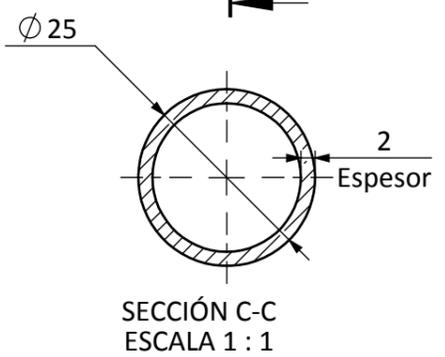
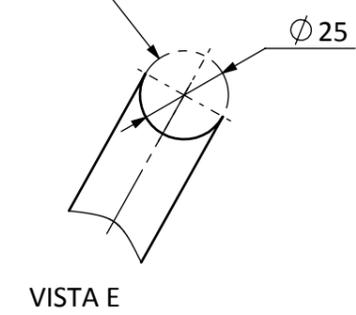
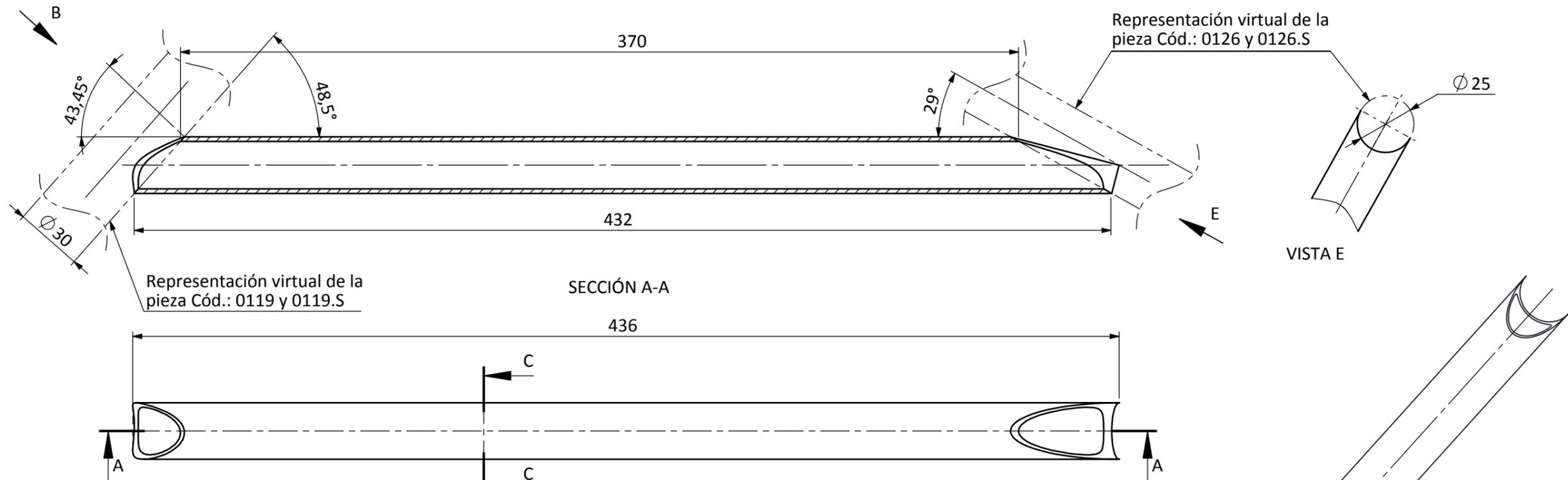
SECCIÓN B-B

Cotas con (*):
 Son cotas orientativas, ya que indican valores complicados de medir u obtener. Es recomendable dejar creces segun se considere para ajustar posteriormente en el banco de soldadura.

Rebarbar y romper aristas vivas



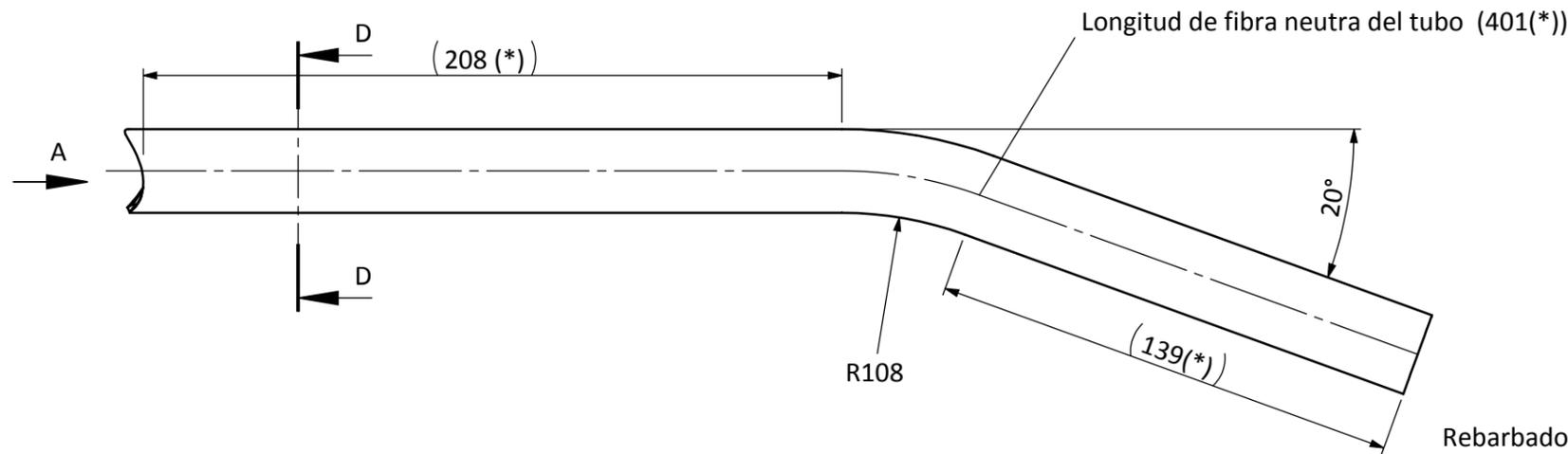
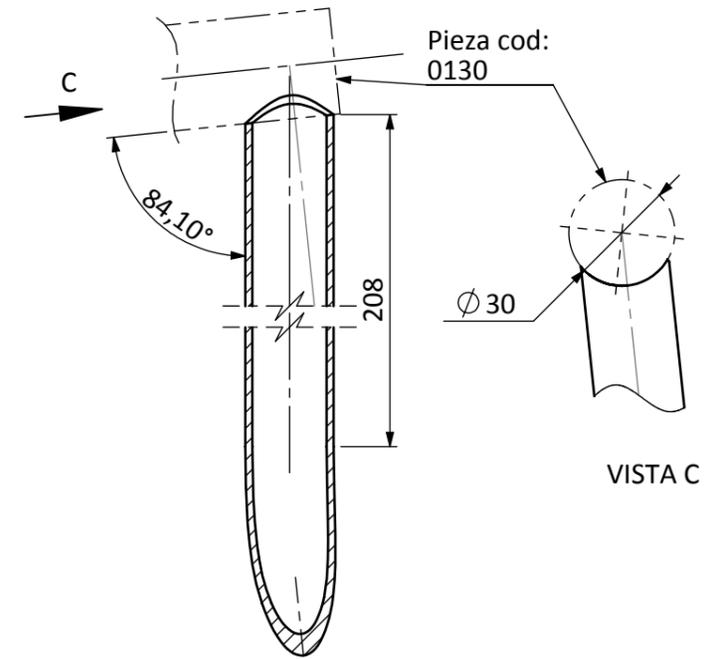
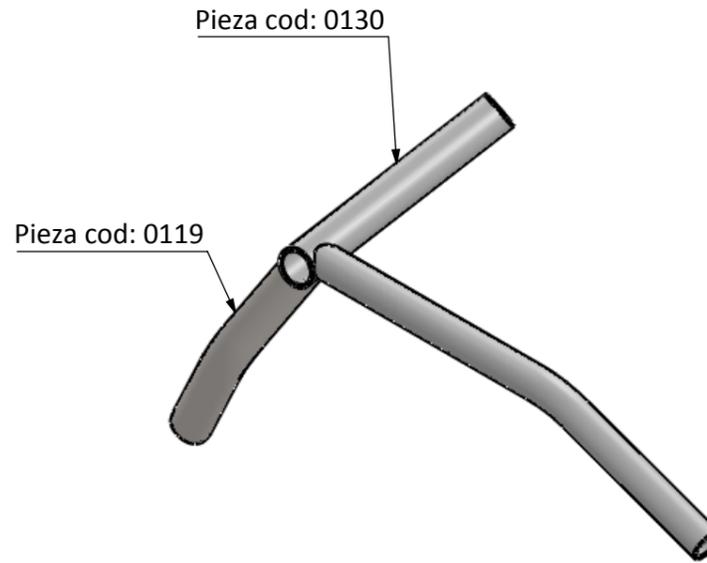
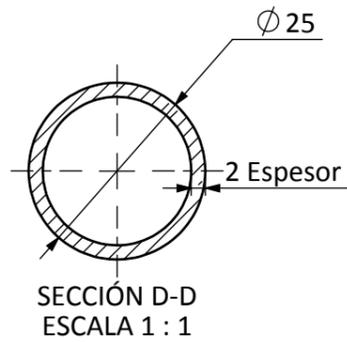
Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 29 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 2	Descripción: Tubo 5 entramado refuerzo			 UNIVERSITAT JAUME I
Formato A3	Cod: 0124		Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición	



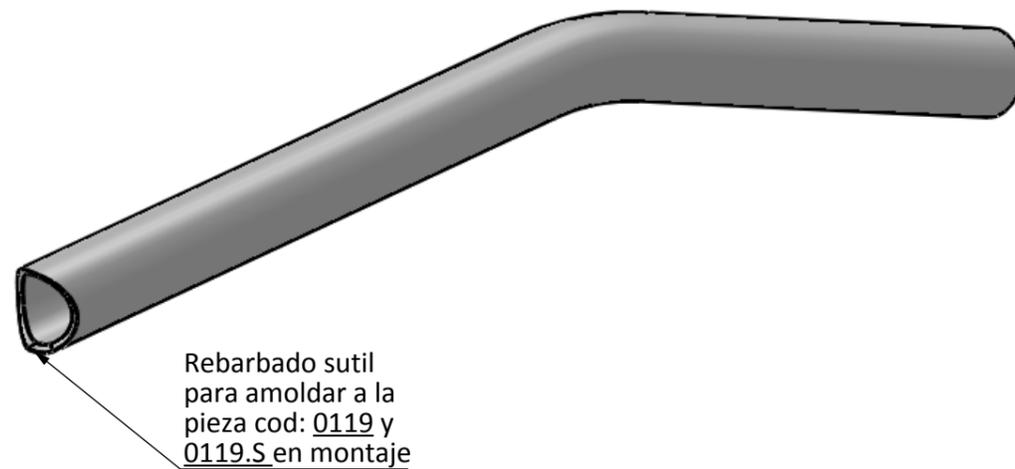
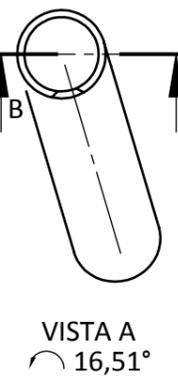
ATENCIÓN: Se debe fabricar tanto la pieza indicada como su simétrica

Escala: 1:2	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 30 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1 + 1 simétrica	Descripción: Larguero trasero			Cod: 0125//0125.S Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A3				





Rebarbado sutil para amoldar a la pieza cod: 0119 y 0119.S en montaje

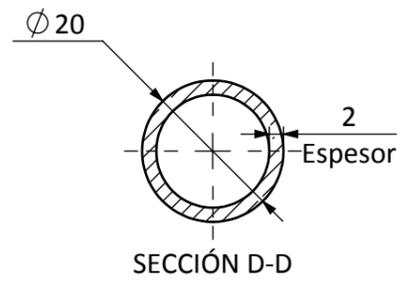
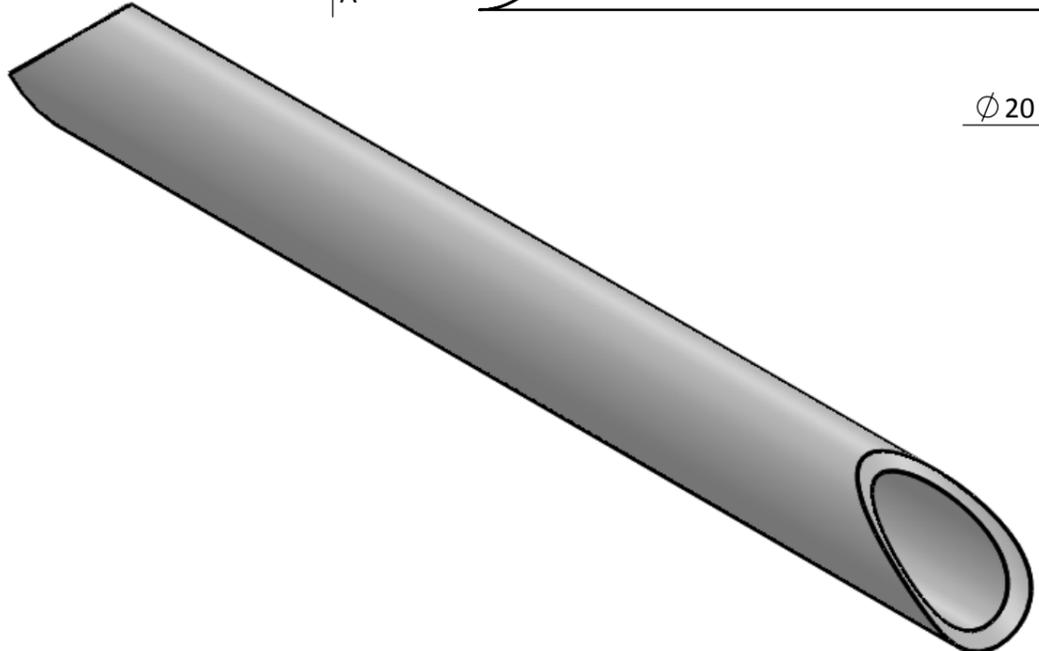
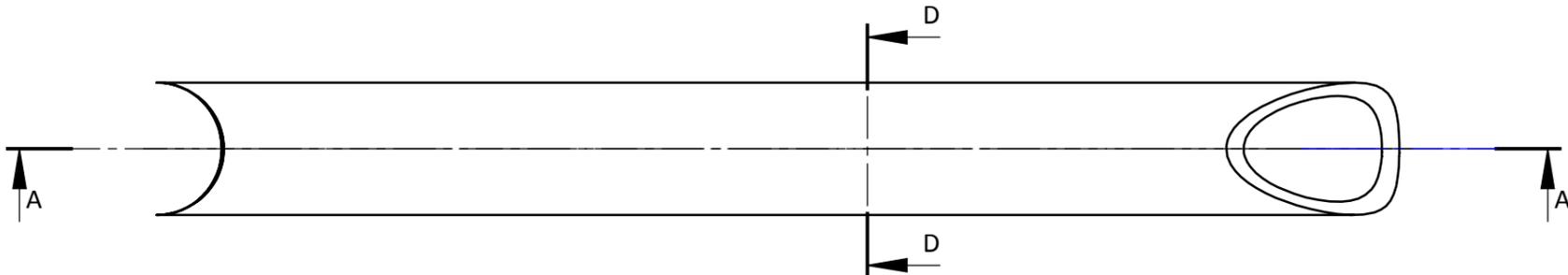
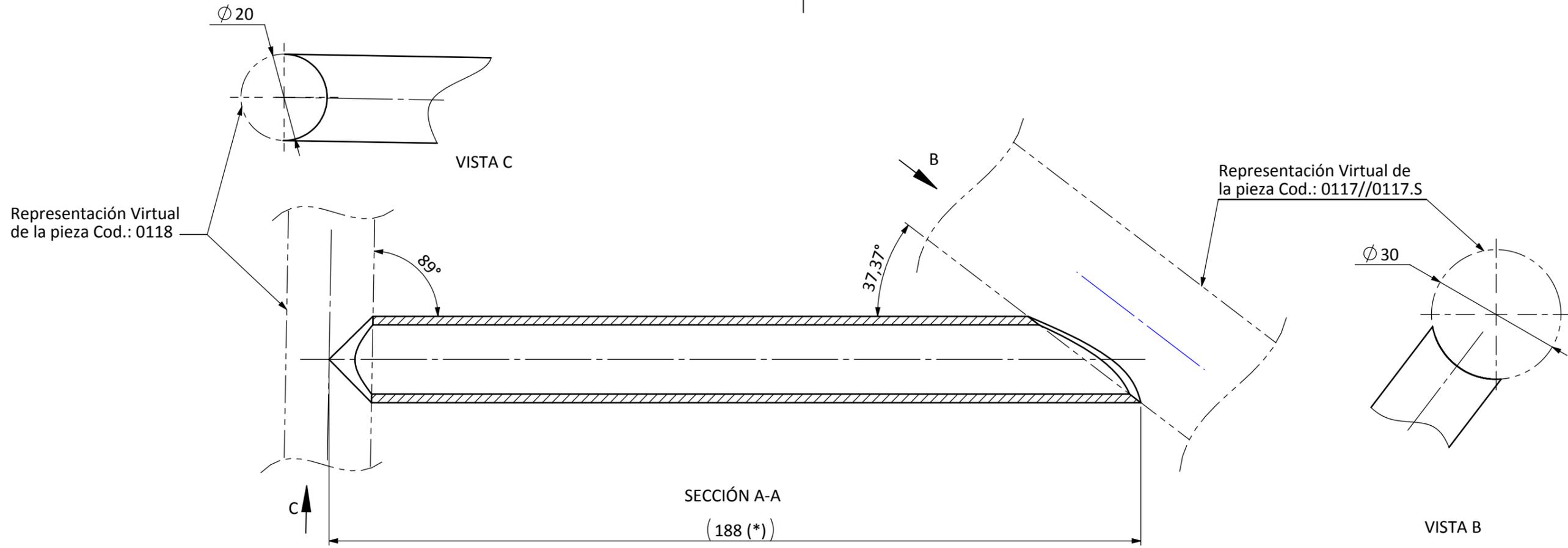


Cotas con (*):
Son cotas orientativas, ya que indican valores complicados de medir u obtener. Es recomendable dejar creces segun se considere para ajustar posteriormente en el banco de soldadura.

Rebarbar y romper aristas vivas

ATENCIÓN: Se debe fabricar tanto la pieza indicada como su simétrica

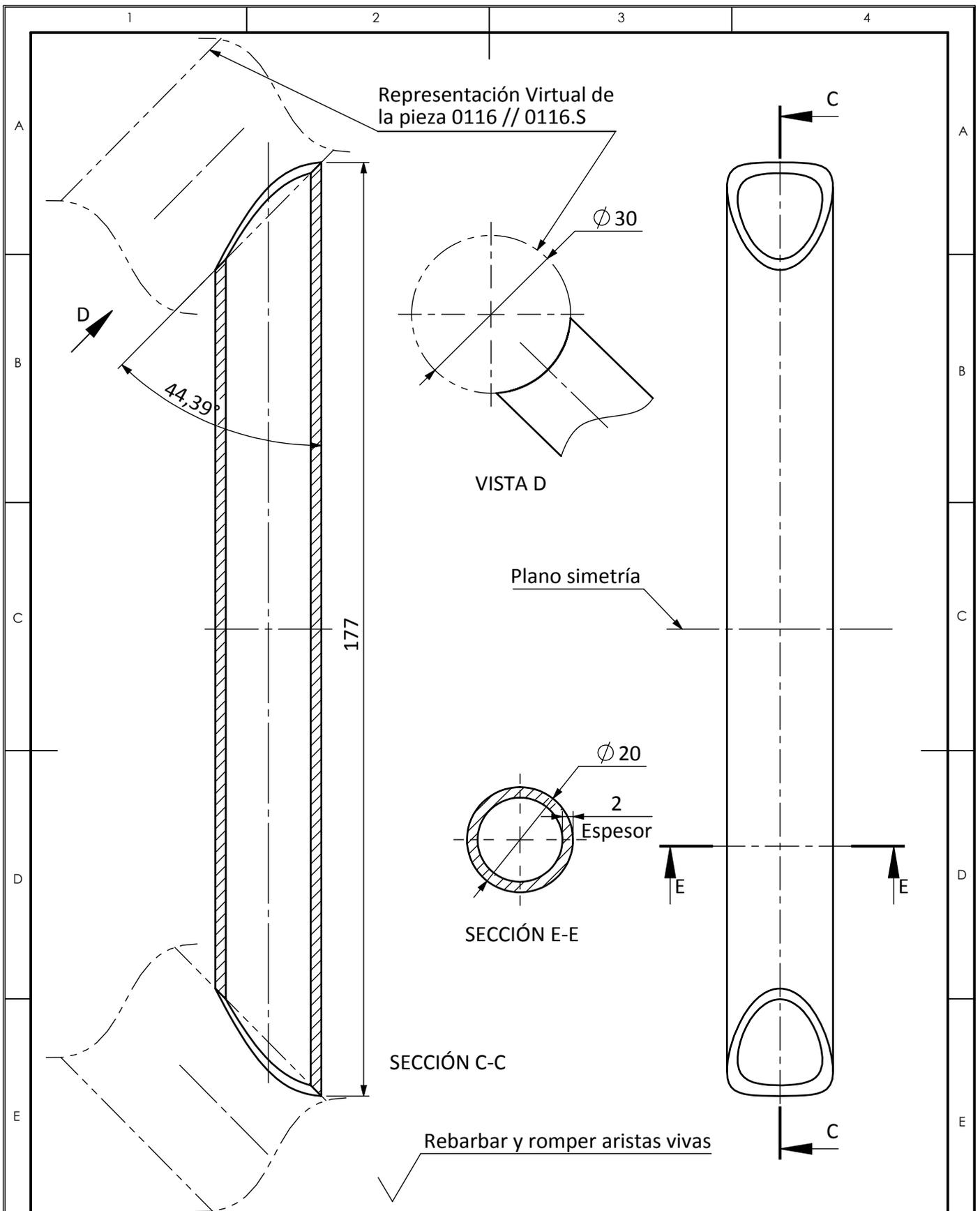
Escala: 1:2	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 31 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1 + 1 simétrica	Descripción: Arco trasero asiento			 UNIVERSITAT JAUME I
Formato A3	Cod: 0126//0126.S			
				Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición



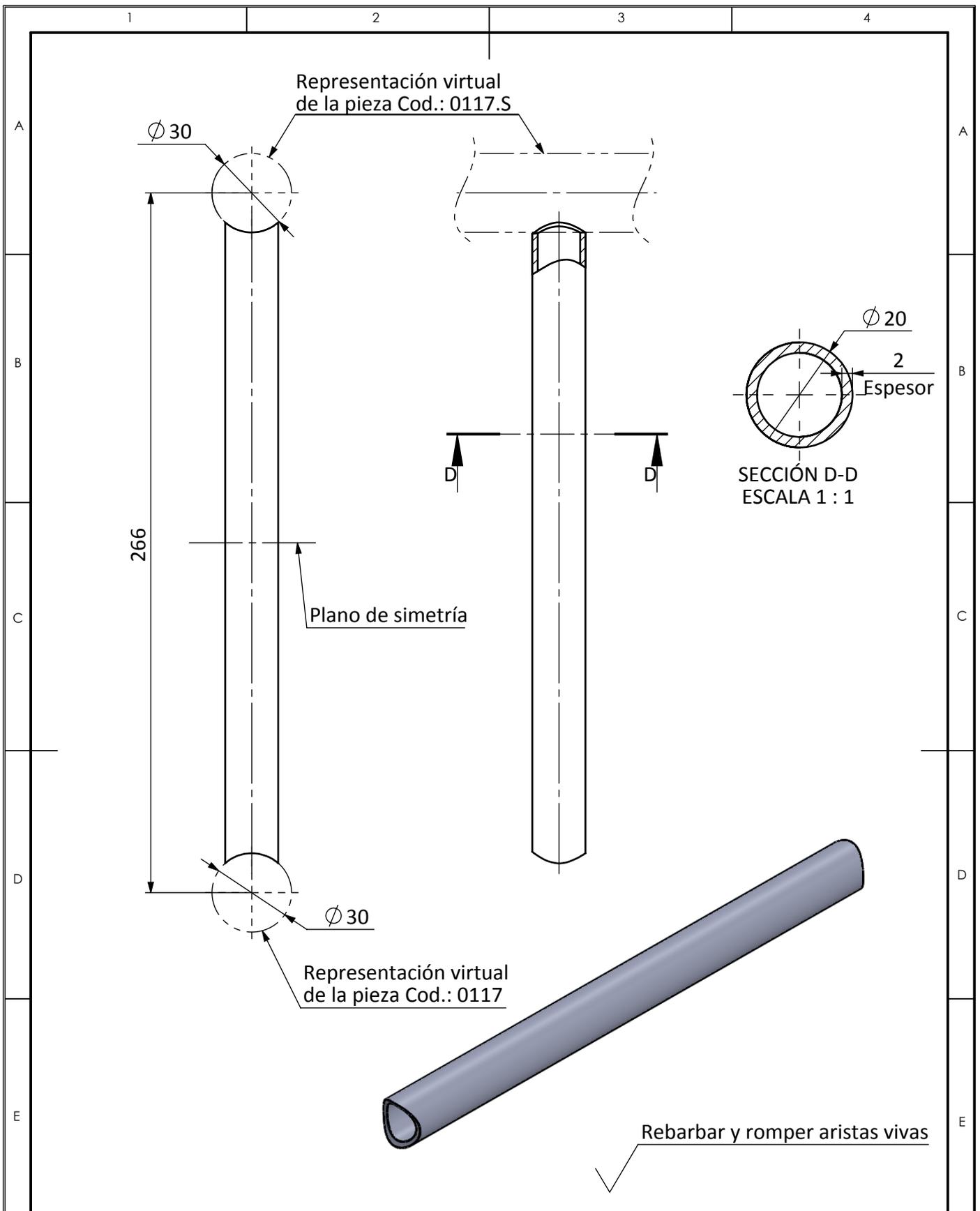
Cotas con (*):
 Son cotas orientativas, ya que indican valores complicados de medir u obtener. Es recomendable dejar creces segun se considere para ajustar posteriormente en el banco de soldadura.

Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 32 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 20x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 2	Descripción: Tubo refuerzo arco inferior			 Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A3			Cod: 0127	



Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 33 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 20x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1	Descripción Travesero delantero superior			 UNIVERSITAT JAUME I Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0128		



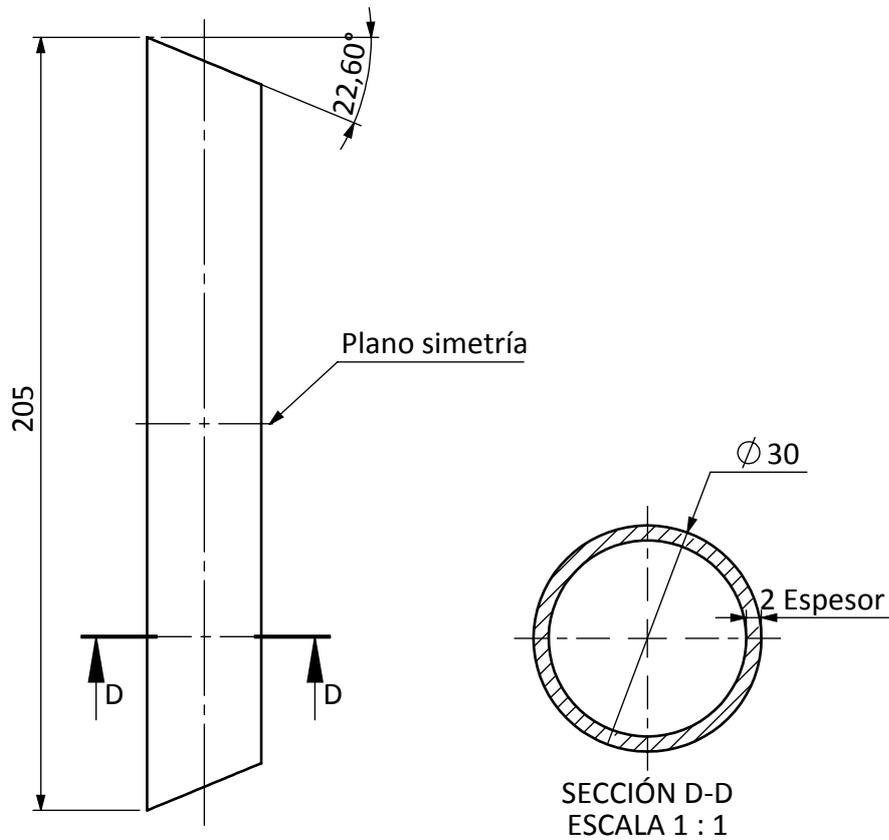
Escala: 1:2	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 34 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 20x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales  UNIVERSITAT JAUME·I
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1	Descripción Travesero delantero inferior			Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0129		

1

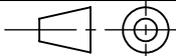
2

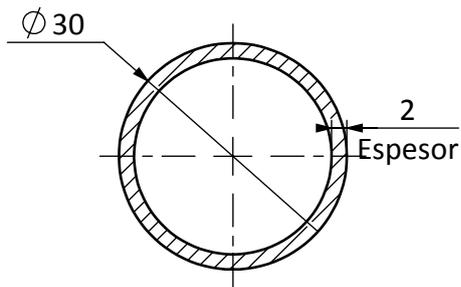
3

4

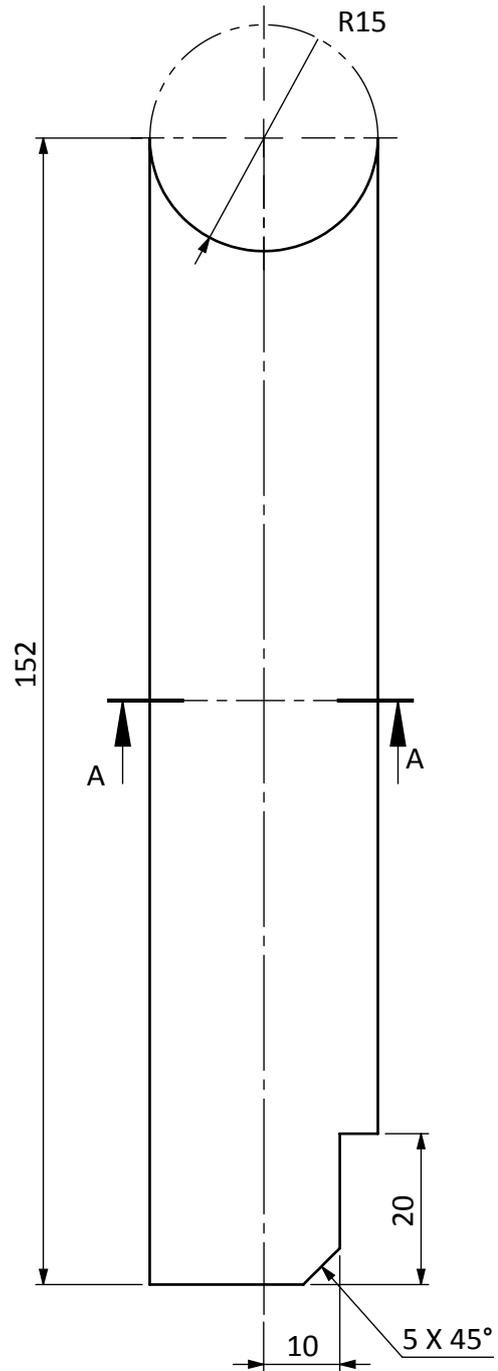
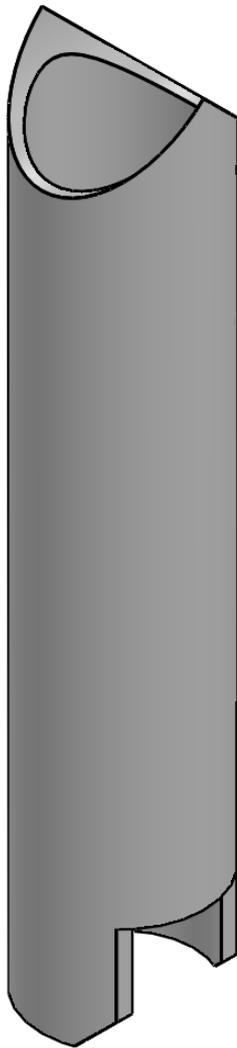


Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 1:2	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 35 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales  UNIVERSITAT JAUME·I
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1	Descripción Travesero central			Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4		Cod: 0130		

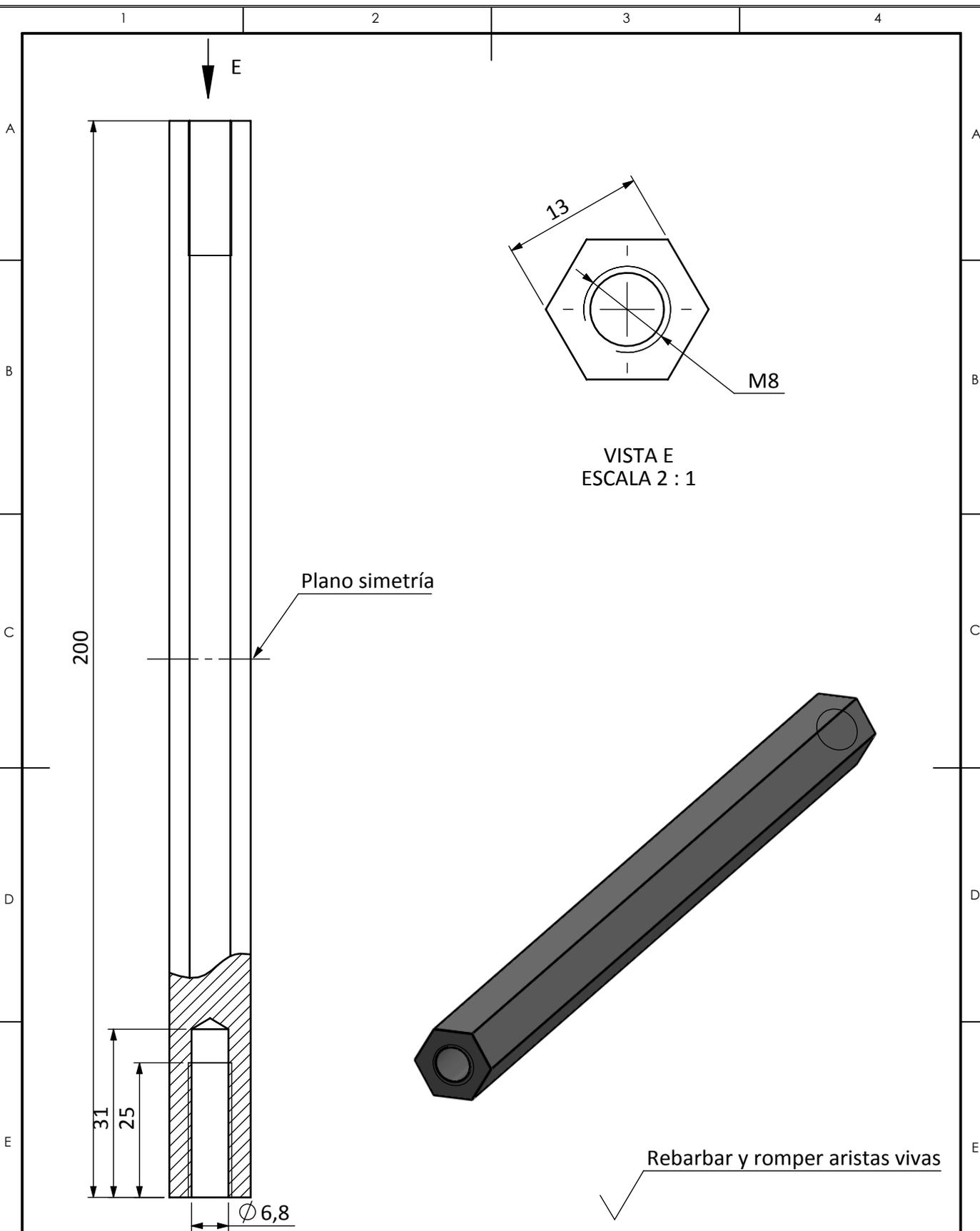


SECCIÓN A-A



Rebarbar y romper aristas vivas

Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 36 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales UNIVERSITAT JAUME·I
Comprobado	-	-		
Cantidad: 1	Descripción Columneta central			Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición
Formato A4			Cod: 0131	



Escala: 1:1	Unidades de las cotas: mm	Tolerancias generales : -	Hoja 37 de 37	Tipo documento: Plano de fabricación
	Nombre	Fecha	Firma	Material: Calibrado Hexagonal Al 2011-T3
Autor	Serrano Soler, Carles	26/04/2017		Trabajo Fin de Grado: Ingeniería en Tecnologías Industriales  UNIVERSITAT JAUME·I
Comprobado	-	-		
Cantidad: 2	Descripción Tensor hexagonal			
Formato A4			Cod: 0200	Diseño y cálculos mecánicos de un chasis de motocicleta eléctrica de competición

1

2

3

4

4. PLIEGO DE CONDICIONES

El proyecto que se presenta en este documento tiene un carácter académico y consiste en el diseño y cálculos técnicos un prototipo de chasis para una moto eléctrica de competición. Que después de ser realizados ha de fabricarse siguiendo una serie de pautas y condiciones que se describen en este apartado.

4.1. Introducción.

Como el objeto que se trata en este proyecto, el chasis, es un prototipo, se considera únicamente la fabricación de una unidad para su utilización en la competición entre universidades *Motostudent*[®].

Aunque su producción ha de ser llevada a cabo en la universidad por los mismos integrantes del equipo, debido a que este documento trata un proyecto académico, voy a describir una serie de pautas y condiciones que se deben tener en consideración en el caso de externalizar su producción, y que en todo caso son válidas únicamente para el marco en el que va ser utilizado el chasis, que es la competición *Motostudent*[®].

La finalidad de estas pautas consiste en definir una metodología durante el proceso de producción que garantice la calidad del producto final, mediante:

- La correcta fabricación de los diversos componentes.
- La calidad de los elementos comerciales suministrados.
- La calidad de los materiales suministrados para fabricar los componentes.

4.2. Condiciones generales.

La fabricación del chasis debe realizarla personal cualificado y con conocimientos suficientes para interpretar los planos adecuadamente y emplear la herramienta adecuada para realizar las operaciones necesarias para la fabricación de las piezas que componen el prototipo.

4.3. Condiciones técnicas.

4.3.1. Conocimientos de Normativa.

Para interpretar los planos correctamente es necesario conocer las normas:

UNE-EN ISO 1302:2002	Para acabados de las piezas
ISO 2553:2013	Para indicaciones de soldadura
ASME Y14.5M-2009	Para indicaciones de tolerancias

4.3.2. Requerimientos mínimos de herramienta.

Para la realización del chasis se requieren las siguientes herramientas de taller, productos y equipos:

Para la fabricación del chasis:

- Banco de trabajo con elementos de fijación adecuados (Ej: Tornillo de banco).
- Sierra de cinta o cortadora radial de mano.
- Taladro de columna y coronas de trepanar de diámetros (20, 25, 30, 45 y 60).
- Lijadora de cinta o lima manual.
- Dobladora de tubos con mandril.
- Equipo de soldadura TIG.
- Torno paralelo.
- Martillo o mazo.
- Sargentos.
- Imanes.
- Equipo de corte por láser por control numérico.
- Plegadora de chapa.
- Tijeras.
- Desengrasante industrial.
- Marcador permanente.
- Lubricante para mecanizado y corte.
- Cepillo de púas metálicas.

Para el acabado del chasis:

- Equipo de pintura al horno.
- Pintura RAL 2005.

4.3.3. Especificaciones de ejecución.

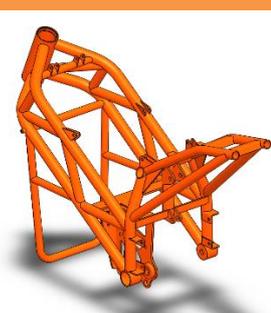
Las operaciones a realizar para la fabricación del prototipo se ejecutarán en base a lo especificado en los planos y en el presente pliego de condiciones.

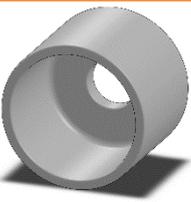
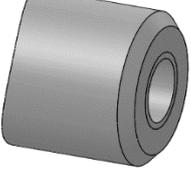
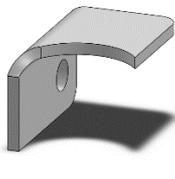
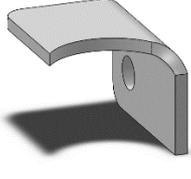
4.3.4. Especificaciones de materiales y conformado.

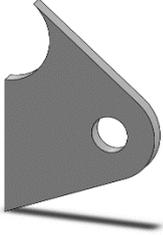
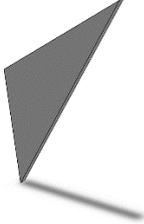
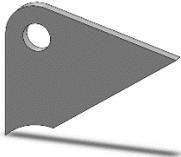
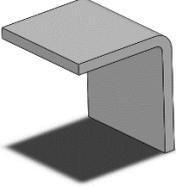
Todas las piezas involucradas en la fabricación del prototipo tendrán que atender a las siguientes prescripciones de materiales y procesos de conformado:

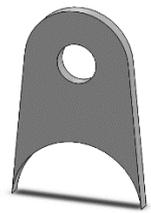
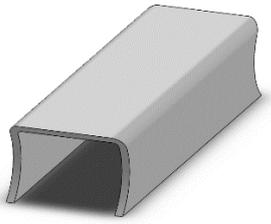
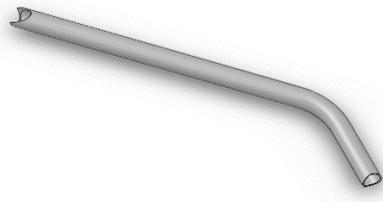
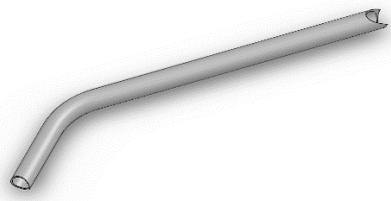
- Los materiales empleados en la fabricación de las piezas deben corresponder a los indicados en los planos de fabricación.
- El suministrador de los materiales debe garantizar su composición y propiedades mecánicas.
- El material de aporte utilizado en la soldadura del chasis debe ser el adecuado para asegurar una unión correcta entre las piezas.
- No podrán emplearse materiales que no cumplan los puntos descritos anteriormente.
- Las piezas plegadas han sido diseñadas considerando un factor K de la fibra neutra de la chapa igual a 0.5. Por tanto, en caso de requerir emplear otro distinto en la plegadora del taller, habría que notificarlo al diseñador para ajustar los desarrollos.

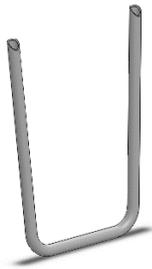
En la tabla 21 se muestran las piezas que componen el chasis junto con el material y el proceso de conformado que se debe emplear en su fabricación.

ELEMENTO	CODIGO	CANTIDAD	MATERIAL Y PROCESO DE CONFORMADO
 Chasis Multitubular	0100	1	<u>Material:</u> Piezas de distintas aleaciones metálicas. <u>Conformado:</u> Soldadura TIG. Material de aporte: Varilla ER70S-3. Gas: Argón. Acabado: Pintura RAL 2005
 Pipa dirección	0101	1	<u>Material:</u> F114 // 1.1191 // C45E <u>Conformado:</u> Mecanizado con torno paralelo.

 Anclaje eje basculante	0102	2	<p><u>Material:</u> F114 // 1.1191 // C45E</p> <p><u>Conformado:</u> Mecanizado con torno paralelo.</p>
 Casquillo amarre semi-eje	0103	1	<p><u>Material:</u> F114 // 1.1191 // C45E</p> <p><u>Conformado:</u> Mecanizado con torno paralelo.</p>
 Bulón anclaje tope anti-caída	0104	2	<p><u>Material:</u> F114 // 1.1191 // C45E</p> <p><u>Conformado:</u> Mecanizado con torno paralelo.</p>
 Chapa base superior soporte	0105	1	<p><u>Material:</u> Chapa 5mm F111 // 1.0038 // S235J</p> <p><u>Conformado:</u> Corte láser + plegado.</p>
 Chapa anclaje motor	0106	1	<p><u>Material:</u> Chapa 5mm F111 // 1.0038 // S235J</p> <p><u>Conformado:</u> Corte láser + plegado.</p>
 Orejeta anclaje estribera	0107	2	<p><u>Material:</u> Chapa 3mm F111 // 1.0038 // S235J</p> <p><u>Conformado:</u> Corte láser + plegado.</p>
 Orejeta anclaje estribera_SIM	0107.S	2	<p><u>Material:</u> Chapa 3mm F111 // 1.0038 // S235J</p> <p><u>Conformado:</u> Corte láser + plegado.</p>

 Orejeta anclaje manivela	0108	2	<p><u>Material:</u> Chapa 5mm F111 // 1.0038 // S235J <u>Conformado:</u> Corte láser.</p>
 Orejeta anclaje amortiguador	0109	2	<p><u>Material:</u> Chapa 5mm F111 // 1.0038 // S235J <u>Conformado:</u> Corte láser.</p>
 Cartela refuerzo	0110	2	<p><u>Material:</u> Chapa 3mm F111 // 1.0038 // S235J <u>Conformado:</u> Corte láser.</p>
 Orejeta anclaje tirante trasera	0111	4	<p><u>Material:</u> Chapa 3mm F111 // 1.0038 // S235J <u>Conformado:</u> Corte láser.</p>
 Orejeta anclaje tirante delantera	0112	4	<p><u>Material:</u> Chapa 3mm F111 // 1.0038 // S235J <u>Conformado:</u> Corte láser.</p>
 Apoyo trasero soporte controlador	0113	2	<p><u>Material:</u> Chapa 2mm F111 // 1.0038 // S235J <u>Conformado:</u> Corte láser + plegado.</p>

 <p>Orejeta anclaje delantero soporte controlador</p>	<p>0114</p>	<p>4</p>	<p><u>Material:</u> Chapa 2mm F111 // 1.0038 // S235J <u>Conformado:</u> Corte láser.</p>
 <p>Costilla base asiento</p>	<p>0115</p>	<p>2</p>	<p><u>Material:</u> Tubular S355J2G3 // 1.0577 <u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 <p>Arco superior</p>	<p>0116</p>	<p>1</p>	<p><u>Material:</u> Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577 <u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 <p>Arco superior_SIM</p>	<p>0116.S</p>	<p>1</p>	<p><u>Material:</u> Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577 <u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 <p>Arco inferior</p>	<p>0117</p>	<p>1</p>	<p><u>Material:</u> Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577 <u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 <p>Arco inferior_SIM</p>	<p>0117.S</p>	<p>1</p>	<p><u>Material:</u> Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577 <u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>

 Arco seguridad inferior	0118	1	<p><u>Material:</u> Tubo 20x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Arco central	0119	1	<p><u>Material:</u> Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Arco central_SIM	0119.S	1	<p><u>Material:</u> Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Tubo 1 entramado refuerzo	0120	1	<p><u>Material:</u> Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Tubo 1 entramado refuerzo_SIM	0120.S	1	<p><u>Material:</u> Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Tubo 2 entramado refuerzo	0121	1	<p><u>Material:</u> Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>

 Tubo 2 entramado refuerzo_SIM	0121.S	1	<p><u>Material:</u> Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Tubo 3 entramado refuerzo	0122	1	<p><u>Material:</u> Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Tubo 3 entramado refuerzo_SIM	0122.S	1	<p><u>Material:</u> Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Tubo 4 entramado refuerzo	0123	2	<p><u>Material:</u> Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Tubo 5 entramado refuerzo	0124	2	<p><u>Material:</u> Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Larguero trasero	0125	1	<p><u>Material:</u> Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Larguero trasero_SIM	0125.S	1	<p><u>Material:</u> Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Arco trasero asiento	0126	1	<p><u>Material:</u> Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>
 Arco trasero asiento_SIM	0126.S	1	<p><u>Material:</u> Tubo 25x2 S355J2G3 // 1.0577</p> <p><u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.</p>

 Tubo refuerzo arco inferior	0127	2	<u>Material:</u> Tubo 20x2 S355J2G3 // 1.0577 <u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.
 Travesero delantero superior	0128	1	<u>Material:</u> Tubo 20x2 S355J2G3 // 1.0577 <u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.
 Travesero delantero inferior	0129	1	<u>Material:</u> Tubo 20x2 S355J2G3 // 1.0577 <u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.
 Travesero central	0130	1	<u>Material:</u> Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577 <u>Conformado:</u> Corte.
 Columneta central	0131	1	<u>Material:</u> Tubo 30x2 S355J2G3 // 1.0577 <u>Conformado:</u> Corte + mecanizado.
 Tensor hexagonal	0200	2	<u>Material:</u> Calibrado Hexagonal Al 2011-T3 <u>Conformado:</u> Mecanizado por arranque de viruta.
 Rótula M8 macho	ISB TSM8	2 rosca derechas + 2 rosca Izquierdas	Componente adquirido Material: Acero zincado.

Tabla 21: Descripción de los componentes que conforman el chasis.

Para garantizar la calidad estructural del producto, las propiedades mecánicas de los materiales pueden ser comprobadas mediante ensayos, tomando como referencia los valores adjuntados en la sección de anexos [Ver anexos, apartado 2.6].

Para el montaje del conjunto estructural, se seguirán las indicaciones descritas en los planos proporcionados en este documento.

4.3.5. Verificación del producto fabricado.

Una vez el prototipo haya sido fabricado, se llevarán a cabo los controles de calidad necesarios para garantizar la fiabilidad, la resistencia y los acabados del conjunto. Para ello, puede ser verificado en un laboratorio mediante técnicas de inspección de soldaduras y con simulaciones de las cargas descritas en el apartado los anexos [Ver anexos, apartado 2.1.2, E 3.3.3 normativa *Motostudent*[®]]. Y aunque esto no fuera posible, el prototipo debe pasar las pruebas de verificación que serán realizadas en las jornadas de la competición *Motostudent*[®], y que están descritas en el apartado 2.1.2 de los anexos.

5. PRESUPUESTO

5.1. Introducción.

El presupuesto presentado a continuación tiene como finalidad estimar el coste de fabricación del prototipo diseñado. Sin considerar el coste de diseño ni de las licencias de software, ya que se trata de un proyecto realizado en la universidad, altruistamente, para una competición entre universidades y todo el software empleado está facilitado por la misma universidad.

El coste de las piezas indicadas se estima en base al coste económico de las operaciones que se realizan para su obtención, teniendo en cuenta en cierto modo el precio de la materia prima, pero sin detallarlo, ya que su precio en relación con el coste de las operaciones es despreciable.

Para estimar el coste del tiempo de fabricación de las piezas por un operario, se considera un salario bruto base de 15 €/h para el operario.

5.2. Coste de fabricación.

En este apartado se presentan los costes de fabricación de las distintas piezas que componen el chasis, agrupadas en función de su proceso de conformado, para simplificar su desglose.

En la tabla 22, se presentan los costes de fabricación de los elementos conformados mediante arranque de viruta en torno.

ESTIMACIÓN COSTE FABRICACIÓN ELEMENTOS MECANIZADOS				
Código pieza	Nombre	Cantidad	Coste unitario (€)	Coste total (€)
0101	Pipa dirección	1	35,00	35,00
0102	Anclaje eje basculante	2	40,00	80,00
0103	Casquillo amarre semi-eje	1	20,00	20,00
0104	Bulón anclaje tope anti-caída	2	10,00	20,00
0200	Tensor Hexagonal	2	20,00	40,00
TOTAL				195

Tabla 22: Estimación coste de fabricación de elementos mecanizados

En la tabla 23 se presenta la estimación de costes derivados de la fabricación de elementos conformados a partir de chapa metálica.

El coste de fabricación estimado de estas piezas se desglosa en dos partes, por una parte, el coste derivado de la operación de corte por láser, y por otra el coste derivado de la operación de plegado de chapa metálica. Para redondear el coste unitario de las piezas más pequeñas, se fija un precio mínimo de 1 €/unidad.

ESTIMACIÓN COSTE FABRICACIÓN ELEMENTOS DERIVADOS DE CHAPA METÁLICA							
Código pieza	Nombre	Espesor	Cantidad	Operación	Coste operación (€)	Coste unidad (€)	Coste (€)
0105	Chapa base superior soporte	5	1	Corte	13,00	23,00	23,00
				Plegado	10,00		
0106	Chapa anclaje motor	5	1	Corte	13,00	18,00	18,00
				Plegado	5,00		
0107	Orejeta anclaje estribera	3	2	Corte	1,00	2,00	4,00
				Plegado	1,00		
0107.S	Orejeta anclaje estribera_SIM	3	2	Corte	1,00	2,00	4,00
				Plegado	1,00		
0108	Orejeta anclaje manivela	5	2	Corte	1,00	1,00	2,00
				Plegado	0,00		
0109	Orejeta anclaje amortiguador	5	2	Corte	1,00	1,00	2,00
				Plegado	0,00		
0110	Cartela refuerzo	3	2	Corte	1,00	1,00	2,00
				Plegado	0,00		
0111	Orejeta anclaje tirante trasera	3	4	Corte	1,00	1,00	4,00
				Plegado	0,00		
0112	Orejeta anclaje tirante delantera	3	4	Corte	1,00	1,00	4,00
				Plegado	0,00		
0113	Apoyo trasero soporte controlador	2	2	Corte	1,00	2,00	4,00
				Plegado	1,00		
0114	Orejeta anclaje delantero soporte controlador	2	4	Corte	1,00	1,00	4,00
				Plegado	0,00		
						TOTAL (€)	71,00

Tabla 23: Estimación de coste de fabricación de elementos derivados de chapa metálica.

En la tabla 24 se presenta la estimación de costes derivados de la fabricación de los elementos obtenidos a partir de perfiles metálicos, mediante operaciones de corte y mecanizado con herramienta manual.

El coste de fabricación de estas piezas se determina en base al tiempo estimado que hay que dedicar a cada pieza para su fabricación unitaria.

ESTIMACIÓN COSTE FABRICACIÓN ELEMENTOS TUBULARES					
Código pieza	Nombre	Cantidad	Tiempo (min)	Coste unitario	Coste (€)
0115	Costilla base asiento	2	10	3,50	7,00
0116	Arco superior	1	15	5,25	5,25
0116.S	Arco superior_SIM	1	15	5,25	5,25
0117	Arco inferior	1	20	7,00	7,00
0117.S	Arco inferior_SIM	1	20	7,00	7,00
0118	Arco seguridad inferior	1	20	7,00	7,00
0119	Arco central	1	20	7,00	7,00
0119.S	Arco central_SIM	1	20	7,00	7,00
0120	Tubo 1 entramado refuerzo	1	20	7,00	7,00
0120.S	Tubo 1 entramado refuerzo_SIM	1	20	7,00	7,00
0121	Tubo 2 entramado refuerzo	1	20	7,00	7,00
0121.S	Tubo 2 entramado refuerzo_SIM	1	20	7,00	7,00
0122	Tubo 3 entramado refuerzo	1	20	7,00	7,00
0122.S	Tubo 3 entramado refuerzo_SIM	1	20	7,00	7,00
0123	Tubo 4 entramado refuerzo	2	10	3,50	7,00
0124	Tubo 5 entramado refuerzo	2	10	3,50	7,00
0125	Larguero trasero	1	15	5,25	5,25
0125.S	Larguero trasero_SIM	1	15	5,25	5,25
0126	Arco trasero asiento	1	15	5,25	5,25
0126.S	Arco trasero asiento_SIM	1	15	5,25	5,25
0127	Tubo refuerzo arco inferior	2	10	3,50	7,00
0128	Travesero delantero superior	1	10	3,50	3,50
0129	Travesero delantero inferior	1	10	3,50	3,50
0130	Travesero central	1	10	3,50	3,50
0131	Columneta central	1	15	5,25	5,25
	€/hora operario	15,00		TOTAL (€)	152,25
	€/minuto herramienta	0,10			

Tabla 24: Estimación de costes de fabricación de las piezas tubulares

En la tabla 25 se presenta la estimación de costes derivados de soldar el conjunto de piezas que componen el chasis.

El coste derivado del soldeo se determina a partir del tiempo medio estimado que hay que dedicar a cada cordón de soldadura para unir los distintos elementos, y de un coste extra para considerar el desgaste de herramienta y consumibles (gas, varillas de aporte de metal, consumibles varios) Dentro de este tiempo estimado se incluye el tiempo dedicado a montar y ajustar las piezas, realizar los útiles necesarios para sujetar las piezas y limpiar las soldaduras.

ESTIMACIÓN COSTE SOLDADURA							
Código pieza	Nombre	Cantidad	Nº de cordones de soldadura	t. medio (min) / cordón	Coste operario (€)	Coste (€) Útiles empleados	COSTE TOTAL (€)
0100	Chasis tubular acero completo	1	110	10	275,00	50,00	325,00
				Salario operario (€)/h	15,00		

Tabla 25: Estimación del coste de soldadura del chasis.

A continuación, en la tabla 26, se presenta el coste de los elementos comerciales.

COSTE ELEMENTOS COMERCIALES				
Elemento	Ref Comercial	Unidades	Coste (€) /unidad	Coste total (€)
Rotula M8 Macho Rosca derechas	ISB TSM8	2	3,50	7,00
Rotula M8 Macho Rosca Izquierdas	ISB TSM8	2	3,50	7,00
TOTAL (€)				14,00

Tabla 26: Estimación del coste de los elementos comerciales.

En la tabla 27 se recogen todos los costes de fabricación del prototipo, además, se incluye el coste estimado de pintar el chasis, una vez soldado, con el color requerido. Por otra parte, se consideran unos gastos generales derivados de múltiples factores y el precio del IVA.

ESTIMACIÓN DEL COSTE TOTAL	
Asunto	Coste (€)
Fabricación piezas mecanizados	195,00
Fabricación piezas chapa metálica	71,00
Fabricación piezas de corte de tubo	152,25
Soldadura chasis	325,00
Elementos comerciales	14,00
Pintura chasis RAL 2005	50,00
[A] ACUMULADO	807,25
[B] Gastos generales (15% de[A])	121,09
[C] IVA (21% de [A]+[B])	194,95
TOTAL ([A]+[B]+[C])	1123,29

Tabla 27: Estimación del coste total.

Como resultado de la estimación de costes realizada, se obtiene que el chasis tendría un coste de fabricación aproximado de 1123,29€.

6. BIBLIOGRAFÍA

Documentación técnica específica:

- Normativa Motostudent 15/16, Disponible en parte en el anexo 2.1.2: Normativa aplicada en el diseño del chasis. Versión completa en la web: www.motostudent.com
- Tony Foale (2003). Motocicletas. Comportamiento dinámico y diseño de chasis.

Enlaces materiales:

- Características y propiedades del aluminio 2011 T3: <http://www.makeitfrom.com/material-properties/2011-T3-Aluminum>
- Características y propiedades del acero F111 (UNE)// S235 JR+N // 1.0038: http://dop.arcelormittal.net/pdf/HR00007_CPR2013-07-01_FC_V007_ES_ES.pdf
- Características y propiedades del acero F114 (UNE) // 1045 (AISI/SAE) // 1.1191: <http://www.ipargama.com/pdf/F-1140.pdf>
- Características y propiedades del acero s355 j2+N / s355 j2G3 / 1.0577: http://dop.arcelormittal.net/pdf/HR00017_CPR2013-07-01_FC_V008_ES_ES.pdf
- Coeficientes del acero estructural: http://sections.arcelormittal.com/fileadmin/redaction/2-Products_Services/1_Product_Range/ES-EN-IT/Coefficients.pdf
- Celdas acumulador preliminar (anexos 2.3.1): <https://www.ev-power.eu/LiFePO4-small-cells/LiFePO4-High-Power-Cell-3-2V-20Ah-Alu-case-CE.html>
- Catálogo de rótulas ISB: <http://www.isb-bearing.com/spa/gama-de-productos/rotulas-cabezas-de-articulacion-y-horquillas/>

Documentación técnica sobre normativa y acotación en planos de fabricación.

- Pedro Company (2016). Documentación técnica de productos: Planos.
- Pedro Company (2016). Documentación técnica de productos: Modelos anotados.
- Pedro Company (2013). Uniones mediante aglutinantes.
- Pedro Company, Margarita Vergara (2007). Tolerancias geométricas.
- UNE-EN ISO 1302:2002.
- ISO 2553:2013.
- ASME Y14.5M-2009.

ENUMERACIÓN DE LAS ILUSTRACIONES DEL DOCUMENTO

Ilustración 1: Ficha técnica del motor eléctrico (izquierda), Indicaciones de anclaje del motor (derecha).....	3
Ilustración 2: Dimensiones del motor.....	3
Ilustración 3: Indicaciones de anclaje recomendado por el fabricante.....	3
Ilustración 4: Elementos en una moto eléctrica Mission R.	5
Ilustración 5: Cotas Funcionales en la motocicleta.	6
Ilustración 6: Detalle del chasis multitubular de la KTM DUKE 690.	8
Ilustración 7: Detalle del chasis Delta-box o Perimetral, y conjunto de la Kawasaki ZX10.	8
Ilustración 8: Detalle del chasis “compuesto” de la motocicleta eléctrica Mission R.....	9
Ilustración 9: Piloto situado en posición aerodinámica sobre una motocicleta de competición de categoría moto 3.....	10
Ilustración 10: Bocetos ilustrativos: Izq.: (motor + caja de cambios en chasis), Der.: (sistema motor en basculante).....	13
Ilustración 11: Conjunto Chasis mecanizado.	16
Ilustración 12: Vista lateral izquierdo del concepto de moto con chasis aluminio mecanizado.	17
Ilustración 13: Vista lateral derecho del concepto de moto con chasis aluminio mecanizado. ...	17
Ilustración 14: Cotas generales del concepto de moto con chasis aluminio mecanizado.	18
Ilustración 15: Chasis multitubular en aluminio.	21
Ilustración 16: Vista lateral izquierdo del concepto de moto con chasis tubular de aluminio. ...	22
Ilustración 17: lateral derecho del concepto de moto con chasis tubular de aluminio.	22
Ilustración 18: Cotas generales del concepto de moto con chasis multitubular de aluminio.	23
Ilustración 19 Cotas generales del concepto de moto con chasis tubular de aluminio.....	23
Ilustración 20 Detalle del canto peligroso para el piloto en el chasis tubular de aluminio.	24
Ilustración 21: Chasis multitubular de acero V1.....	26
Ilustración 22: Vista lateral izquierdo del concepto de moto con la primera versión de chasis tubular de acero.....	27

Ilustración 23: Vista lateral derecho del concepto de moto con la primera versión de chasis tubular de acero.	28
Ilustración 24: Detalle del anclaje del basculante regulable en posición.	28
Ilustración 25: Cotas generales del concepto de moto con chasis multitubular de acero V1.	29
Ilustración 26: Ilustración gráfica del análisis de compresión.	30
Ilustración 27: Detalle travesaños centrales chasis acero V1.	31
Ilustración 28: Detalle del canto peligroso para el piloto suprimido.	31
Ilustración 29: Detalle de la parte trasera del chasis tubular de acero V1.	32
Ilustración 30: Chasis multitubular acero V2.	33
Ilustración 31: Ajuste del espacio dedicado a la ubicación del acumulador.	34
Ilustración 32: Detalle del arco de protección del acumulador.	34
Ilustración 33: Detalle de la unión solidaria del sub-chasis trasero en el chasis multitubular de acero V2.	35
Ilustración 34: Detalle del anclaje del sistema de amortiguación trasero de bieletas.	35
Ilustración 35: Detalle de los tirantes incorporados en el chasis tubular de acero V2.	36
Ilustración 36: Detalle de los tirantes interiores en el modelo de chasis tubular de acero V2. ...	36
Ilustración 37: Vista lateral izquierdo del concepto de moto con la segunda versión de chasis tubular de acero.	37
Ilustración 38: Vista lateral derecho del concepto de moto con la segunda versión de chasis tubular de acero.	37
Ilustración 39: Vista frontal-derecho del concepto de moto con la segunda versión de chasis tubular de acero y el carenado montado.	38
Ilustración 40: Cotas generales del concepto de moto con chasis multitubular de acero V2.	38
Ilustración 41: Ilustración gráfica del análisis de compresión con sistema de bieletas.	40
Ilustración 42: Análisis gráfico del efecto Squat en la moto con la versión 2 de chasis tubular de acero.	42
Ilustración 43: Detalle del anclaje del soporte del motor en el chasis tubular de acero V2.	43
Ilustración 44: Detalle del soporte del motor solidario al chasis tubular de acero V3.	45

Ilustración 45: Detalle de los elementos de montaje y fijación del soporte de motor del concepto de chasis multitubular de acero V3.	46
Ilustración 46: Detalle del concepto de chasis multitubular de acero V3 con el motor montado.	46
Ilustración 47: Detalle del montaje del basculante con el concepto de chasis tubular de acero V3.	47
Ilustración 48: Cotas generales del concepto de moto con chasis multitubular de acero V3.	47
Ilustración 49: Distancia del eje del motor al eje del basculante en la versión de chasis multitubular de acero V3.	49
Ilustración 50: Análisis gráfico del efecto Squat en la moto con la versión 3 de chasis tubular de acero.	50
Ilustración 51: Chasis final.	53
Ilustración 52: Detalle de los tirantes desmontables del chasis final.	54
Ilustración 53: Tope anti caída y su anclaje.	54
Ilustración 54: Detalle de los anclajes del soporte del controlador.	54
Ilustración 55: Estribos y detalle de su anclaje.	55
Ilustración 56: Detalle del rodamiento de dirección y su alojamiento.	55
Ilustración 57: Esquema del reparto de tubulares estructurales en el chasis.	56
Ilustración 58: Características de la barra calibrada hexagonal de aluminio.	57
Ilustración 59: Conjunto de elementos del análisis.	58
Ilustración 60: Descripción gráfica de la prueba de resistencia en competición.	59
Ilustración 61: Descomposición de esfuerzos y reacciones del motor.	60
Ilustración 62: Posición del CDG del conjunto de moto con el piloto.	62
Ilustración 63: Masa del conjunto moto + piloto.	62
Ilustración 64: Configuración del software Working Model.	63
Ilustración 65: Resultados obtenidos con Working Model.	63
Ilustración 66: Propiedades del sólido a analizar.	64
Ilustración 67: Ejemplo de conexión de contacto garantizado.	65

Ilustración 68: Ejemplo conexión "revolute" (chasis-basculante).	65
Ilustración 69: Ejemplo junta "planar" (pipa dirección - eje tijas).	66
Ilustración 70: Ejemplo junta "translational" (vástago amortiguador - botella amortiguador). ..	66
Ilustración 71: Ejemplo junta "fixed" (tija inferior - eje tijas).	66
Ilustración 72: Configuración "spring" en el amortiguador trasero.....	67
Ilustración 73: Configuración "spring" en la barra de la horquilla delantera.	67
Ilustración 74: Configuración general del mallado.	68
Ilustración 75: Configuración del método de refinamiento.....	68
Ilustración 76: Detalle del refinamiento de mallado.	69
Ilustración 77: Mallado total resultante.....	69
Ilustración 78: Aplicación de cargas en el ensayo de carga longitudinal.	70
Ilustración 79: desplazamiento (escala 1:1) debido al efecto de la carga longitudinal.	71
Ilustración 80: Valor de la reacción en el eje trasero debida a la carga longitudinal.	71
Ilustración 81: Tensiones de Von Misses resultantes de la simulación con carga longitudinal. ..	72
Ilustración 82: Factor de seguridad resultante de la simulación con carga longitudinal.	72
Ilustración 83: Aplicación de cargas en el ensayo de carga vertical.	73
Ilustración 84: desplazamiento (escala 1:1) debido al efecto de la carga vertical.	74
Ilustración 85: Valor de la reacción en el eje trasero debida a la carga vertical.	74
Ilustración 86: Tensiones de Von Misses resultantes de la simulación con carga vertical.	75
Ilustración 87: Factor de seguridad resultante de la simulación con carga longitudinal.	75
Ilustración 88: Detalle de la zona de tensiones críticas.	76
Ilustración 89: Dimensiones del motor.	77
Ilustración 90: Indicaciones de anclaje recomendado por el fabricante.	77
Ilustración 91: Barra horquilla delantera.	79
Ilustración 92: Mono amortiguador trasero Hagon M64044 N.	80
Ilustración 93: Estribos procedentes de una "Derbi gpr 50".	80

Ilustración 94: Recorte del catálogo de rótulas ISB.	81
Ilustración 95: Información técnica rodamiento de dirección KOYO SAC 3055-1.....	81
Ilustración 96: Forma y dimensiones celda preliminar.....	82
Ilustración 97: Forma y dimensiones del módulo de acumulador preliminar (cotas en mm).	83
Ilustración 98: (Izq.) Conjunto bloques acumulador, (der.) Bloque único acumulador preliminar.	83
Ilustración 99: Acumulador definitivo.	83
Ilustración 100: Cotas y geometrías en la motocicleta.....	84

ENUMERACIÓN DE LAS TABLAS DEL DOCUMENTO

Tabla 1: Selección del emplazamiento del sistema motor.	14
Tabla 2: Evaluación de la instalación de una caja de cambios.	15
Tabla 3: Resumen del diseño del primer modelo conceptual de chasis.	18
Tabla 4: Prestaciones y efectos positivos del primer modelo conceptual de chasis.....	19
Tabla 5: Defectos y déficits mejorables del primer modelo conceptual de chasis.	19
Tabla 6: Resumen del diseño del segundo modelo conceptual de chasis.....	23
Tabla 7: Prestaciones y efectos positivos del segundo modelo conceptual de chasis.....	24
Tabla 8: Defectos y déficits mejorables del segundo modelo conceptual de chasis.....	24
Tabla 9: Resumen del diseño del modelo conceptual de tercer modelo conceptual de chasis. .	29
Tabla 10: Prestaciones y efectos positivos del tercer modelo conceptual de chasis.....	31
Tabla 11: Defectos y déficits mejorables del tercer modelo conceptual de chasis.....	32
Tabla 12: Resumen del diseño del cuarto modelo conceptual de chasis.....	39
Tabla 13: Prestaciones y efectos positivos del cuarto modelo conceptual de chasis.	43
Tabla 14: Defectos y déficits mejorables del cuarto modelo conceptual de chasis.....	43
Tabla 15: Resumen del diseño del quinto modelo conceptual de chasis.....	48
Tabla 16: Prestaciones y efectos positivos del quinto modelo conceptual de chasis.	51
Tabla 17: Defectos y déficits mejorables del quinto modelo conceptual de chasis.....	51
Tabla 18: Propiedades de los materiales empleados en la simulación	59
Tabla 19: Características de la malla aplicada en el análisis a cada elemento de la parte de ciclo.	70
Tabla 20: Listado de planos organizado por niveles de ensamblaje-pieza.....	94
Tabla 21: Descripción de los componentes que conforman el chasis.	103
Tabla 22: Estimación coste de fabricación de elementos mecanizados.....	105
Tabla 23: Estimación de coste de fabricación de elementos derivados de chapa metálica.	106

Tabla 24: Estimación de costes de fabricación de las piezas tubulares	107
Tabla 25: Estimación del coste de soldadura del chasis.	108
Tabla 26: Estimación del coste de los elementos comerciales.	108
Tabla 27: Estimación del coste total.	108