

TOSHIBA

-Indice-

[Escribir el subtítulo del documento]

Xabier Arteta

[Seleccionar fecha]

[Escriba aquí una descripción breve del documento. Una descripción breve es un resumen corto del contenido del documento. Escriba aquí una descripción breve del documento. Una descripción breve es un resumen corto del contenido del documento.]

ÍNDICE

| | | |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 6 |
| 2 | HISTORIA DE LA FABRICACIÓN DE MOTOCICLETAS | 7 |
| 2.1 | Del vapor a la gasolina | 7 |
| 2.2 | Potencia y velocidad. Avance de la motocicleta..... | 8 |
| 2.3 | Boom de la motocicleta | 9 |
| 2.4 | Aumento de la competencia y mejora del sector | 10 |
| 2.5 | Presente y futuro de las motocicletas | 11 |
| 2.6 | Historia del motociclismo | 12 |
| 2.7 | Historia del motociclismo y la fabricación de prototipos en España. | 14 |
| 3 | MOTOSTUDENT. COMPETICIÓN Y NORMATIVAS | 17 |
| 3.1 | MotoStudent | 17 |
| 3.1.1 | La competición | 17 |
| 3.1.2 | Fases de la competición..... | 18 |
| 3.1.3 | El equipo | 22 |
| 4 | DATOS DE PARTIDA..... | 24 |
| 4.1 | Reglamento técnico | 24 |
| 4.1.1 | La motocicleta | 24 |
| 4.1.2 | Requerimientos generales del diseño | 24 |
| 4.1.2.1 | Dimensiones..... | 24 |
| 4.1.2.2 | Pesos | 26 |
| 4.1.3 | Ciclística | 26 |
| 4.1.3.1 | Bastidor | 26 |
| 4.1.3.2 | Suspensiones..... | 26 |
| 4.1.3.3 | Dirección | 26 |
| 4.1.3.4 | Estriberas | 26 |
| 4.1.3.5 | Llantas y neumáticos..... | 27 |
| 4.1.3.6 | Motor | 27 |
| 4.1.3.7 | Procedimiento de verificaciones técnicas..... | 27 |
| 4.1.3.8 | Homologación del chasis..... | 27 |
| 4.1.3.9 | Verificación de cotas generales | 27 |
| 4.2 | Componentes estándar | 27 |
| 4.2.1 | El motor | 28 |
| 4.2.2 | Horquilla | 29 |

| | | |
|-----------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.3 | Amortiguador | 29 |
| 4.2.4 | Llantas..... | 30 |
| 4.2.5 | Neumáticos..... | 30 |
| 5 | RIESGOS DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO | 31 |
| 6 | PROVEEDORES DE MATERIAL Y FABRICANTES..... | 34 |
| 7 | PROTOTIPADO RÁPIDO Y APLICACIONES | 36 |
| 7.1 | Estereolitografía SLA | 36 |
| 7.2 | Sinterización Láser | 37 |
| 7.3 | Aplicaciones en motociclismo..... | 38 |
| 8 | ACONDICIONAMIENTO DEL TALLER DE TRABAJO..... | 40 |
| 9 | MEDIOS DE FABRICACIÓN DEL CHASIS..... | 50 |
| 9.1 | INTRODUCCIÓN | 50 |
| 9.2 | SOLDADURA | 50 |
| 9.2.1 | SOLDADURA ELECTRICA..... | 50 |
| | SOLDADURA POR ARCO..... | 50 |
| | SOLDADURA POR ARCO CUBIERTO (MIG, MAG)..... | 51 |
| | SOLDADURA POR ARCO CON COBERTURA DE ARGÓN (TIG) | 53 |
| 9.2.2 | SOLDADURA DE GAS (habitualmente Oxígeno y Acetileno)..... | 54 |
| | SOLDADURA POR FUSIÓN. | 54 |
| | SOLDADURA CON BRONCE..... | 55 |
| 9.2.3 | OTROS PROCESOS..... | 57 |
| 10 | MATERIALES | 58 |
| 10.1 | MATERIALES PARA EL CHASIS | 62 |
| 10.1.1 | Aceros de construcción 275 y 355 | 70 |
| 10.1.2 | T45 | 71 |
| 10.1.3 | Reynolds 531..... | 72 |
| 10.1.4 | Reynolds 753..... | 73 |
| 10.1.5 | 4130 Cromo-Molibdeno..... | 74 |
| 10.1.6 | 25CrMo4 | 75 |
| 10.1.7 | 15 CDV 6..... | 76 |
| 10.1.8 | Reynolds 953..... | 76 |
| 10.1.9 | Reynolds 631..... | 76 |
| 10.2 | ELECCIÓN MATERIAL Y CONCLUSIONES | 77 |

| | | |
|-------------|-----------------------------------------------------------|------------|
| 10.3 | DIMENSIONADO DE LOS TUBOS | 78 |
| 10.3.1 | ELECCIÓN DE SECCIONES Y ESPESORES | 80 |
| 11 | FABRICACIÓN DEL CHASIS | 81 |
| 11.1 | Modificaciones en el bastidor..... | 82 |
| 11.2 | Puntos críticos en la fabricación del chasis | 90 |
| 11.2.1 | ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A. M. F. E.) | 91 |
| 11.3 | Secuencia de fabricación del chasis | 99 |
| 11.4 | Secuencia de soldadura del bastidor | 108 |
| 11.5 | Utillajes soldadura chasis | 113 |
| 11.6 | Problemas en la fabricación del chasis..... | 120 |
| 12 | SUSPENSION TRASERA | 124 |
| 12.1 | INTRODUCCIÓN E HISTORIA | 124 |
| 12.1.1 | El sistema Plunger | 124 |
| 12.1.2 | Basculante..... | 124 |
| 12.1.3 | Monobrazo o doble brazo..... | 129 |
| 13 | FABRICACION DEL BASCULANTE..... | 131 |
| 13.1 | Utillaje soldadura basculante | 138 |
| 13.2 | Mecanizado del basculante | 139 |
| 14 | FABRICACIÓN DE PIEZAS EN FIBRA..... | 140 |
| 14.1 | Fabricación en fibra de carbono..... | 140 |
| 14.2 | Fabricación en fibra de vidrio | 144 |
| 15 | FABRICACION DEL CARENADO | 152 |
| 16 | MONTAJE PROTOTIPO..... | 153 |
| 16.1 | Evolución maqueta 3D..... | 156 |
| 17 | PLANOS DE FABRICACIÓN | 158 |
| 17.1 | AJUSTES Y TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN. GENERALIDADES. | 158 |
| 17.1.1 | ISO..... | 158 |

| | | |
|-----------|---------------------------------|------------|
| 17.1.2 | Calidades IT | 158 |
| 17.1.3 | Posición de la tolerancia | 159 |
| 17.1.4 | Tipos de ajustes | 160 |
| 17.1.4.1 | Apriete | 160 |
| 17.1.4.2 | Juego | 161 |
| 17.1.4.3 | Indeterminado | 162 |
| 17.1.5 | Criterios | 162 |
| 18 | PRESUPUESTO | 164 |
| 19 | CONCLUSIONES..... | 167 |
| 20 | BIBLIOGRAFÍA..... | 169 |

1 INTRODUCCIÓN

Este Proyecto Fin de Carrera (PFC) tiene como objetivo la fabricación de un prototipo de motocicleta de competición de 125 cc, que servirá como prototipo piloto o prototipo cero para la posterior fabricación de un prototipo 1 que será el que finalmente se vaya a industrializar. Mediante un exhaustivo análisis y evaluación a través de pruebas estáticas y dinámicas tanto en circuito como en taller, se efectuarán las oportunas variaciones en los diversos parámetros del prototipo piloto (ángulos, longitudes...) de forma que obtengamos como “output” el prototipo 1 que se pretende industrializar.

Este proyecto fin de carrera se enmarca dentro del Proyecto del equipo ETSIIT Upna Racing. El cuál tiene como propósito el diseño y fabricación de una motocicleta de competición de 125 cc que participará en la competición Motostudent.

El proyecto deberá abarcar aspectos tales como el aprovisionamiento de los materiales necesarios para la fabricación de los diversos componentes de la motocicleta (chasis, carenado, basculante, piecerío auxiliar, subchasis...), los procesos de fabricación óptimos de los diversos elementos constructivos, diseño de utillajes apropiados para la fabricación y la confección de los correspondientes manuales de despiece, de uso y de mantenimiento.

Dicho proyecto partirá de los diseños realizados por otros componentes del equipo Motostudent y plasmará tales diseños en elementos reales fabricados de forma óptima tanto desde el punto de vista funcional como económico.

Cada uno de los procesos llevados a cabo deberán ajustarse a los requisitos que exige el reglamento técnico establecido por la organización de Motostudent. El primer paso que habrá que llevar a cabo para iniciar la elaboración de este PFC, consistirá en el estudio detallado y perfecta comprensión de todo el reglamento de la competición MotoStudent tanto el reglamento técnico como el reglamento deportivo. De este modo se pretende conocer cuáles son las limitaciones, restricciones y requisitos impuestos por la organización. Con ello también se conocerá qué elementos son proporcionados por la organización y cuáles son los que realmente deberán ser diseñados y fabricados, ajustándolos a los ya determinados.

A continuación se llevarán a cabo una a una cada etapa que comprenderían: evaluación de los diseños realizados por los demás miembros del equipo y elaboración del manual de despiece, uso y mantenimiento, análisis de las diversas alternativas en cuanto a materiales, procesos de fabricación, diseño de utillajes para la fabricación... En el momento en el que todo esto esté perfectamente definido se procederá a la fabricación del prototipo, el cual será evaluado posteriormente con las pruebas pertinentes anteriormente citadas. Las variaciones en los parámetros que tengan lugar, se incorporarán posteriormente en la fabricación del prototipo a industrializar.

2 HISTORIA DE LA FABRICACIÓN DE MOTOCICLETAS

Para la mayoría de las personas, la palabra motocicleta lleva a la mente automáticamente imágenes y sentimientos de poder, velocidad y una innegable conquista de la carretera. Habiendo sido o no un ‘rider’, la gente generalmente siente una cierta envidia de los conductores de motos cuando pasan por la autopista con el viento haciendo ondear sus cabellos. La motocicleta tiene una cierta mística en ella que la ha hecho parte importante de la cultura de cada región. Desde su existencia hace casi tanto como su homólogo de cuatro ruedas, el automóvil, la motocicleta se ha desarrollado desde una simple bicicleta impulsada por un motor a vapor hasta la poderosa máquina de combustión de gasolina que es hoy en día.

2.1 Del vapor a la gasolina.

Hacia los últimos años de la década de 1860, tanto en Europa como en América, el motor de vapor se había convertido en el primer método de propulsión para la mayoría de las máquinas. Ya bien afianzado como potente motor para la industria locomotora, la propulsión a vapor fue aplicada primeramente en los vehículos de dos ruedas en 1869. Dos ingenieros, el francés Pierre Michaux y el americano Sylvester Howard crearon por separado el mismo año dos modelos de bicis a vapor. El modelo que desarrolló Michaux era un motor monocilíndrico con caldera cilíndrica para generar vapor mientras que la máquina de Sylvester soportaba un motor bicilíndrico. Aunque ambas motos eran realmente impresionantes para la época, se probó que los motores a vapor eran totalmente inviables en máquinas de dos ruedas, y fueron abandonados como fuente de energía para las motocicletas.

Durante los primeros días pioneros de la motocicleta, ingenieros experimentaron con una variedad de otras fuentes de energía para la máquina, incluyendo aire comprimido y gas de hidrógeno. Sin embargo, no sería hasta la aplicación del motor de combustión interna propulsado por gasolina, por el ingeniero alemán Gottlieb Daimler en 1885, que la motocicleta se convertiría en verdaderamente viable.



Réplica de la Reitwagen de Daimler-Maybach.

Por lo tanto, Daimler generalmente se acredita la creación de la verdadera motocicleta en primer lugar. Además de un motor de gasolina, su máquina también contó con una transmisión de dos velocidades primitiva, que fue la primera de su tiempo. Con la aplicación del motor de combustión interna y la invención de la llanta inflable en la década de 1890 (una característica que aumentó la absorción de choque de la motocicleta), el desarrollo del vehículo motorizado de dos ruedas estaba en perfectamente en camino.

2.2 Potencia y velocidad. Avance de la motocicleta

Mientras que la experimentación en motocicletas fue generalmente aislada a los diseños de los franceses y alemanes al principio, ingenieros estadounidenses y británicos fueron rápidos para ponerse al día en las primeras décadas del siglo XX. Como las motocicletas se hicieron cada vez más viables, docenas de fabricantes entraron en el mercado con sus propios diseños y conceptos únicos. Mientras que los motores monocilíndricos con transmisión de velocidad simple fueron la norma para la mayoría de motocicletas inicialmente, fabricantes innovadores rápidamente comenzaron a experimentar con tecnología avanzada, incluyendo las válvulas de sobrecarga, engranajes variables y embragues. De hecho, muchas de las características que se encuentran comúnmente en motocicletas de hoy fueron concebidas originalmente a principios de 1900, pero su uso fue refrenado por el alto costo de la producción y la falta de materiales.

Desde los primeros años de la motocicleta, hubo un verdadero interés en la utilización de la máquina, no sólo para el transporte, sino también para las carreras y el deporte. Este interés en el motociclismo tanto de deportistas como de espectadores necesariamente dio lugar a la demanda de máquinas más potentes, versátiles y cómodas. La primera década de los años 1900, estas demandas se habían convertido en

consideraciones importantes para diseñadores líderes, incluyendo a los gigantes estadounidenses como Harley-Davidson. Ingenieros comenzaron a experimentar con motores de dos cilindros (también conocido como ‘gemelos en V’) e incluso motores de cuatro cilindros para aumentar la potencia. Mientras que la velocidad y la potencia que puede ser producida por cuatro cilindros era terrible, las máquinas no estaban lo bastante preparadas para esta innovación, y el motor de dos cilindros se convirtió finalmente en estándar en la mayoría de motocicletas. Sin embargo, hacia el estallido de la primera guerra mundial en 1914, la motocicleta había progresado rápidamente de una máquina algo primitiva sólo unas décadas antes a un medio fiable, rápido y relativamente barato de transporte.

2.3 Boom de la motocicleta

En las décadas siguientes a la Primera Guerra Mundial, las poblaciones en Europa y América tenían una nueva percepción del universo mecánico. Mientras que los ejércitos habían comenzado el conflicto con unidades de caballería y caballos, los tanques motorizados y los aviones se habían convertido en imprescindibles para el final de los combates. Este nuevo concepto mecánico había afectado enormemente la industria de la motocicleta, y las ventas de las potentes de dos ruedas floreció en la década de 1920. Marcas notables como Moto Guzzi, BMW y Triumph comenzaron a producir sus primeras motocicletas durante este decenio y experimentaron un rotundo éxito, especialmente en Europa. En América, la motocicleta encontró una gran cantidad de competencia con el coche, pero las ventas permanecieron relativamente estables a lo largo de la década de 1920. Sin embargo, la gran depresión en la década de 1930 obligaría a varios fabricantes a cerrar el negocio, y aquellos que sobrevivieron lo hicieron por los pelos.

Mientras que la década de 1930 demostró ser una dura década para la fabricación de motocicletas en América, la industria experimentó un auge en las ventas tras la guerra, que duraría a lo largo de la década de 1950. En Europa, los consumidores deseaban un método de transporte barato mientras se recuperaban de los efectos de la guerra, luego la industria de la motocicleta experimentó un gran apogeo. Scooters y ciclomotores con motores pequeños y ligeros prosperaron en Europa a lo largo de la década de 1950. Las ventas de motocicletas alcanzaron su punto máximo durante la época, por lo general, los fabricantes europeos dominaban el mercado. Sólo Harley-Davidson fue capaz de sobrevivir como un fabricante de motociclismo estadounidense.



Harley-Davidson de 1948

A lo largo de la década de 1940 y 1950, se realizaron una serie de avances en la tecnología de la motocicleta, incluyendo mejoras en la suspensión, dobles asientos y sidecares y incluso botón pulsador de encendido en algunos modelos. Sin embargo, los primeros ingenieros pioneros del motociclismo estaban empezando a envejecer, además la motocicleta se enfrentaba a una competencia cada vez más creciente con el sector del automóvil. Esto unido al creciente nivel de vida de las personas, permitía a muchos consumidores comprar un automóvil por primera vez. La oscilante industria de la motocicleta en el oeste también pronto debería enfrentarse a la terrible competencia proveniente del mundo oriental, especialmente de los fabricantes japoneses en la década de 1960.

2.4 Aumento de la competencia y mejora del sector

Como las motocicletas de los fabricantes europeos y americanos gozaban de éxito comercial en el oeste durante la década de 1940 y 1950, los fabricantes japoneses estaban ocupados en crear su propio mercado interno. En los albores de la década de 1960, líderes de los fabricantes japoneses (incluyendo Honda, Suzuki y Yamaha) estaban dispuestos a tomar en el mundo con sus sofisticadas motos. Las ventas de motocicletas japonesas en el oeste fueron inicialmente bastante lentas, básicamente debido a que los consumidores no estaban acostumbrados a las máquinas diseñadas de manera tan diferente. Sin embargo, la tecnología superior y el fuerte rendimiento de los modelos japoneses desbordaba todo lo producido por los fabricantes europeos y estadounidenses, y las motos fueron pronto abrazadas por los consumidores.

Así como la introducción de marcas japonesas llevó a nuevas innovaciones en la industria de la motocicleta, el entusiasmo por las carreras de motos también sirvió para mejorar las dos ruedas. Las carreras requerían motores más potentes, maniobrabilidad

superior y frenado más fiable, y los fabricantes de la motocicleta estaban ansiosos por proporcionar tales deseables características. En 1970, Honda había presentado su revolucionario motor de cuatro cilindros, de cuatro tiempos que apuntaba a una nueva era, la de las "superbikes".



Motocicleta Honda de 1970 con el motor de cuatro cilindros cuatro tiempos

Competidores de Honda trataron al principio de contrarrestar dicho motor con motores de dos tiempos de mayor rendimiento, pero el poder no era comparable. Finalmente, todos los fabricantes japoneses, así como los líderes de los fabricantes europeos, se verían obligados a equipar sus modelos con motores más potentes. Esta potencia sólo aumentaría en la década de 1980 y 1990, mientras las motocicletas se convertían en un símbolo todavía más importante de la libertad y de la velocidad en la carretera.

2.5 Presente y futuro de las motocicletas

En el Siglo XXI, las motocicletas ya no son vistas fundamentalmente como un medio de transporte sino más como un símbolo del estatus, de estilo de vida y lujo. Las motocicletas modernas muestran rasgos innovadores que ni siquiera se habrían soñado en aquellos primeros días de los vehículos de dos ruedas motorizados. La tecnología está pasando a ser cada vez más informatizada. La industria está ahora estrictamente diversificada pensando en los diferentes propósitos a los que se destina el uso de cada variedad de motocicleta. Un cliente puede elegir entre motos sport, scooters, motos clásicas, superbikes... dependiendo sus preferencias.

Mientras que el futuro del diseño de las motocicletas probablemente traerá varias innovaciones, la seguridad es uno de los factores que ha empezado a convertirse en una

preocupación clave. Los ingenieros están actualmente experimentando cada vez más con protectores para las piernas y bolsas de aire en sus nuevos modelos. Parece que el cielo es el límite para ver hasta qué punto la motocicleta puede avanzar en mejoras tecnológicas. Sin embargo, independientemente de los cambios y las innovaciones futuras, la poderosa dos ruedas seguramente siempre permanecerá siendo el último símbolo de la libertad, la velocidad y pasión en la carretera.

2.6 Historia del motociclismo

El motociclismo de velocidad es una modalidad deportiva del motociclismo disputada en circuitos de carreras pavimentados. Las motocicletas que se usan pueden ser prototipos, es decir desarrolladas específicamente para competición, o derivadas de modelos de serie (en general motocicletas deportivas) con modificaciones para aumentar las prestaciones. En el primer grupo entran las que participan en el Campeonato Mundial de Motociclismo, y en el segundo las Superbikes, las Supersport y las Superstock.



Motocicleta de superbikes



MotoGP, Gran Premio de Motociclismo

Las motocicletas deben presentar una serie de características como son la estabilidad, la alta velocidad (tanto en recta como en paso por curva), alta aceleración, gran frenada, fácil maniobrabilidad y bajo peso.

Una carrera de esta modalidad normalmente consta de uno o dos días de entrenamientos formados por varias sesiones (libres y oficiales) en las que los pilotos intentan dar una vuelta al circuito lo más rápido posible, la cual determinará su posición en la parrilla de salida de la carrera propiamente dicha. Tras la vuelta de calentamiento, se forma la parrilla de salida, y la carrera empieza cuando se apaga el semáforo rojo. Los pilotos deben girar un número determinado de vueltas al circuito, o bien girar la mayor cantidad de vueltas en un tiempo determinado. La carrera finaliza con la tradicional bandera a cuadros. Dentro de un mismo evento pueden haber distintas carreras dependiendo del tipo de motocicleta y de sus cilindradas, y en algunos de ellos se disputan varias mangas para cada categoría.

Las primeras carreras de motos que se disputaron fueron entre 1894-1906, pero no fue hasta el año 1907 cuando se disputó la primera carrera en circuito, en el circuito de

las Ardenas. Entre los años 1907 y 1914 se asistió al nacimiento del primer Tourist Trophy. Durante la Primera Guerra Mundial hubo un parón en cuanto a competiciones automovilísticas se refiere, aunque fue cuando se produjo un mayor avance tecnológico de las motocicletas en este caso con fines armamentísticos. El resurgimiento de las competiciones tras la Guerra (1919-1921) espoleó la creación de el primer GP de la UMF y Bélgica, el primer Gran Premio de Suiza, las Naciones Unidas y el Ulster.(1922-1923). Posteriormente la Federación Internacional de Motociclismo, recién creada, instauró el Gran Premio de Europa en el año 1924 por el cual, cada año, se designaría a un país en cuyo domicilio se disputaría el Gran Premio de la prueba más importante de la temporada. Los ganadores en las diferentes categorías de esta prueba serían designados campeones de Europa en el año.

Por último no fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial cuando se creó el, hasta hoy llamado, Campeonato del Mundo de Velocidad. Las categorías en las que se dividió dependían de la cilindrada de sus motores: 125, 250, 350 y 500 cc. Posteriormente se añadieron las categorías de 50 cc, luego sustituida por la de 80 cc. Esa división y la de 350 cc se eliminaron en 1989 y 1982 respectivamente. En 2002, la clase de 500 cc fue sustituida por la MotoGP, en la que se utilizan motores de cuatro tiempos (inicialmente de 990 cc, y desde 2007 hasta 800 cc). En 2010, la división de 250 cc ha tenido una reforma similar al transformarse en Moto2, como motores de cuatro tiempos y una cilindrada de 600 cc.

En la historia del mundial ha habido muchos grandes pilotos, como Mike Hailwood, Giacomo Agostini, Ángel Nieto, Santiago Herrero, Carlo Ubbiali, Barry Sheene, etc. Durante los años ochenta este campeonato vivió su época más gloriosa en la categoría reina (500 cc) con pilotos como Wayne Rainey, Kenny Roberts, Wayne Gardner, Kevin Schwantz, Eddie Lawson, Randy Mamola, Freddie Spencer y Mick Doohan. En la actualidad los pilotos más destacados son Valentino Rossi, Casey Stoner y los españoles Jorge Lorenzo y Dani Pedrosa.



Imagen de 1969 del 12+1 veces Campeón del Mundo Angel Nieto.

El Campeonato Mundial de Superbikes (WSBK) se disputa desde 1988 con motocicletas de serie de gran cilindrada: entre 850 y 1.200 cc para 2 cilindros, y de 750 a 1.000 cc con 4 cilindros. Algunos pilotos que han triunfado en este certamen son Fred Merkel, Doug Polen, Carl Fogarty, Troy Bayliss, James Toseland. A diferencia del Mundial de Motociclismo de Velocidad, las fechas del Mundial de Superbikes se celebran a dos mangas. Otras categorías que suelen disputarse como teloneras de las Superbikes son las Supersport y las Superstock, también de alta cilindrada.

Además de las categorías de motociclismo de velocidad citadas, otra con menor difusión son las de sidecar, que comenzaron disputándose junto con el Mundial de Motociclismo de Velocidad y más tarde lo hicieron con el Mundial de Superbikes. También se disputan otras carreras de motociclismo de velocidad, como los campeonatos nacionales y regionales de velocidad, copas de promoción y también carreras de resistencia.

2.7 Historia del motociclismo y la fabricación de prototipos en España.

La historia del motociclismo y la fabricación de prototipos de competición en España no se entienden sin acercarse a la figura del ingeniero y diseñador español Antonio Cobas. Considerado el mejor especialista en chasis de la historia del Mundial de Motociclismo, Antonio desarrolló una prolífica carrera fabricando prototipos de competición hasta su repentina muerte debido a un cáncer a los 51 años de edad en 2004.



Antonio Cobas junto a Sito Pons antes de una carrera de 1989

Cobas fue un precursor en el motociclismo en las últimas tres décadas. En 1978, creó la Siroko, una motocicleta de 250cc que alcanzó gran popularidad en el Campeonato de España. En 1982 fundó la marca Kobas, marca con la que Sito Pons tomó parte en el Mundial y en 1984 logró la primera victoria en una carrera del Mundial. Se alió al empresario Jacinto Moriana creando la histórica escudería JJ Cobas, marca inolvidable para pilotos como Joan Garriga, Carlos Cardús o Alex Crivillé quien logró el Mundial de 125cc con una creación suya.

Antonio Cobas siempre estuvo al lado de Sito Pons, en sus mundiales de 1988 y 1989 y desde entonces les unió una inseparable carrera de amistad y trabajo de 25 años. Además Antonio contribuyó especialmente a que Alex Crivillé se convirtiera en el primer español de la historia en proclamarse campeón del mundo de los 500 centímetros cúbicos. También colaboró con el ex piloto de Fórmula 1 Luis Pérez Sala.



Antonio Cobas en sus últimos años trabajando para la Honda de 500 cc de Loris Capirossi y Alex Barros.

En cuanto al capítulo de pilotos españoles hay que hacer mención especial al 13 veces campeón del mundo Angel Nieto. Inició su trayectoria deportiva a los 13 años, en carreras de aficionados. Sin medios para adquirir una motocicleta con la que participar en competiciones oficiales, se trasladó a Barcelona, consiguiendo entrar en Bultaco. Despedido por abandonar sin permiso el puesto de trabajo, aunque consigue entrar en Ducati, donde permanecería año y medio, compitiendo en el equipo Derbi-Zippo. A los 16 años, entra en el departamento de pruebas de Derbi, donde poco después consigue una motocicleta de 50 cc. Sin apenas experiencia, gana en 1969 sus dos primeros Grandes Premios. Fue el inicio de una trayectoria brillantísima (en diversos equipos: Derbi, Morbidelli, Kreidler, Minarelli, Garelli y Bultaco), a cuyo término, en 1986, había obtenido seis Campeonatos del Mundo en 50 cc (1969, 1970, 1972, 1975, 1976 y 1977), siete en 125 cc (1971, 1972, 1979, 1981, 1982, 1983 y 1984) y cuatro subcampeonatos. En esos casi veinte años, ganó 90 grandes premios (27 en 50cc, 62 en 125cc y 1 en 80cc) y 23 Campeonatos de España en diferentes cilindradas. Sin embargo no tuvo mucho éxito en su intento de pilotar en cilindradas mayores, como en 250cc.



Imagen de archivo del gran campeón español Angel Nieto.

Angel Nieto es sin duda el piloto español más laureado de la historia pero tampoco hay que olvidar a grandes campeones como Sito Pons, Jorge Martínez Aspar o los más recientes Alex Crivillé o Dani Pedrosa.

3 MOTOSTUDENT. COMPETICIÓN Y NORMATIVAS

A finales de 2008 en la Universidad Pública de Navarra se presentó la oportunidad de poder participar en la primera edición de MotoStudent. Esta es una competición promovida por la fundación Moto Engineering donde se plantea un desafío entre equipos de estudiantes de últimos cursos de ingeniería de distintas universidades españolas y europeas. Los equipos tienen que diseñar y desarrollar un prototipo de motocicleta de competición de 125 centímetros cúbicos que posteriormente se evaluarán en una competición que tendrá lugar en las instalaciones de MotorLand Aragón en Alcañiz.

Los estudiantes, en un periodo de tiempo de tres semestres, han de demostrar y probar su capacidad de creación e innovación y la habilidad de aplicar directamente sus capacidades como ingenieros en comparación con los otros equipos de universidades de todo el mundo.

Las motos serán juzgadas en unas series de eventos tanto estáticos como dinámicos, que incluirán: exposiciones orales y de "stand", inspecciones técnicas, demostraciones dinámicas, etc. Para poder evaluar y puntuar los proyectos, la competición tendrá un proceso de selección por fases.

Al inicio de 2009 conseguimos juntar un número aceptable de estudiantes como para poder formar un equipo y sumergirnos de lleno en este reto, ya que se nos ofrecía una ocasión única de poder realizar algo más que un simple Proyecto Final de Carrera. El competir en esta primera edición supone tener que trabajar en equipo para poder abrir camino en un mundo prácticamente desconocido para nosotros. La creación de un equipo de estas características tiene un gran enfoque práctico y empresarial. Todos debemos aprender y colaborar en algunas de las diferentes tareas generales que abarca el proyecto, como por ejemplo el simple hecho de ponerle nombre al equipo, realizar un logotipo, buscar sponsors, etc. Luego, independientemente de estas tareas, cada uno aprovechará esta ocasión para realizar el Proyecto Final de Carrera profundizando en temas concretos, como puede ser en este caso el proceso de fabricación del prototipo.

A continuación se va a explicar más detalladamente el origen de este proyecto, para permitir una mejor comprensión del marco en que se desarrolla.

3.1 MotoStudent

3.1.1 La competición

La competición MotoStudent promovida por la fundación Moto Engineering Foundation (MEF) es un desafío entre equipos universitarios de distintas universidades españolas y del resto del mundo. Consiste en diseñar y desarrollar un prototipo de moto de competición de pequeña cilindrada 125 dos tiempos, que competirán con su evaluación pertinente, en unas jornadas que se llevarán a cabo inicialmente en las

instalaciones de la Ciudad del Motor de Aragón. Para el propósito de esta competición, el equipo universitario debe considerarse integrado en una empresa fabricante de motos de competición, para desarrollar y fabricar un prototipo bajo unos condicionantes técnicos y económicos dados. La competición en sí misma es un reto para los estudiantes, los cuales en un periodo de tiempo de tres semestres han de demostrar y probar su capacidad de creación e innovación y la habilidad de aplicar directamente sus capacidades como ingenieros en comparación con los otros equipos de universidades de todo el mundo.

3.1.2 Fases de la competición

La competición tiene una duración de 18 meses en los que debemos plantear todo el escenario real de un equipo de motociclismo de competición. Para ello los equipos partimos de un planteamiento realista donde, una vez establecidos los componentes del mismo, se debía buscar apoyo externo y, sobre todo patrocinadores que aportaran la financiación necesaria y equipos, componentes, apoyo técnico, asesoría, etc.

Una vez obtenido el importe mínimo necesario para asegurar la participación en la competición y justificado dicho soporte económico a la Organización, se pasa a la siguiente fase: diseño. En esta fase, en la que nos encontramos actualmente, debemos diseñar completamente la moto de competición ciéndonos a un reglamento técnico y organizativo, cumpliendo los plazos fijados por la Organización, y ajustándonos a los recursos puestos a disposición del equipo por los patrocinadores, colaboradores y la universidad. A la par que el diseño de los distintos componentes, se deberán desarrollar distintos medios para la construcción de los componentes que lo requieran así como la compra de otros elementos, para de esta forma llegar a construir la moto.

A lo largo de todo el proceso también será preciso realizar numerosas pruebas de diseños, componentes, y puesta a punto de un prototipo que permita realizar los ajustes pertinentes que garanticen una mínima competitividad de la moto durante la competición. Además también se deberá estar atento a las posibles modificaciones que pueda realizar la Organización respecto a cualquiera de los aspectos que engloban a la competición, ya que se encuentra abierta a cualquier tipo de reajuste en función de la marcha de los acontecimientos.

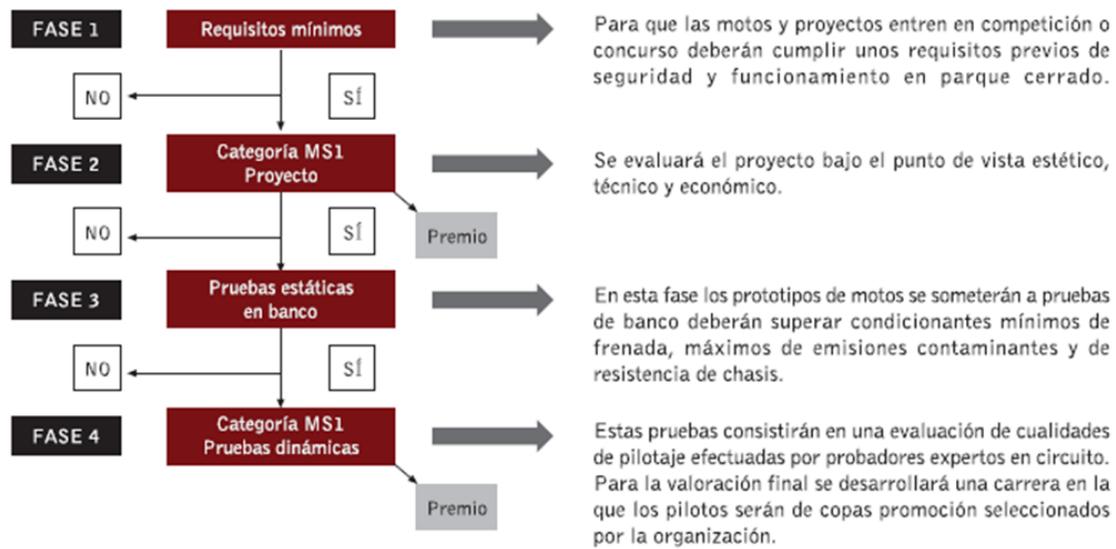
Durante toda la competición (fase de diseño, fabricación y carrera), la Organización exigirá a los equipos ciertas justificaciones así como requisitos mínimos que deba cumplir la moto. Son los siguientes:

- Presentación de justificación de sponsors. En la que los equipos participantes deben justificar de forma clara qué empresas e instituciones sufragan la construcción del prototipo, antes del 8 de Mayo del 2009.
- Presentación de diseño cerrado. Antes del 31 de Marzo de 2010 los equipos participantes presentarán a la Organización información gráfica en detalle del prototipo que será guardada por la Organización. Esta información debe permitir

a los jurados, sin manipulación informática alguna, verificar los futuros prototipos. Esta documentación sólo será analizada por los jurados en las jornadas de competición y validarán que el prototipo presentado responde a esa información.

- Los equipos presentarán un prototipo para que sea revisado por los inspectores conforme a los aspectos dimensionales y de seguridad que indica el reglamento técnico.
- Por otra parte se le realizará a la motocicleta una mínima prueba de funcionamiento en parque cerrado. La prueba consistirá en una prueba de arranque y parada y de maniobrabilidad a derechas e izquierdas entre 10 conos situados a 3 m de distancia.
- Así mismo se presentarán en el stand preparado por la organización los paneles informativos que consideren convenientes.
- El proyecto industrial será definido ante un jurado de expertos elegidos por la organización.
- Las pruebas de seguridad en banco pretenden ser una garantía de robustez, fiabilidad y seguridad ante de las pruebas en circuito. Así las motos deberán superar las siguientes pruebas:
 1. Prueba de resistencia de chasis según especificaciones de reglamento técnico.
 2. Prueba de frenada en banco de rodillos según especificaciones de reglamento técnico.
 3. Análisis de gases de escape según especificaciones de reglamento técnico.
- Los equipos que hayan superado las pruebas de seguridad pondrán sus motos a disposición de profesionales de pruebas y ensayos elegidos por la Organización que harán una valoración de sus prestaciones en el circuito de velocidad. Cada moto será probada por un mínimo de tres pilotos, los cuales evaluarán:
 1. Capacidad de frenada
 2. Capacidad de aceleración
 3. Maniobrabilidad
 4. Estabilidad
 5. Velocidad punta
- Carrera en el circuito de Alcañiz en donde las motos serán probadas por pilotos de categoría promoción seleccionados por la organización y sorteadas entre ellos.

Este es el esquema general del proceso de validación del prototipo:



La competición de MotoStudent es sobre todo una competición ingenieril, no se puede resumir sólo en una carrera de ahí que se trate prácticamente de un premio al trabajo realizado durante tanto tiempo. El ganador será el equipo que consiga la mayor cantidad de puntos en las distintas fases. La evaluación corresponderá en cada caso a un jurado designado por la organización, ésta es la forma en que se repartirán los puntos:

1. Proyecto industrial, 600 puntos en total como máximo divididos en:

- Diseño industrial: 150 puntos
- Análisis y cálculos técnicos: 175 puntos
- Definición del sistema de fabricación e industrialización: 175 puntos
- Análisis de costos del desarrollo del prototipo y del proceso industrial de fabricación: 100 puntos

2. Evaluación de las prestaciones, 400 puntos en total como máximo divididos en:

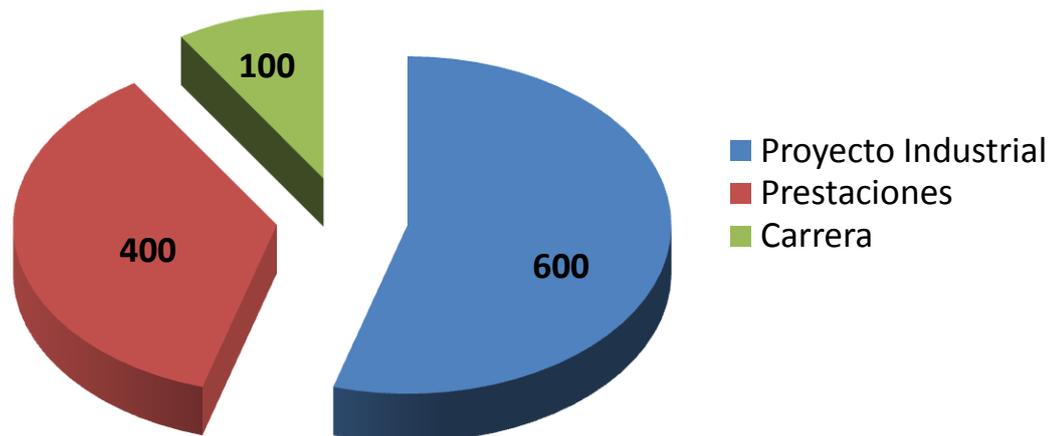
- Capacidad de frenada: 80 puntos
- Capacidad de aceleración: 80 puntos
- Maniobrabilidad: 80 puntos
- Estabilidad: 80 puntos
- Velocidad punta: 80 puntos

3. Carrera, 100 puntos como máximo para el vencedor:

| Puesto en carrera | Puntos |
|-------------------|--------------------------------------------------|
| Primero | 100 |
| Segundo | 90 |
| Tercero | 85 |
| Cuarto | 80 |
| 5º a 9º | 76-60 (4 puntos de diferencia entre cada puesto) |
| 10º a 15º | 57-42 (3 puntos de diferencia entre cada puesto) |
| 16º a 30º | 40 |

Aquellos equipos que no terminen la carrera no obtendrán ningún punto en esta fase.

Puntos en juego en cada fase



Así pues, mediante este sistema de puntuación la intención clara de la Organización es premiar aquellos proyectos industriales y de diseño mejores, dando menos importancia a la carrera, donde pueden intervenir muchos factores que los participantes no controlan, por ejemplo la elección del piloto, que será elegido al azar entre unos candidatos proporcionados por la organización el mismo fin de semana de la carrera. Además se puede ver que dentro de la puntuación de la carrera las diferencias por puesto no son muy exageradas y se da mucha importancia al hecho de haber construido una moto capaz de correr y completar la prueba.

Para una información más detallada a cerca de la competición MotoStudent se deberá consultar el Reglamento Funcional redactado por la Organización que aparece recogido en el “Anexo I”, presente en los documentos de este proyecto o en la propia página web de la Organización: www.motostudent.com

3.1.3 El equipo

El equipo que representa a la UPNa en esta competición, se constituyó en un principio con 11 estudiantes de esta misma universidad de las titulaciones de Ingeniería Industrial (II) e Ingeniería Técnica Industrial Mecánica (ITIM), si bien actualmente consta de un total de 14 estudiantes:

| Nombre | Titulación | Curso | Proyecto |
|--------------------------------------|------------|-------|--------------------------------------------|
| Maite Apesteuguía Amorena | ITIM | 3 | Maqueta 3D |
| Javier Arana Santamaría | II | 5 | Industrialización serie de 500 unidades |
| Maite Arbeloa Murillo | II | 5 | Pruebas del motor |
| Ignacio Arenaza Borja | ITIM | 3 | Basculante |
| Xabier Arteta Erviti | II | 5 | Fabricación del prototipo |
| Ángela Cildoiz Guembe | ITIM | 3 | Estudio del escape |
| María Cildoiz Guembe | ITIM | 3 | Estudio de la admisión |
| Iria Coba Antón | II | 5 | Chasis alternativo de aluminio |
| Joaquín Eransus Soba | II | 5 | Industrialización serie de 500 unidades |
| Ibai Irigoien Ulayar | II | 5 | Determinación de geometría básica y cargas |
| Álvaro Larumbe Valencia | II | 5 | Piecerío y dirección |
| Ernesto Limousin Aranzábal | II | 5 | Chasis de acero |
| Miguel Ángel Urgelles Asensio | II | 5 | Gestión y organización |
| Unai Zabala Versteeg | II | 5 | Aerodinámica |

Todos ellos cumplen con los requisitos impuestos por la Organización del evento para poder participar en la competición. Además el equipo se encuentra dirigido por los profesores de la UPNa:

José Sancho

Cesar Díaz de Cerio

Y ha sido inscrito por en la competición con el nombre de: ETSIIT-UPNa Racing, contando incluso con logotipo y pagina web propia:



www.upnaracing.com

Además disponemos de un grupo de apoyo que participa en el desarrollo técnico, pero sin estar inscritos oficialmente en la competición, que aportan conocimiento y ayuda al grupo oficial en el desarrollo de toda la competición.

4 DATOS DE PARTIDA

A continuación se van a describir los datos de los que se dispone para llevar a cabo el proceso de fabricación del prototipo. Todo ello se encuentra relacionado con las pautas establecidas por la Organización, ya que es ella la que dispone las especificaciones de partida para el diseño de todas las motos que van a participar en la competición, estableciendo las limitaciones y libertades que se poseen para que la moto sea validada y pueda competir en el evento.

4.1 Reglamento técnico

La Organización ha establecido un reglamento técnico (Anexo I) que contiene la normativa técnica reguladora de la competición. Con él se pretende estandarizar y acotar la gran variedad de posibilidades que existe en la construcción de un prototipo de moto de competición. De este modo todos los proyectos presentados por las diferentes universidades inscritas en la competición se ajustarán a una línea de trabajo orientativa y común, posibilitando una competencia objetiva entre los participantes.

Por todo ello el primer paso a dar en la realización de este proyecto consistirá en el análisis detallado de dicho documento, para ser consciente de qué es lo que se puede y no se puede hacer respecto al diseño de la moto. Por tanto este estudio deberá centrarse principalmente en las partes del Reglamento referentes a todo tema de requisitos de fabricación, restricciones en cuanto a materiales, procesos y todo lo relacionado con la fabricabilidad de todos los elementos de la motocicleta.

Una vez analizado todo ello se pueden considerar las siguientes restricciones establecidas por la Organización que afectan directamente a la elaboración de este proyecto:

4.1.1 La motocicleta

El objetivo de la competición es la construcción de un vehículo de dos ruedas a motor de combustión interna. Dicho vehículo será concebido para el pilotaje de un solo ocupante. La motocicleta deberá ser un prototipo diseñado y construido para la competición de carreras de velocidad.

4.1.2 Requerimientos generales del diseño

4.1.2.1 Dimensiones

Las dimensiones de la motocicleta son libres exceptuando algunos requisitos básicos:

- La anchura mínima entre los extremos de los semimanillares ha de ser de 450 mm.
- El ángulo mínimo de inclinación lateral de la motocicleta sin que ningún elemento de la misma toque el pavimento debe ser 50°. Dicha medición se

realiza con la motocicleta descargada pero con todo el equipamiento y líquidos para su funcionamiento.

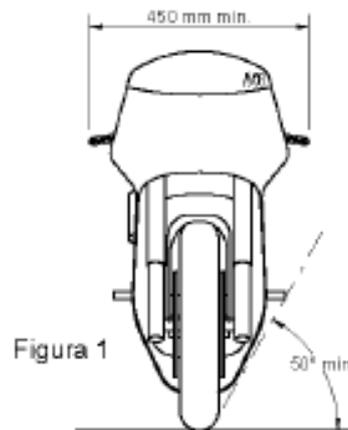


Figura 1

- La distancia libre al pavimento con la motocicleta en posición vertical ha de ser de un mínimo de 100 mm en cualquier situación de compresión de suspensiones y reglajes de geometrías.
- Limite posterior: Ningún elemento de la motocicleta podrá rebasar la línea tangente vertical trazada a la circunferencia exterior del neumático trasero.

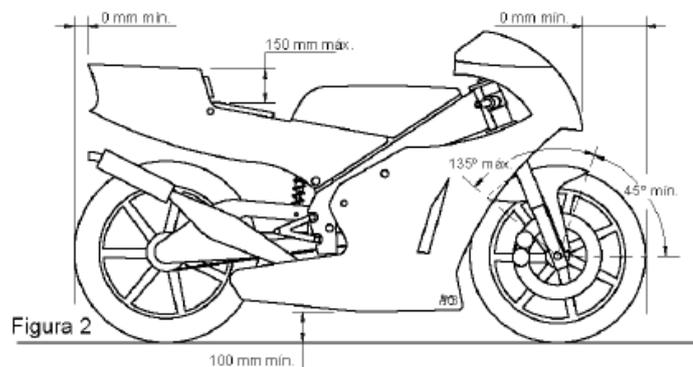


Figura 2

- La distancia de los neumáticos a cualquier elemento de la motocicleta diferente de la rueda no podrá ser inferior a 15 mm en toda posición de la misma y reglaje de geometría.
- La anchura máxima del asiento debe ser de 450 mm. No podrá sobresalir de esa anchura ningún otro elemento de la motocicleta del asiento hacia detrás excepto el sistema de escape.

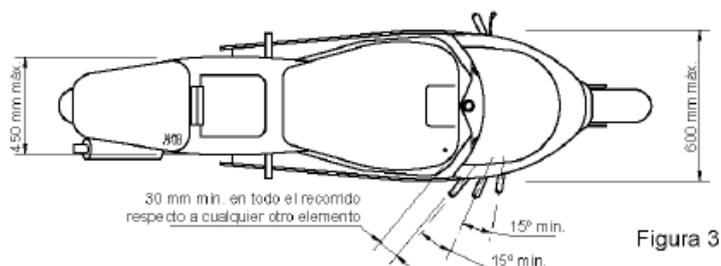


Figura 3

Figura 3

4.1.2.2 Pesos

El peso mínimo del conjunto de la motocicleta en orden de marcha incluido depósito, gasolina y líquidos en ningún momento de las pruebas deberá ser inferior a 90 kg. El peso se podrá verificar tanto al inicio, durante y al final de la competición. Esta permitido lastrar el vehículo para alcanzar el peso mínimo.

4.1.3 Ciclística

4.1.3.1 Bastidor

El diseño, el proceso y el material utilizado para la fabricación del bastidor es libre excepto las siguientes consideraciones:

- No está permitido fabricar el chasis en titanio ni en aleaciones de titanio.
- El bastidor definitivo a presentar en la competición deberá haber superado el proceso de homologación por parte de la organización.
- No se permite el uso de un chasis comercial ni tan siquiera una unidad modificada. Debe de tratarse de un chasis prototipo de fabricación propia.

4.1.3.2 Suspensiones

El diseño de la suspensión delantera y trasera es libre pero en caso de horquilla delantera y amortiguador trasero deberán ser los proporcionados por la organización. No se permite la modificación estructural de los mismos, solo el cambio de muelles y viscosidad del aceite.

4.1.3.3 Dirección

En todo el recorrido de giro de la dirección no deberá existir ningún elemento que interfiera en una tolerancia de 30 mm entorno a los puños del manillar a accionamientos.

El ángulo mínimo de giro de la dirección deberá ser de 15° medidos a cada lado del eje longitudinal de la motocicleta y deberá estar limitado por un tope a cada lado.

4.1.3.4 Estriberas

Como requisito deberán tener protegidos los extremos con un tope de nylon de un radio mínimo de 8 mm. Deberán disponer de protectores laterales para evitar que la

bota del piloto pueda interferir con elementos móviles como cadena o neumático trasero.

4.1.3.5 Llantas y neumáticos

La organización suministra las llantas y neumáticos y se prohíbe su modificación, salvo en anclajes de disco salvaguardando en todo caso la rigidez de las mismas.

Está prohibido el uso de titanio, aleaciones ligeras y compuestos de fibra en la fabricación de los ejes de las ruedas.

Los ejes de la rueda no podrán sobresalir de su alojamiento en sus extremos más de 30 mm.

4.1.3.6 Motor

Se deberá utilizar el motor entregado por la competición, el cual se entregara sellado y se prohíbe totalmente su manipulación interna.

4.1.3.7 Procedimiento de verificaciones técnicas

Para el control y verificación de vehículos se creará una ficha por cada prototipo. Este documento será rellenado por los verificadores técnicos en la fase previa a la competición. Una vez contrastados todos los apartados se deberá dar la calificación de “apto” para poder participar en las diferentes pruebas. Tras la verificación se fijará un adhesivo de la organización comprobante de la aceptación del prototipo.

4.1.3.8 Homologación del chasis

La organización se reserva el derecho de verificar el chasis mediante una prueba previa a la competición. Se habrá de presentar previo a la competición un estudio teórico de cargas sobre el chasis.

La prueba se realizará en un potro de ensayo. Se aplicaran dos tipos de carga simultáneas. Una carga horizontal progresiva de 250 daN longitudinalmente a la motocicleta en los ejes de rueda delantera y otra vertical de 200 daK. No se admitirán deformaciones permanentes en la estructura del chasis.

4.1.3.9 Verificación de cotas generales

Se medirán y supervisaran las cotas generales de diseño estipuladas en el reglamento.

4.2 Componentes estándar

La Organización proporciona una serie de piezas que todos los modelos de motocicletas deben incorporar, en base a las cuales debe desarrollarse el resto del prototipo. Todo ello con el objetivo de proporcionar un punto de partida común para todos los equipos, que facilite de inicio el diseño global de la motocicleta, de modo que todos los prototipos se ajusten a una línea de trabajo orientativa y común, posibilitando una competencia objetiva entre los participantes.

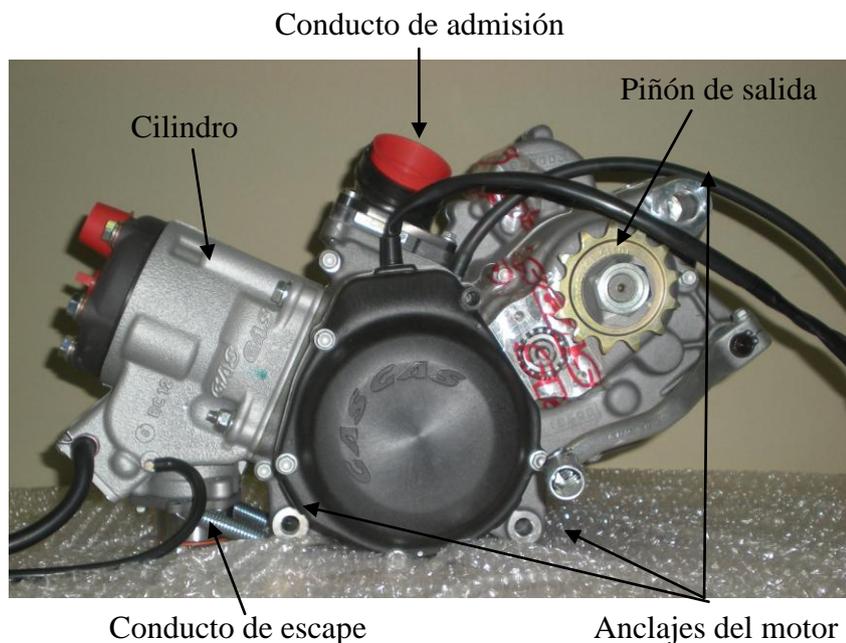
Las piezas proporcionadas por la Organización son:

- Motor
- ECU
- Bujía
- Palanca de cambios
- Bobina
- Horquilla delantera
- Amortiguador trasero
- Sistema de frenos:
 - Bomba
 - Pinza delantera
 - Pinza trasera
 - Maneta
- Llantas
- Neumáticos

Todo lo demás, como puede ser el chasis, el basculante, la pipa, el carenado, el subchasis, el escape, el airbox, el radiador y todo el piecerío auxiliar deberá ser fabricado o en todo caso, alguno de los elementos se podrá comprar. A continuación se aporta toda la información existente los elementos proporcionados por la organización:

4.2.1 El motor

El motor proporcionado por la Organización puede observarse en la imagen siguiente, donde además se especifican algunas de sus partes:



El motor presenta la siguiente ficha técnica:

- *Marca:* Gas Gas*Modelo:* MEH 12-08
- *Tipo:* dos tiempos
- *Número de cilindros:* Uno
- *Refrigeración:* líquida
- *Diámetro por carrera:* 54 x 54,5
- *Cilindrada total:* 124 cc
- *Encendido: electrónico:* CDI (KOKUSAN FP 8050)
- *Arranque:* a palanca
- *Embrague:* multidisco en baño de aceite. Accionamiento hidráulico
- *Cambio:* seis velocidades
- *Transmisión primaria:* por engranajes
- *Caja de láminas:* VForce
- *Válvula de escape:* mecánica centrífuga

4.2.2 Horquilla

La competición nos proporciona una horquilla en caso de utilizar este sistema de amortiguación delantera. La horquilla es la que monta la Yamaha yzf 125 cc.



Yamaha yzf 125cc

4.2.3 Amortiguador

Se trata de un amortiguador SACHS.



Amortiguador SACHS

4.2.4 Llantas

La organización proporciona las mismas llantas a todos los equipos, son las que monta la derbi gpr de 50 cc.



Derbi gpr 50cc

4.2.5 Neumáticos

Los neumáticos al igual que las llantas son proporcionados por la organización y comunes para todos los equipos. Se trata de neumáticos DUNLOP motorsport, el delantero será un 95/70R17 y el trasero un 115/70R17.



Neumáticos Dunl

5 RIESGOS DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO

Con el fin de llevar un control exhaustivo de los pasos llevados hasta conseguir fabricar la motocicleta y para conseguir detectar cualquier tipo de anomalía tanto en la fabricación como en todos los procesos que la envuelven se llevó a cabo inicialmente una identificación de los posibles riesgos que conlleva este proyecto.

Todos los riesgos se plasman en la siguiente tabla que tiene que tener una revisión semanal con el fin de reducir los efectos negativos que pueden causar mediante la anticipación a que se produzcan.

Para lo cual, a cada tipo de riesgo le va asociado una probabilidad de ocurrencia y un impacto distinguiendo tres posibilidades: Alto (A), Medio (M) y Bajo (B)

| | TIPO DE RIESGO (s/impacto) | PROBABILIDAD | IMPACTO | TIPO DE RIESGO | PLAN DE MITIGACIÓN |
|----|----------------------------------------------------------------|--------------|---------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | FALLO DE PIEZAS DE PROTOTIPO QUE SUPONGA EXTRA COSTE | M | M | Significativo | Varias piezas en funcion del coste |
| 2 | NO DISPONIBILIDAD DE TALLER | B | A | Significativo | Buscar talleres alternativos. |
| 3 | FALTA DE RECURSOS ECONÓMICOS PARA LA FABRICACIÓN | M | A | Crítico | Contactar YA con los patrocinadores. INJ hablar para las facturas.Presupuesto, y ver cuanto falta. |
| 4 | ACERO NO DISPONIBLE CHASIS | B | A | Significativo | Proveedores alternativos |
| 5 | DIFICULTAD EN LA FABRICACIÓN DEL CHASIS (MALA SOLDABILIDAD...) | B | A | Significativo | Elegir bien el material y el soldador. Soldadores alternativos. |
| 6 | FALLO EN LA FABRICACIÓN DEL CHASIS POR PARTE DE IMCA | B | A | Significativo | Elegir bien el material y el soldador. Soldadores alternativos. |
| 7 | RETRASO EN PROVEEDOR DE ACERO | M | M | Significativo | Proveedores alternativos |
| 8 | INCUMPLIMIENTO EN LOS PLAZOS DE FABRICACIÓN DEL CHASIS | M | A | Crítico | Trabajar paralelamente con IMCA en el diseño del chasis |
| 9 | TRANSPORTE INADECUADO AFECTA AL CHASIS | B | M | Bajo | |
| 10 | FIBRA PARA EL BASCULANTE NO DISPONIBLE | B | M | Bajo | |
| 11 | FABRICACIÓN DEL BASCULANTE COMPLICADA | B | A | Significativo | |

| | | | | | |
|----|--------------------------------------------------------|---|---|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | NO ENCONTRAMOS FABRICANTE PARA EL BASCULANTE | B | A | Significativo | Identificar con Pepe fabricantes alternativos |
| 13 | BASCULANTE SE FABRICA MAL | B | A | Significativo | Fabricar más de un basculante |
| 14 | RETRASOS POR PARTE DEL FABRICANTE DEL BASCULANTE | B | A | Significativo | Fabricantes alternativos. |
| 15 | RETRASO PROVEEDOR DE FIBRA | B | A | Significativo | Proveedores alternativos |
| 16 | TRANSPORTE INADECUADO AFECTA AL BASCULANTE | B | M | Bajo | |
| 17 | MATERIAL PARA EL CARENADO NO DISPONIBLE | M | A | Crítico | Compra de carenado hecho. |
| 18 | MATERIAL PARA EL CARENADO EXCESIVAMENTE CARO | B | A | Significativo | |
| 19 | FABRICACIÓN NO POSIBLE | A | M | Crítico | Compra de carenado hecho. Identificarlo ya, precio, proveedor y tiempo que tardaría en llegar. 24 h si hay disponible en tienda |
| 20 | NO ENCONTRAMOS FABRICANTE | M | A | Crítico | Compra de carenado hecho. |
| 21 | FABRICANTE PRODUCE CARENADO MAL | B | A | Significativo | |
| 22 | RETRASO EN FABRICACIÓN DEL CARENADO | B | A | Significativo | Buscar alternativos |
| 23 | RETRASO EN EL PROVEEDOR DE MATERIAL | B | A | Significativo | Buscar alternativos |
| 24 | TRANSPORTE INADECUADO AFECTA AL CARENADO | B | M | Bajo | |
| 25 | MATERIAL PARA ESCAPE NO DISPONIBLE | M | A | Crítico | Proveedores alternativos, contactar ya. Identificarlos ya, precios y tiempo de entrega. |
| 26 | MEDIOS DE FABRICACIÓN DE ESCAPE NO DISPONIBLES | M | A | Crítico | Compra escapes hechos. Mirar cuales se pueden adaptar a nuestras necesidades. |
| 27 | RETRASO EN PROVEEDORES DE MATERIAL PARA ESCAPE | M | M | Significativo | |
| 28 | INCUMPLIMIENTO EN LOS PLAZOS DE FABRICACIÓN DEL ESCAPE | M | A | Crítico | Compra escapes comerciales. |
| 29 | FABRICACIÓN DE ESCAPE DEFECTUOSA | B | A | Significativo | Compra escapes comerciales. |
| 30 | TRANSPORTE INADECUADO AFECTA AL ESCAPE | B | M | Bajo | |
| 31 | MATERIAL PARA TUBOS DE ADMISIÓN NO DISPONIBLE | B | M | Bajo | Detallar riesgo |
| 32 | MEDIOS DE FABRICACIÓN DE ESCAPE NO DISPONIBLE | B | M | Bajo | |

| | | | | | |
|----|-----------------------------------------------------------|---|---|---------------|----------------------------------------------|
| 33 | RETRASO EN PROVEEDOR DE MATERIAL PARA TUBOS DE ADMISIÓN | B | M | Bajo | Detallar riesgo |
| 34 | RETRASO EN FABRICANTE DE TUBOS DE ADMISIÓN | B | M | Bajo | Detallar riesgo |
| 35 | FABRICACIÓN DE LOS TUBOS DEFECTUOSA | B | M | Bajo | Detallar riesgo |
| 36 | TRANSPORTE INADECUADO AFECTA A LOS TUBOS | B | M | Bajo | Detallar riesgo |
| 37 | MATERIAL PARA PIECERÍO AUXILIAR NO DISPONIBLE | B | A | Significativo | Diseñar piezas que no se encuentren. Planos. |
| 38 | COMPRAS ERRÓNEAS | B | A | Significativo | Asegurarse al hacerlas. |
| 39 | RETRASOS EN LOS PROVEEDORES DE PIECERÍO | B | M | Bajo | Proveedores alternativos |
| 40 | MATERIAL PARA SUBCHASIS NO DISPONIBLE | B | A | Significativo | Preveer material alternativo |
| 41 | INCUMPLIMIENTO EN LOS PLAZOS DE FABRICACIÓN DEL SUBCHASIS | B | A | Significativo | Alternativos |
| 42 | FABRICACIÓN DEL SUBCHASIS DEFECTUOSA | B | A | Significativo | Fabricar varios |
| 43 | TRANSPORTE INADECUADO AFECTA AL PIECERÍO Y SUBCHASIS | B | M | Bajo | |

ACCIONES DE MITIGACIÓN: Señalad aquí los avances o acciones que hayáis reducido y que creáis que afectan a alguno de los riesgos de vuestro proyecto.

| Nº | Actuación |
|----|-----------|
|----|-----------|

6 PROVEEDORES DE MATERIAL Y FABRICANTES

Con el objetivo de llevar un control exhaustivo de todas las operaciones llevadas a cabo por el equipo a través de empresas externas durante todo el proceso de fabricación del prototipo, realizamos una base de datos en microsoft access con todas las empresas que nos facilitaban sus servicios. La base de datos incluía toda la información que necesitábamos, datos como el nombre y dirección de la empresa, contactos en ella, historial de pedidos... A continuación se mostrará los contactos más importantes que hemos tenido en cuenta para la fabricación de la motocicleta.

En primer lugar citaremos a la ferretería que ha hecho posible que podamos acondicionar completamente nuestro taller de trabajo.

FORMULARIO DE PROVEEDORES

Agregar nuevo registro Registro anterior Registro siguiente Buscar registro Imprimir registro

Id:

Empresa:

Dirección: Numero: Piso: Letra:

Localidad: Provincia: CP:

CIF:

Observaciones:

Contactos Historial Pedidos

Listado de Contactos

| Nombre | Apellido | Departamento | Cargo | Email | Movil |
|---------|----------|--------------|-------|-------|-----------|
| Joaquin | | | | | 619680431 |
| * | | | | | |

Posteriormente nombraremos a la empresa británica de materiales desde donde importamos los tubos de alta resistencia tanto para el chasis como para el basculante.

FORMULARIO DE PROVEEDORES

Agregar nuevo registro Registro anterior Registro siguiente Buscar registro Imprimir registro

Id:

Empresa:

Dirección: Numero: Piso: Letra:

Localidad: Provincia: CP:

CIF:

Observaciones:

Contactos Historial Pedidos

Listado de Contactos

| Nombre | Apellido | Departamento | Cargo | Email | Movil |
|--------|----------|--------------|-------|----------------------------------------------------------------------|-------|
| Peter | Jones | | | petejones@reynoldstech | |
| Keith | | | | keith@reynoldstechnolog | |
| Marian | Reid | | | | |
| * | | | | | |

A continuación citar a la empresa de corte a láser donde llevamos los tubos del chasis y del basculante a cortar.

FORMULARIO DE PROVEEDORES

Agregar nuevo registro Registro anterior Registro siguiente Buscar registro Imprimir registro

Id:

Empresa:

Dirección: Numero: Piso: Letra:

Localidad: Provincia: CP:

CIF:

Observaciones:

Contactos Historial Pedidos

Listado de Contactos

| Nombre | Apellido | Departamento | Cargo | Email | Movil |
|--------|------------------------|--------------|-------|-------|-------|
| Juan | San Adrián Extensión 2 | Tubo | | | |
| Unai | Extensión 1009 | Dibujo Tubos | | | |
| * | | | | | |

Uno de nuestros patrocinadores principales es la calderería navarra Imca donde llevamos a cabo el proceso de soldadura tanto del chasis como del basculante.

FORMULARIO DE PROVEEDORES

Agregar nuevo registro Registro anterior Registro siguiente Buscar registro Imprimir registro

Id:

Empresa:

Dirección: Numero: Piso: Letra:

Localidad: Provincia: CP:

CIF:

Observaciones:

Contactos Historial Pedidos

Listado de Contactos

| Nombre | Apellido | Departamento | Cargo | Email | Movil |
|--------|----------|----------------|-------|----------------------------------------------------------|-----------|
| Jokin | | jefe de taller | | jibarrola@imca.es | 608557659 |
| Oscar | Esparza | | | imca@imca.es | 696788782 |
| Igor | | | | | |
| * | | | | | |

Por último no podemos olvidarnos tampoco del taller Codi en el cual llevamos a cabo la mayor parte de los mecanizados de la motocicleta como por ejemplo el premecanizado de las pletinas tanto del chasis como del basculante, el mecanizado de la pipa de dirección, los postmecanizados del chasis y el basculante después de soldar...

FORMULARIO DE PROVEEDORES

Agregar nuevo registro Registro anterior Registro siguiente Buscar registro Imprimir registro

Id:

Empresa:

Dirección: Numero: Piso: Letra:

Localidad: Provincia: CP:

CIF:

Observaciones:

Contactos Historial Pedidos

Listado de Contactos

| Nombre | Apellido | Departamento | Cargo | Email | Movil |
|--------|----------|--------------|-------|-------|-----------|
| Jorge | Compayns | | | | 657922929 |

7 PROTOTIPADO RÁPIDO Y APLICACIONES

En los últimos años ha surgido una nueva familia de máquinas altamente innovadoras que permite, con tecnologías y materiales diferentes, obtener un prototipo de un modelo o de un molde, de manera precisa y rápida a partir del modelo sólido generado en el sistema CAD-3D.

Tales máquinas conocidas como máquinas de Prototipado Rápido, permiten obtener piezas físicas acabadas de modo automático, de cualquier forma y en dimensiones finales, con complejidad y detalles que no permitirían su obtención en máquinas convencionales, o que harían su ejecución larga y compleja en centros de fabricación con control CNC. De esta forma tales máquinas posibilitan una mayor velocidad y menor costo en la obtención de prototipos comparados con los procesos tradicionales de fabricación.

Más allá de esto, en ciertos casos estas técnicas permiten la obtención de matrices capaces de producir una cantidad limitada de piezas, ideal para el uso en la producción de lotes pilotos. Tal tecnología posibilita que las empresas puedan desarrollar productos más rápidamente (menor time to market) y con menor costo, y, principalmente con un incremento de calidad por medio de una mejor evaluación del proyecto. Lleva también una disminución de dudas y de riesgos.

- Prototipos de diseño: Sirven para evaluar aspectos estéticos y ergonómicos.
- Prototipos geométricos: Se usan para probar concordancia geométrica, la forma y los ensamblés.
- Prototipos funcionales: Muestran las características es una prueba del producto final.
- Prototipos técnicos: Se usan para evaluar todas las funciones de la pieza final.

7.1 Estereolitografía SLA

La **estereolitografía o SLA** permite realizar modelos de muy alta precisión, exactitud y nivel de detalle. Es una técnica que precisa de una estructura primaria de soporte del material (típicamente cera o plástico acrílico). Proporciona modelos con superficies lisas con alto detalle que se pueden pulir. Ideal para hacer muestras o maters de piezas.

Proporciona maquetas o modelos detallados no funcionales.



Máquina de estereolitografía modelando una llanta

7.2 Sinterización Láser

La técnica de sinterización láser consiste en la construcción por capas de una pieza a partir de una tomografía de un fichero CAD en formato STL. Se pueden emplear diversos materiales plásticos o metálicos (técnica SLM).

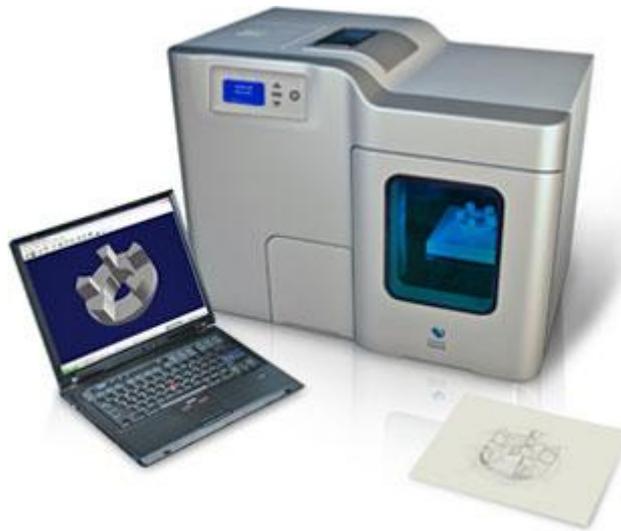
Las piezas obtenidas a partir de estos equipos son prototipos o piezas únicas plenamente funcionales con características muy similares a las piezas finales, lo que permite validar y optimizar diseños en tiempo record.

Son equipos indicados para aplicaciones tales como piezas para vehículos de competición, industria aeroespacial, satélites, UAV's, implantes, prótesis a medida, calzado deportivo de élite, etc.



Máquina de sinterización por láser en arena

La técnica de **impresión 3D** o **3D modelling**, permite realizar objetos en 3D directamente a partir de los diseños CAD. Los objetos son obtenidos en diversos materiales con gran precisión y exactitud, obteniéndose un alto detalle en los acabados. Es una técnica muy útil para presentación de diseños y prototipos no funcionales.



Impresora 3D

7.3 Aplicaciones en motociclismo

Las aplicaciones de este tipo de tecnologías en el mundo de los prototipos de competición es infinita ya que reduce considerablemente los tiempos y los costes de fabricación permitiendo probar diferentes piezas en muy poco tiempo. De este modo, podemos fabricar con rapid prototyped modelos diferentes que puedan ser probados en el prototipo desechando aquellos que no cumplen con las especificaciones requeridas y a continuación fabricar la pieza deseada una vez ha sido ya probada.

Por ejemplo, tengo que construir un airbox. Una forma rápida y precisa y “cara” de hacerlo es mediante prototipado rápido. Hoy en día existen diversos sistemas de prototipado rápido, para fabricar un airbox podemos utilizar una estereolitografía o mejor aún, una sinterización selectiva por láser: partiendo del dibujo en 3D de la pieza, generamos un archivo, se lo enviamos por email a un proveedor que disponga de una impresora 3D y en cuestión de horas podemos tener prototipos funcionales (fabricados con algún tipo de polímero, o en nylon, en policarbonato, o incluso en metal, dependiendo de la técnica empleada).

Partiendo de estas piezas se pueden sacar moldes y después construir un airbox en fibra de carbono. Las diversas técnicas de prototipado rápido son una solución cada vez más popular, que en los últimos años ha bajado mucho de precio. Las impresoras 3D también son bastante más asequibles que antes y de hecho cada vez es más habitual que muchas empresas compren sus propias impresoras para poder producir prototipos de sus diseños en un tiempo record.

Como este ejemplo hay muchos más tales como la fabricación en prototipado rápido del depósito de gasolina, del carenado y por ejemplo el sistema completo de control de motor tal y cómo llevó a cabo la empresa Driven y se muestra a continuación.

DRIVEN Prototipado Rápido

Driven: “Hicimos el prototipo de un sistema completo de control de motor ... en sólo 3 meses. En proyectos anteriores habíamos tardado por lo menos dos años y gastado más de \$500,000 para desarrollar sistemas ECU similares.”



Automotive Rapid Control Prototyping (RCP)

Para el caso de nuestro prototipo, que es el que nos ocupa, valoramos la opción de fabricar nuestro airbox en prototipado rápido como proceso de fabricación directamente pero finalmente decidimos comprar un airbox comercial y adaptarlo a nuestra motocicleta. Igualmente ocurrió con el depósito de gasolina de forma que finalmente no incluimos este tipo de tecnología tan novedosa en nuestro proceso de fabricación. Cada pieza de la moto era dibujada en Catia y se ensamblaba en la maqueta 3D de la motocicleta de forma que si encajaba la fabricabamos directamente. Ese fue nuestro modo de proceder.

8 ACONDICIONAMIENTO DEL TALLER DE TRABAJO

La Universidad nos facilita disponer de un taller en el Área de Transporte. En un principio el taller está diáfano. Únicamente cuenta con tomas de luz, calefacción, un grifo de agua, una toma para el compresor sin pistola y alguna mesa cedida por la universidad que en ningún caso puede servir como mesa de trabajo debido a la baja altura de la misma.

Inicialmente el taller está cedido como lugar de trabajo de un estudiante del doctorado que está haciendo unos desarrollos para el motor de hidrógeno. En principio no hay problema en compartir el taller dado que consideramos que hay espacio suficiente para ambos proyectos. Además constatamos que tanto los procesos que lleva a cabo el aspirante a doctor como los que vamos a efectuar nosotros (alguna soldadura de perfiles, pintura, taladrado, limado, amolados...) no tienen porqué interferir unos en los otros de ninguna manera. De ahí que mientras lo consideremos oportuno se compatibilizarán ambos proyectos en el mismo espacio de trabajo.

En un primer momento lo que hicimos fue detectar las necesidades de materiales, herramientas, infraestructura etc que veíamos para conseguir llevar a cabo el montaje de la motocicleta. Para este cometido lo que hicimos es llevar a cabo una visita al taller del instituto Donapea, donde nuestro amigo y colaborador Jose Antonio Baeza estuvo aleccionándonos sobre cosas básicas a disponer en un taller. Básicamente debe de tener:

- Mesa de trabajo. Tiene que tener una altura que permita trabajar de pie de manera cómoda, sin forzar la espalda ni el cuello. Si puede ser de metal la mesa mejor que de tableros de madera ya que en la madera los golpes al final hacen grietas y al trabajar con líquidos se pueden filtrar y acaban destrozando la mesa. Otra opción es utilizar un tablero de madera con un recubrimiento, con un plástico especial por ejemplo que haga que los líquidos no se filtren en la madera.
- Estanterías. Para guardar piezas fabricadas, maquinaria y cosas del estilo.
- Paneles perforados. Para colgar herramientas (martillos, destornilladores...) en las paredes del taller.
- Consumibles (jabón, papel, escoba, recogedor, guantes...).
- Bancada metálica para montar la motocicleta.
- Caballetes para fijar la motocicleta.

Una vez identificadas las necesidades básicas para el taller, el siguiente cometido en el que nos adentramos fue la búsqueda de empresas que nos suministraran el material para el taller a cambio de publicidad. Como la Universidad tiene cuenta

abierta con la ferretería Irigaray fuimos directamente a hablar con ellos. Rápidamente se llegó a un acuerdo por el cual la ferretería Irigaray se convertía en nuevo patrocinador del equipo y nos aportaban todo el material requerido para montar un taller en condiciones.

Nos dejaron un catálogo general con la infinidad de productos de que disponen y a continuación se mostrará el estudio que se hizo para detectar los artículos que precisábamos para el taller.

Para ello establecimos 4 prioridades a la hora de catalogar los artículos que encontrábamos:

1. Prioridad 1: Artículos indispensables para montar el taller
2. Prioridad 2: Artículos para el montaje de la motocicleta.
3. Prioridad 3: Artículos específico
4. Prioridad 4: Artículos de catálogo desechados (escasa utilidad, precio...)

De esta forma dividíamos los artículos en tres pedidos diferentes, primeramente pediríamos los artículos con prioridad 1, a continuación los de prioridad 2 y por último efectuaríamos el pedido de los de prioridad 3.

| Capítulo | Categoría | Ref Catalogo | Nº | Pág | Prioridad 1/2/3 |
|-----------------|-----------------------------------------------|--------------|----|-----|-----------------|
| HTA DE CORTE | Juego de brocas | 1012662 | 1 | 48 | 1 |
| HTA ELECTROPORT | Taladro con percusión | 2010010 | 1 | 152 | 1 |
| HTA ELECTROPORT | Amoladora | 2010070 | 1 | 156 | 1 |
| MAQ.AUXILIAR | Electro-esmeriladora con soporte | 3070001 | 1 | 196 | 1 |
| HTA DE MANO | Juego de llaves de 2 bocas | 6010050 | 1 | 310 | 1 |
| HTA DE MANO | Juego de llaves de estrella acodadas | 6010278 | 1 | 315 | 1 |
| HTA DE MANO | Juego de llaves allens | 6010546 | 1 | 322 | 1 |
| HTA DE MANO | Juego de vasos hexagonal con puntas. | 6020063 | 1 | 326 | 1 |
| HTA DE MANO | Llave Dinamométrica de disparo (FACOM) | 6040002 | 1 | 345 | 1 |
| HTA DE MANO | Juego destornilladores planos y Philips(cruz) | | 1 | 349 | 1 |
| HTA DE MANO | Alicate universal plano | 6060001 | 1 | 354 | 1 |
| HTA DE MANO | Alicate cortante diagonal | 6060015 | 1 | 355 | 1 |
| HTA DE MANO | Alicate de manipulación boca plana | 6060027 | 1 | 357 | 1 |
| HTA DE MANO | Tenacillas de abertura múltiple de cremallera | 6070009 | 1 | 362 | 1 |
| HTA DE MANO | Tenazas Grip de bocas curvas | 6070018 | 1 | 363 | 1 |
| HTA DE MANO | Lima | 6080105 | 1 | 366 | 1 |

| | | | | | |
|-----------------------|------------------------------------|----------|---|-----|---|
| HTA DE MANO | Martillo uso industrial | 6090027 | 1 | 367 | 1 |
| HTA DE MANO | Martillo de goma | 6090041 | 1 | 368 | 1 |
| HTA DE MANO | Cortafíos (cincel) | 6100079 | 1 | 370 | 1 |
| HTA DE MANO | Granete | 6100017 | 1 | 372 | 1 |
| HTA DE MANO | Botador cilindrico octogonal | 6100045 | 1 | 373 | 1 |
| HTA DE MANO | Tornillos de banco de taller | 6130003 | 1 | 378 | 1 |
| HTA DE MANO | Aprietes de émbolo (sargentos) | 6140004 | 8 | 379 | 1 |
| HTA DE MANO | Tijeras | 6170001 | 1 | 381 | 1 |
| HTA DE MANO | Cutter | 6180002 | 1 | 382 | 1 |
| HTA DE MANO | Arco de sierra 170 | 6230042 | 1 | 400 | 1 |
| ABRASIVOS | Discos de corte para la rotaflex | | 1 | 416 | 1 |
| ABRASIVOS | Discos de debaste para la rotaflex | | 4 | 420 | 1 |
| SOLDADURA | Maquina para soldar | | 1 | 462 | 1 |
| METROLOGÍA | Calibre digital | 10010007 | 1 | 520 | 1 |
| METROLOGÍA | Regla | 10010066 | 1 | 525 | 1 |
| METROLOGÍA | Transportador de angulos | 10010087 | 1 | 526 | 1 |
| METROLOGÍA | Patrón de roscas | 10010130 | 1 | 530 | 1 |
| METROLOGÍA | Flexómetro | 10060001 | 2 | 536 | 1 |
| CONSTR. ELECTRIC | Alargadera con protección térmica | 11020031 | 1 | 563 | 1 |
| CONSTR. ELECTRIC | Polímetro | 11020041 | 1 | 563 | 1 |
| TORNILLERIA | Tornillería | | | 642 | 1 |
| REMACHES | Remachadora manual | | 1 | 670 | 1 |
| ADHESIVOS | Adhesivo uso general | 15010002 | 1 | 702 | 1 |
| ADHESIVOS | Multi-Usa Spray | 15050021 | 1 | 715 | 1 |
| ADHESIVOS | Cinta americana | 15120061 | 1 | 736 | 1 |
| PROTECCIÓN LABORAL | Gafas panorámicas | 20020033 | 1 | 855 | 1 |
| PROTECCIÓN LABORAL | Pantalla facial | 20030001 | 1 | 858 | 1 |
| PROTEC. LABORAL | Pantalla soldar | 20030023 | 1 | 860 | 1 |
| PROTECCIÓN LABORAL | Guantes de nylon | 20040004 | 1 | 861 | 1 |
| PROTECCIÓN LABORAL | Caja de guantes de latex | 20040017 | 1 | 864 | 1 |
| LIMPIEZA INDUSTRIAL | Gel limpieza | 21060001 | 1 | 895 | 1 |
| LIMPIEZA INDUSTRIAL | Celulosa | | 1 | 896 | 1 |
| LIMPIEZA INDUSTRIAL | Escoba | 21070001 | 1 | 897 | 1 |
| LIMPIEZA INDUSTRIAL | Mango para escoba | 21070007 | 1 | 897 | 1 |
| MOBILIARIO INDUSTRIAL | Paneles perforados | 22020002 | 1 | 902 | 1 |
| MOBILIARIO INDUSTRIAL | Cajones de plastico con soporte | 22020028 | 1 | 905 | 1 |
| MOBILIARIO INDUSTRIAL | Perfiles Simonclassic | 22050002 | 4 | 911 | 1 |
| MOBILIARIO INDUSTRIAL | Bandejas simonclassic | 22050017 | 5 | 912 | 1 |
| HTA DE MANO | Llave de perro | | 1 | | 1 |

| | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------------------|----------|---|-----|---|
| HTA DE MANO | Linterna de mano | | 1 | | 1 |
| HTA DE MANO | Llaves de gancho articulada | | 1 | 318 | 2 |
| HTA DE MANO | Alicates exteriores punta recta (D 10-25mm) | 6060035 | 1 | 358 | 2 |
| HTA DE MANO | Alicates exteriores punta curva (D 19-60mm) | 6060046 | 1 | 358 | 2 |
| HTA DE MANO | Alicates interiores punta recta (D 12-25mm) | 6060055 | 1 | 359 | 2 |
| HTA DE MANO | Alicates interiores punta curva (D 12-25mm) | 6060065 | 1 | 359 | 2 |
| METROLOGÍA | Juego de calibres para inyectores | 10010135 | 1 | 530 | 2 |
| NEUMÁTICA | Pistola de soplar Classic S1 | 18010001 | 1 | 814 | 2 |
| NEUMÁTICA | Pistola de inflar | 18040199 | 1 | 823 | 2 |
| NEUMÁTICA | Mangueras de aire + racores necesarios | | 1 | | 2 |
| HTA DE MANO | Acoplador para carraca | | 1 | | 2 |
| HTAS DE CORTE | Estuches metálicos para hacer roscas | 1030382 | 1 | 68 | 3 |
| MAQ.AUXILIAR | Soporte fijo para Taladro | 3030002 | 1 | 188 | 3 |
| TROQUELERÍA | Casquillos y ejes | | | 304 | 3 |
| HTA DE MANO | Vaso Torx de medida concreta | 6020067 | 1 | 326 | 3 |
| HTA DE MANO | Juego de extractores | 6110089 | 1 | 376 | 3 |
| ADHESIVOS | Fijación de roscas resistencia media | 15020003 | 1 | 710 | 3 |
| HTAS DE CORTE | Extractores clásicos de tornillos | 1031206 | 1 | 83 | 4 |
| HTA DE CORTE | Fresas para taladro | 1041965 | 1 | 107 | 4 |
| HTA DE MANO | Juego de llaves combinadas | 6010152 | | 311 | 4 |
| HTA DE MANO | Juego de llaves de tubo de dos bocas | 6010340 | | 317 | 4 |
| HTA DE MANO | Moleta central | 6010455 | 1 | 320 | 4 |
| HTA DE MANO | Destornillador dinamométrico | | | 347 | 4 |
| HTA DE MANO | Juego de puntas y destornilladores a golpe | 6050197 | | 353 | 4 |
| HTA DE MANO | Alicate universal con capilla | 6060006 | | 354 | 4 |
| HTA DE MANO | Alicate cortante frontal | 6060013 | | 355 | 4 |
| HTA DE MANO | Alicate de manipulación boca redonda | 6060029 | | 357 | 4 |
| HTA DE MANO | Tenazas Grip de bocas rectas | 6070025 | | 363 | 4 |
| HTA DE MANO | Cortafíos planos forjados | 6100006 | | 371 | 4 |
| HTA DE MANO | Botador conico | 6100026 | | 372 | 4 |
| HTA DE MANO | Juego de sacabocados | 6100066 | 1 | 373 | 4 |
| HTA DE MANO | Tenazas de canal 522 | 6230017 | | 397 | 4 |
| ELEVACIÓN Y TRANSPORTES | Plataforma y carros | 9120023 | | 507 | 4 |
| METROLOGÍA | Escuadra | 10010039 | 1 | 524 | 4 |
| METROLOGÍA | Cartabon | 10010078 | 1 | 526 | 4 |

| | | | | | |
|-----------------------|----------------------------------|----------|---|-----|---|
| METROLOGÍA | Compases | 10010093 | 1 | 527 | 4 |
| PRODUCTOS QUIMICOS | Tratamientos anticorrosivos 3-36 | 15060001 | | 720 | 4 |
| PROTECCIÓN LABORAL | Calzado | 20050010 | | 867 | 4 |
| MOBILIARIO INDUSTRIAL | Banco de trabajo | 22010009 | 1 | 900 | 4 |

Hicimos por tanto el primer pedido el cuál llevamos al taller gracias a una camioneta que conseguimos que nos prestaran.



Material cedido por Irigaray en la primera remesa

No habíamos decidido qué hacer con la herramienta de mano así que primeramente guardamos la mayor parte en unos cajones que nos cedió la Universidad tal y como se observa en la fotografía siguiente. Posteriormente decidimos colocar unos paneles perforados en las paredes con toda la herramienta colgada para tener todo más a mano.



Armario de cajones de taller cedido por Talleres de la Universidad

Decidimos que íbamos a fabricar tanto la mesa de trabajo como el banco de montaje de la moto, y que no los íbamos a comprar directamente de modo que, junto a la estantería, eran las tres cosas que teníamos que montar.

Este es básicamente el espacio que disponemos en el taller de ahí que tengamos que diseñar un pequeño Lay-out de cómo colocar cada cosa de acuerdo a la utilización que vamos a darle, facilitando un uso eficiente con el mínimo esfuerzo y optimizando el espacio disponible.



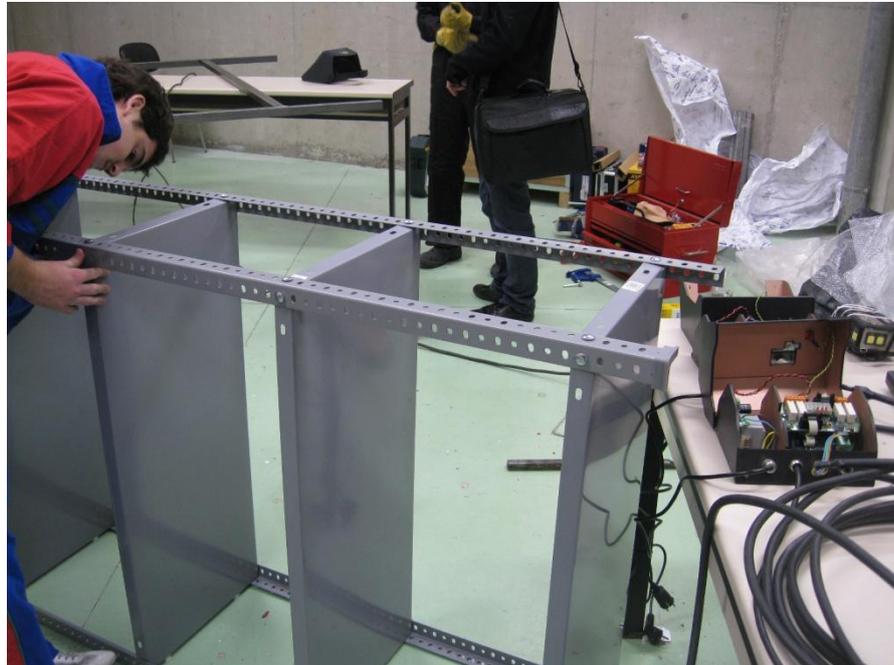
Espacio de taller disponible para la fabricación y el montaje del prototipo

El taller estaba totalmente diáfano cuando nos fue cedido. La disposición la elegimos pensando siempre en que, en torno a todo girara el banco para montar la moto y en que los paneles de herramientas estuvieran lo más cerca posible tanto del banco como de la mesa de trabajo. De esta forma elegimos el lay-out que se observa a continuación.



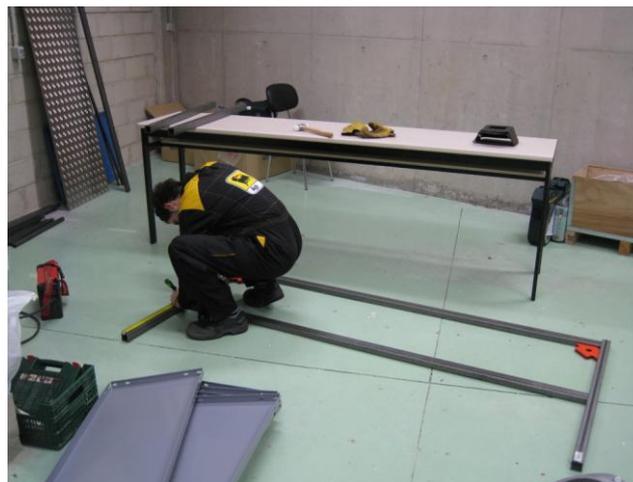
Diseño aproximado del Lay-Out del taller en CAD

Teniendo en cuenta dónde iba a ir cada cosa comenzamos el montaje paralelamente de la mesa de trabajo y de la estantería. La estantería es muy sencilla de montar ya que simplemente consiste en colocar los paneles dentro de los perfiles a través de los tornillos incluidos.



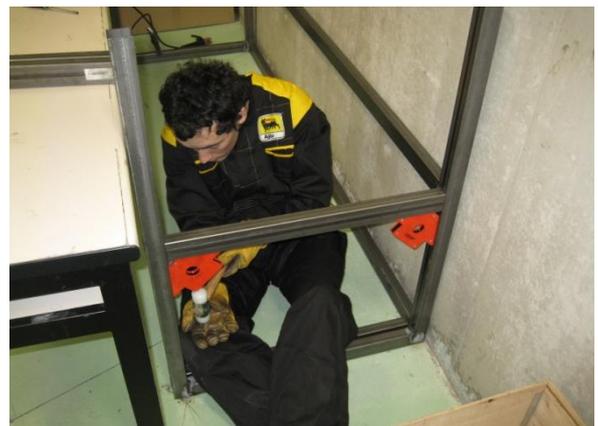
Montando la estantería plegable

La fabricación de la mesa de trabajo tenía bastante más “miga”. Con las medidas que teníamos fuimos colocando los perfiles en las posiciones indicadas ayudándonos de las escuadras magnéticas de las que disponíamos.



Preproceso de montaje de la mesa de trabajo

A continuación era cuestión simplemente de ir poco a poco soldando los perfiles correspondientes.



Soldadura de la mesa de trabajo

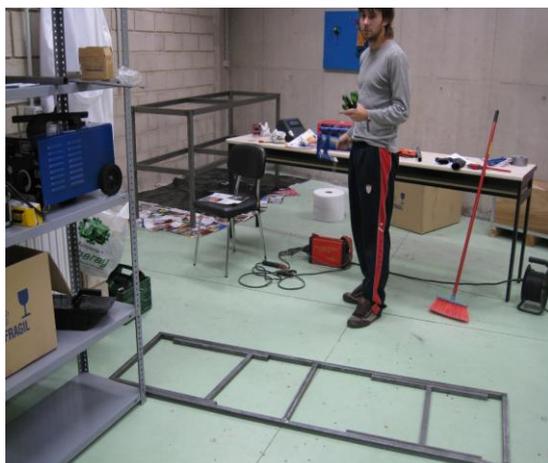


Con la mesa de trabajo ya montada era cuestión de pintarla. Mientras tanto se iban colocando los paneles perforados para colgar la herramienta de mano en la pared.



Pintando la mesa y colocando los paneles perforados para las herramientas

Por otra parte era turno de comenzar el montaje del banco para montar el prototipo, procediendo de igual manera que con la mesa de trabajo.



Montando el banco de la moto

Finalmente y después de un arduo trabajo, el taller quedó de la manera siguiente:



Aspecto final del taller de trabajo

9 MEDIOS DE FABRICACIÓN DEL CHASIS

9.1 INTRODUCCIÓN

Cada vez son más populares los chasis contruidos en aluminio, especialmente los de doble viga. Las técnicas para producir este tipo de chasis requieren mucha habilidad y por lo tanto no son recomendables para un constructor amateur, así que no vamos a abarcar este tipo de construcción.

Las técnicas que se usan en producciones en serie pueden diferir considerablemente de las que se describen aquí, ya que un gran fabricante invierte mucho más dinero en el proceso de automatización.

Las diferencias existen en procesos tales como la soldadura, el trabajo con tubos (curvado y ajuste de los extremos), anclajes, estampado de chapa y construcción de potros. El dinero invertido en útiles de producción debe guardar un equilibrio con relación al tiempo que implica la utilización de unos medios más económicos, y la decisión final depende del número de chasis similares que tengamos que producir. Para un número reducido de unidades (como es el caso que nos ocupa) normalmente estaremos restringidos a utilizar los siguientes métodos y materiales.

-Soldadura de tubo de acero o aluminio.

-Soldadura de acero, aluminio o acero inoxidable, para construir chasis de espina central, monocascos o chasis de doble viga.

-Chasis de espina central remachados o de fundición de aluminio. Fabricar este tipo de chasis resulta complicado y no es viable hacerlo sin contar con un taller bien equipado, por lo que no lo vamos a estudiar.

9.2 SOLDADURA

El término soldadura abarca una gran gama de conocimientos. Nos suele hacer falta soldar algo porque se nos ha roto una pieza, o bien pensamos que debemos reforzar alguna pieza para que no se rompa. Una de las cuestiones más difíciles es decidir qué tipo de soldadura debemos utilizar, entre las muchas que existen. Disponemos de dos métodos básicos (eléctrica y de gas) cada una de las cuales está subdividida en varios tipos, que vamos a describir, cada uno con sus pros y sus contras.

9.2.1 SOLDADURA ELECTRICA

SOLDADURA POR ARCO (electrodos revestidos).

Casi todos los talleres de soldadura utilizan este proceso. El electrodo tiene un recubrimiento que hace que el material de aportación no entre en contacto con el aire para que no se pueda oxidar. En la soldadura por arco se utiliza una fuente de energía eléctrica para producir energía térmica por medio de un arco voltaico que salta entre la pieza de trabajo y el electrodo nada más entrar en contacto. El electrodo está hecho de un material parecido al de la pieza (electrodo de cerio y pieza de acero) y al saltar el arco empieza a transferirse material del electrodo a la pieza formándose el cordón de soldadura. La pieza misma también se funde, y así se forma una soldadura por fusión. También se pueden hacer soldaduras por arco sin fusión de la pieza, pero es mucho menos corriente.



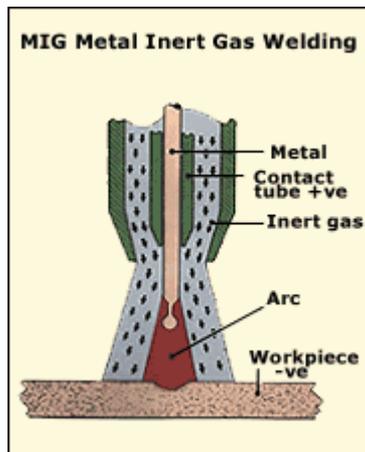
Soldadura por arco (electrodos revestidos) sin gas de recubrimiento

El calentamiento local de la zona de soldadura es muy elevado, por la gran cantidad de energía que se utiliza. Por lo tanto, se suelen producir concentraciones locales de esfuerzos en las zonas de las piezas que han sido soldadas por arco. Este problema no suele ser grave en piezas de sección gruesa, pero puede presentarse en las delgadas. Esta es, probablemente, la técnica menos adecuada para la construcción de chasis, aunque se pueden conseguir resultados satisfactorios utilizando tubos que tengan una pared relativamente gruesa, de unos 2 mm o más.

SOLDADURA POR ARCO CUBIERTO (MIG, MAG).

A menudo llamada también soldadura con CO₂ es seguramente la técnica de soldadura más corriente hoy día. Se utiliza un electrodo metálico consumible, cargado eléctricamente y que se dirige a la zona de soldadura a través de una pistola que también envía un recubrimiento de gas que rodea toda la zona de soldadura. El material de aportación queda por tanto recubierto por un flujo de gas cuyo propósito es prevenir la oxidación de la soldadura cuando está caliente evitando que entre en contacto con el aire.

El gas de recubrimiento que se utilice nos indicará el nombre correcto del proceso. Cuando se utiliza un gas inerte (por ejemplo helio o argón), el proceso se llama MIG. Pero cuando el gas de cobertura es activo en el sentido químico de la palabra, el proceso se llama MAG (metal y gas activo). La elección del gas de cobertura dependerá de las características de reacción del metal que se está soldando. El níquel, el cromo y el aluminio requieren un gas inerte para su soldadura. Pero el acero se puede soldar con un gas compuesto, como el CO_2 , o con un gas patentado como el Argoshield. Cuando el CO_2 de cobertura alcanza temperaturas elevadas en la zona de soldadura, se descompone produciendo monóxido de carbono y oxígeno libre y activo. Incluso cuando el gas de cobertura se descompone mientras la soldadura sigue fundida, evita el deterioro de la soldadura por el ataque de los gases que están presentes fuera de la zona de cobertura (nitrógeno y vapor de agua son los más comunes). El sistema que se utiliza para evitar los problemas de contaminación que se pudieran presentar por tener oxígeno activo libre en la zona de soldadura es añadir al electrodo de soldadura elementos que tienen una afinidad natural con el oxígeno activo. El silicio, el aluminio y el manganeso son los aditivos más corrientes. También se añaden titanio y circonio.



Esquema MIG



Equipo industrial de soldadura MIG

Prácticamente todos los chasis de tubo de acero soldado que se producen hoy en día se sueldan con este método, que es fácilmente automatizable. De todas formas esto no quiere decir que no sea adecuado para un uso manual en pequeñas producciones y prototipos. Aunque se asocia al tubo de acero, también se puede usar para soldar aluminio y acero inoxidable. Los bastidores de aluminio hechos a la medida se sueldan

con una cobertura de gas inerte (argón), y los de acero normalmente con cobertura de Argoshield. Para modificar o reparar alguna de estas piezas, lo normal sería utilizar una cobertura MAG de Argoshield o de CO₂ para los bastidores de acero.

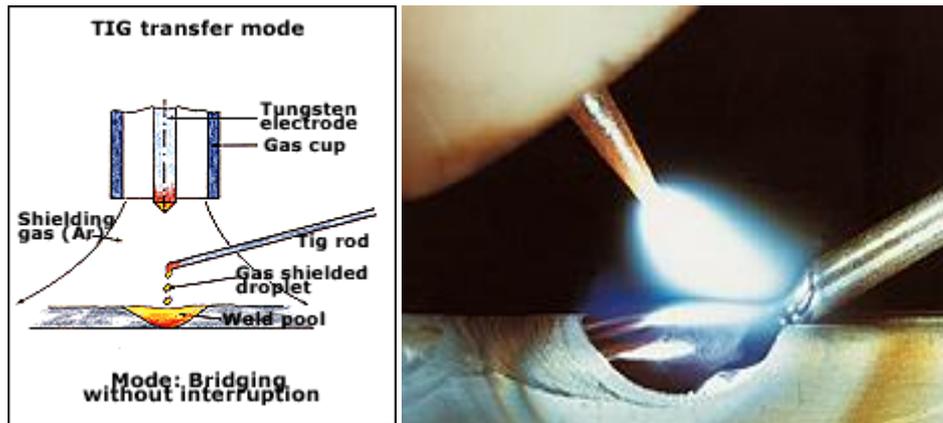
Las ventajas de este método incluyen:

- Exige menos habilidad para producir soldaduras eficientes que el proceso de arco manual.
- Velocidad, que no sólo reduce el coste de mano de obra, también reduce la distorsión, ya que el calor total que se aporta es relativamente pequeño.
- Soldaduras limpias, no existe ninguna escoria que haya que limpiar ni que adultere las soldaduras.
- El relleno de ranuras y huecos es bueno, por lo que no hace falta dedicar mucho tiempo a la preparación de la zona a soldar.
- Permite utilizar toda una gama de corrientes para un diámetro dado de varilla de electrodo debido a que existe una relación lineal entre la razón a la que se aporta metal de la varilla a la soldadura y la corriente que se precisa para la fusión, llamada razón de quemado.

SOLDADURA POR ARCO CON COBERTURA DE ARGÓN (TIG).

Este proceso, también llamado soldadura por arco en atmósfera de argón o soldadura de tungsteno con gas inerte tiene cierto parecido con la soldadura oxiacetilénica, en la medida en que su arco se utiliza únicamente como fuente de calor para fundir las partes que se sueldan, y el material de aportación se suministra a mano. Básicamente sería la versión eléctrica y limpia del soplete oxiacetilénico. Al igual que en el sistema MIG, una capa de gas protector mantiene alejado el aire, sin embargo en este caso prácticamente todo el gas es argón puro (en EEUU se utiliza helio).

En esencia, se coloca un electrodo de tungsteno no consumible ante un soplete que proporciona una cobertura de gas inerte que rodea la zona de soldadura. Se conectan la pieza a soldar y el electrodo a sendos bornes de un generador de soldadura de alta frecuencia, y se puede hacer saltar un arco que, protegido por una atmósfera de gas inerte, puede llegar a fundir prácticamente cualquier metal. En el arco se alcanzan temperaturas de 3000° C. El tungsteno (también llamado wolframio) es un metal que se funde a los 3410° C; por lo tanto el electrodo es prácticamente inconsumible. Se puede fundir ligeramente el electrodo sobre todo si se está soldando incorrectamente, pero normalmente el proceso de soldadura se parece mucho a la soldadura con cobertura de gas, en la que se funde con el arco una varilla de metal de aportación.



Esquema básico TIG

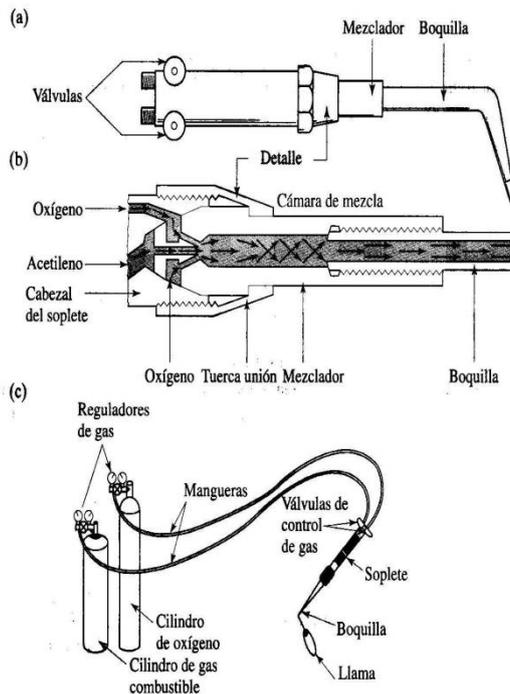
Proceso de soldadura TIG

Este sistema puede producir soldaduras de mayor calidad metalúrgica que el resto de métodos descritos. En manos experimentadas resulta muy versátil, dado que se puede utilizar para soldar acero, acero inoxidable, aluminio, titanio e incluso el inflamable magnesio. Dado que este proceso es más lento que la soldadura MIG, la distorsión puede ser mayor, sin embargo se pueden conseguir cordones extremadamente limpios y cóncavos, de forma que se reducen las concentraciones de tensiones. Es adecuado para tubos de cualquier espesor y resulta excelente para trabajos con chapa, como depósitos de combustible, tubos de escape para motores de 2 tiempos, y para fabricar chasis de espina central en acero inoxidable o aluminio. Debido a que los resultados pueden llegar a ser de una gran calidad, este método se usa ampliamente en la industria aeronáutica. Desafortunadamente el elevado coste de estos equipos limita su uso sólo a aquellas personas que tengan que sacar adelante una gran cantidad de trabajo.

9.2.2 SOLDADURA DE GAS (habitualmente Oxígeno y Acetileno)

SOLDADURA POR FUSIÓN.

En este caso la llama se usa para fundir el metal de las piezas a soldar, mientras que el material de aportación, de composición similar, se aporta a mano, al igual que con el sistema TIG. Este tipo de soldadura no se suele usar para construir chasis, pero es muy popular en la construcción de depósitos de combustible (tanto en acero como en aluminio) y tubos de escape, especialmente para motores de 2 tiempos como es el caso que nos ocupa. La calidad de la soldadura es inferior a la que se obtiene mediante TIG, pero la inversión inicial es pequeña. Una posible ventaja sobre el TIG es que el calor se reparte más y eso permite un enfriamiento más suave de la zona de soldadura.



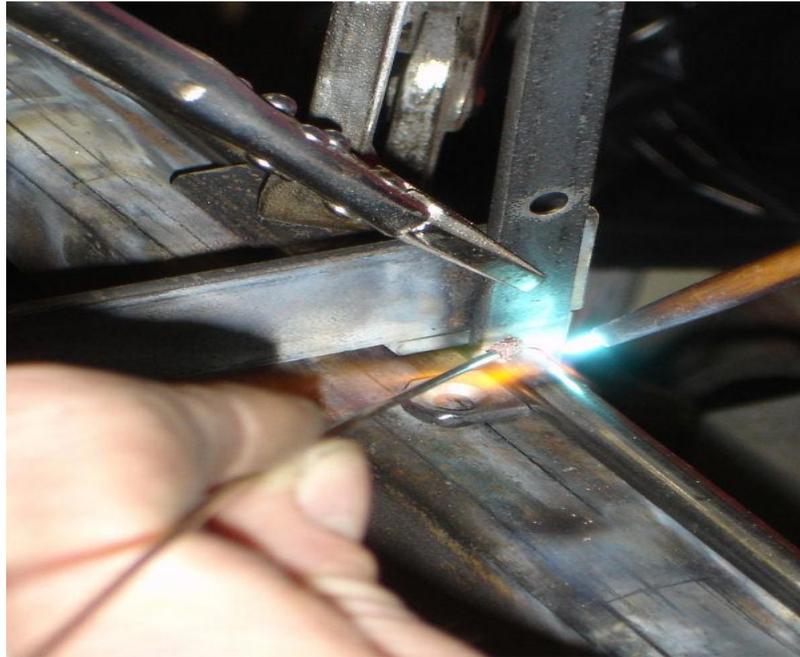
Equipo para soldadura de fusión

Ejemplo de Soldadura por fusión

SOLDADURA CON BRONCE.

Probablemente este ha sido el método más utilizado en la construcción artesanal de chasis, y todavía sigue siendo utilizado por muchos constructores profesionales de chasis que prefieren este método a los sistemas eléctricos. Resulta adecuado en estructuras tubulares de acero, donde una de sus principales ventajas proviene de las bajas temperaturas que se alcanzan. En todos los métodos de soldadura, el calor reduce la resistencia del metal de las piezas que estamos soldando en las zonas cercanas a la soldadura, especialmente en el caso de algunos aceros de elevada resistencia y aleaciones de aluminio. En algunas aplicaciones, se puede volver a conseguir toda la resistencia mediante el consiguiente tratamiento térmico, pero esto resulta de difícil aplicación en un chasis de motocicleta y aún así seguiría existiendo distorsión en cualquier caso.

Sin embargo en la soldadura con bronce, el material de las piezas a soldar se calienta a una temperatura a una temperatura que está muy por debajo de su punto de fusión, aunque es suficiente para fundir el material de aportación (bronce). Así el metal de las piezas a soldar mantiene casi toda su resistencia original, lo que es una de las ventajas principales de este sistema.



Ejemplo de soldadura con bronce

Existen varios tipos diferentes de bronce, con distintas resistencias y diferentes puntos de fusión, para cubrir diversas aplicaciones. Teniendo cuidado, el cordón puede quedar cóncavo y amplio, de forma que se consigue un cambio de sección suave y una concentración de tensiones mínima. Por todas estas razones, Reynolds, el fabricante de aleaciones de acero de alta resistencia del cual hemos importado nuestros tubos para el chasis, recomienda ampliamente este tipo de soldadura, especialmente para soldar tubos de pared fina.

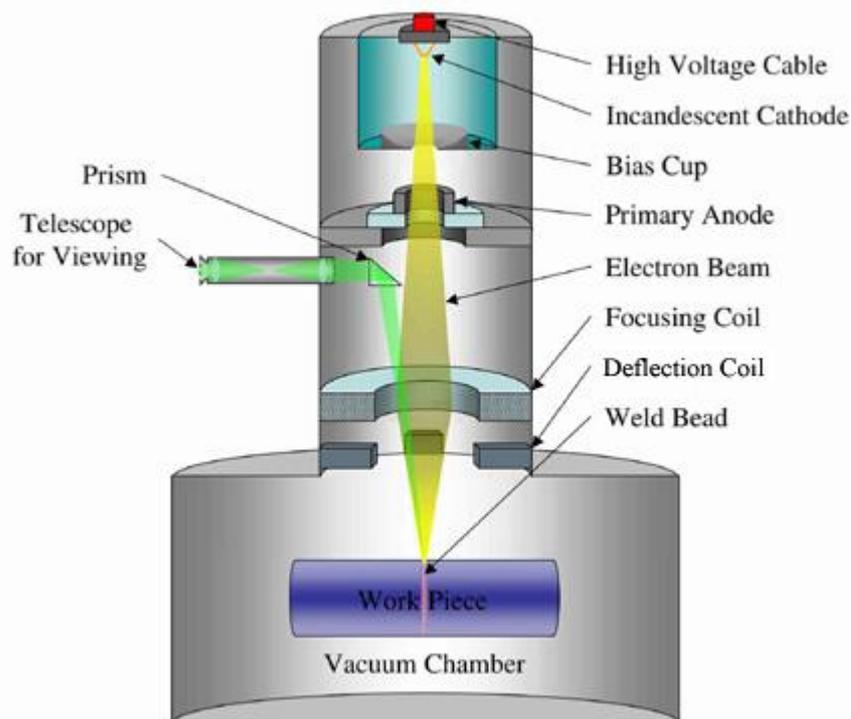
Aunque para un soldador inexperto resulta fácil hacer una unión mediante este método, se necesita una habilidad considerable para realizar un trabajo de calidad. La temperatura resulta crítica. Si es demasiado baja, la adhesión es pobre y la unión queda débil. Si es demasiado elevada, se pueden evaporar algunos elementos del bronce, y el material de aportación puede penetrar de forma profunda en la estructura granular de la pieza a soldar, quedando una unión débil y frágil.

Aunque se han soldado muchos chasis de motos empleando este método, la posibilidad de que las soldaduras puedan quedar frágiles ha hecho que este tipo de soldadura no haya sido aprobado para soldar la estructura primaria de los aviones. Si construimos un chasis empleando este método, resulta absolutamente esencial no aplicar ninguna carga en la unión hasta que se haya enfriado completamente, de otro modo tendría lugar una penetración intergranular y la consiguiente rotura sería casi inevitable.

9.2.3 OTROS PROCESOS

Existen muchas otras técnicas de soldadura que tienen grandes ventajas, pero que exigen instalaciones costosísimas. Sin embargo se suelen utilizar mucho en los procesos de fabricación.

Por ejemplo está la soldadura por haz de electrones (EBW) que es una técnica de producción interesantísima. En ella se utiliza un cátodo de tungsteno recalentado como fuente de energía térmica muy concentrada, y se dirige un chorro de electrones del cátodo hacia la junta que se suelda. Se utilizan voltajes de hasta 150 kV para acelerar el haz de electrones. De esta forma se pueden soldar secciones muy delgadas (0,1 mm) y muy anchas (200 mm) de una sola pasada, con una zona de soldadura muy estrecha. El proceso siempre se realiza en una cámara de vacío. Normalmente, las piezas que se sueldan por el proceso EBW ya están totalmente acabadas, tratadas en caliente y terminadas a todos los efectos antes de la soldadura. Por ejemplo, se puede acabar a máquina el piñón de un cigüeñal y luego soldarlo en vez de tener que sujetarlos con un empalme.

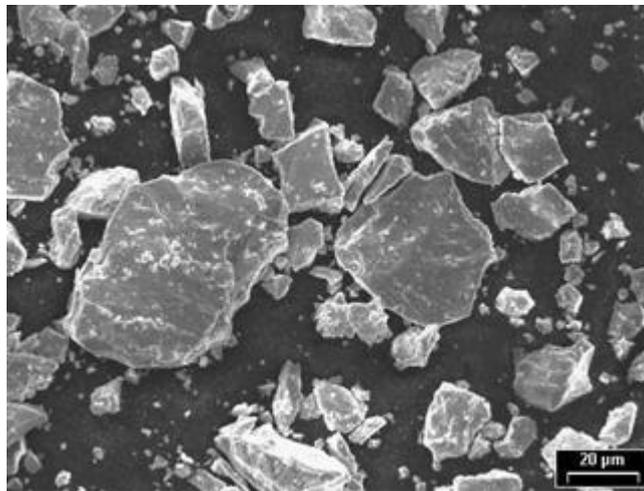


Otros procesos especializados, como el arco metálico de gas-plasma, la soldadura explosiva, la soldadura por fricción, por resistencia, por proyección y de puntos por corriente pulsatoria tienen sus ventajas respectivas, pero en realidad no son prácticos como procesos para hacer modificaciones o reparaciones.

10 MATERIALES

Los metales están compuestos de “granos” individuales muy pequeños. En función de una serie de factores, el tamaño de los granos se puede alterar, y cuanto menores sean estos granos, más resistente será la pieza. Salta a la vista que es importante tener en cuenta el efecto que puede causar el calentamiento inevitable que se produce en la soldadura.

Es posible reforzar algunos materiales con la adición de ciertos elementos intermetálicos dentro del metal y reforzarlos formando una estructura de granos más finos que la que se aprecia en un trozo equivalente, no aleado, del mismo metal.



Vista al microscopio de un compuesto intermetálico dentro de un metal

Por razones prácticas o de coste, algunos metales no están aleados y por tanto las piezas que se hacen con estos metales tienen que cobrar resistencia con otros factores. Por ejemplo, es posible mejorar la resistencia de las piezas de acero con un tratamiento al calor para lo cual tiene que existir en el acero una proporción exacta de carbono. Calentando el acero a una temperatura elevada y determinada y enfriándolo a una velocidad controlada, es posible alterar significativamente su resistencia, su dureza y su tamaño de grano. Por supuesto, toda soldadura que se aplicase a tal pieza afectaría a los resultados del tratamiento al calor.

El aluminio es otro material tratable al calor, siempre que contenga ciertos materiales de aleación como el cobre, el magnesio y el aluminio. Es posible que se precipiten compuestos intermetálicos duros y resistentes en el aluminio con un proceso determinado de calentamiento y enfriamiento. La estructura granular también se puede

refinar y endurecer por este tratamiento. Toda soldadura tendrá que tener en cuenta el tratamiento al calor del material.

Cuando los materiales no van a sufrir un tratamiento al calor para mejorar su resistencia, es muy posible conseguir el mismo efecto deformando mecánicamente el metal para afinar los granos y conseguir, por tanto, materiales más resistentes. Así, una pieza de acero dulce no tratable al calor se puede reforzar mucho deformándola en frío de modo que consiga una resistencia y una rigidez notables.

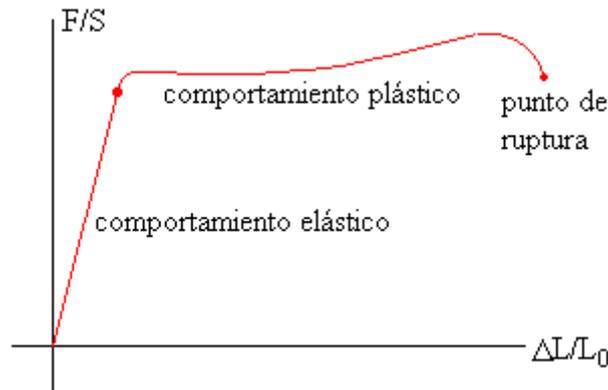
Las piezas de aluminio se pueden reforzar de forma parecida, pero cuando los que se han reforzado por un procedimiento mecánico, como el forjado o el embutido, se someten al calor de un proceso de soldadura, entonces, en la zona local de la soldadura, se perderá resistencia ya que al calentarse el metal los granos vuelven a adquirir su tamaño original. De este modo, la soldadura tiende a recocer localmente la pieza, lo que puede ser poco deseable.

Antes de decidir qué material es más adecuado para cada componente en particular, necesitamos conocer algunas cosas respecto a sus propiedades. Estas son las propiedades que más nos interesan:

- Resistencia
- Rigidez
- Densidad
- Ductilidad
- Resistencia a la fatiga
- Coste
- Métodos de unión disponibles...

La importancia relativa de estas propiedades depende de la utilización que le queramos dar a la moto. En el caso que nos ocupa, la construcción de un prototipo de competición, el precio es un factor secundario comparado con la rigidez, la resistencia y el peso.

Los términos tensión, especialmente tensión de rotura y límite elástico, se usan para medir la resistencia. La tensión se expresa como la fuerza aplicada por unidad de sección transversal del material. Como ya conocemos la tensión de rotura es la tensión a la que se rompe completamente el material mientras que el límite elástico es la tensión a la cual comienza la deformación permanente por lo que resulta muy útil para comparar materiales dúctiles entre sí. Bajo carga, todos los materiales se deforman un poco. Esta deformación se llama alargamiento unitario ($\Delta l/l_0$) y expresa la variación proporcional de las dimensiones. Por su parte la rigidez es la relación entre la carga aplicada y la deformación que produce. Esto se define mediante el Módulo de Young, que es la tensión aplicada dividida por la deformación unitaria resultante.



Curva típica tensión-deformación de los metales

Por otro lado la cantidad de tensión que hay que aplicar entre el límite elástico y el límite de rotura nos proporciona una medida de la ductilidad del material. La ductilidad determina el tipo de rotura que sufre el material. Si el material sufre una gran deformación antes de romperse, decimos que es dúctil. Si por el contrario se rompe repentinamente con muy poca deformación decimos que es frágil. En general, un material dúctil es preferible porque puede soportar cierto nivel de sobrecarga sin llegar a romperse totalmente. Por ejemplo, si una rueda de fundición está fabricada con un material dúctil, al golpear contra un bordillo se doblará o se abollará un poco, pero si es frágil, tanto el cerco como los radios podrían llegar a partirse.

Desafortunadamente, conforme aumenta la resistencia de los materiales, también suele aumentar su fragilidad. Por lo tanto, la selección de un tipo de metal y su tratamiento térmico supone un compromiso que puede determinarse únicamente teniendo en cuenta la función que va a desarrollar y las cargas a las que va a estar sometido. En general, las piezas de metal fundido son menos dúctiles que las forjadas o aquellas que están hechas partiendo del material en bloque o barra. Por su parte, las características de fatiga varían con el tipo y el estado de un metal. Un metal frágil tiene más facilidad para sufrir una fractura por fatiga que otro dúctil, ya que este último se deformará de forma que se reduzcan las concentraciones de tensión y por lo tanto las posibilidades de rotura.

La ductilidad está muy influida por el tipo de carga. Un material extremadamente dúctil puede romperse como si fuera frágil si está sometido a una tensión en los tres ejes. Por ejemplo cuando aplicamos una tensión a un trozo de material en una dirección, tiende a contraerse en las otras dos direcciones perpendiculares y sufrirá finalmente una fractura frágil. La relación entre la deformación longitudinal unitaria y esta deformación transversal unitaria se conoce como Módulo de Poisson y para la mayoría de los metales tiene un valor cercano a 0.33.

Propiedades típicas de algunos materiales comunes

| Material | Tensión de rotura Kgf/mm ² | Gravedad específica | Módulo de Young x 10 ⁴ Kgf/mm ² | Rigidez relativa |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------|------------------|
| Fundición gris | 16 - 22 | 7.3 | 1.27 | 0.65 |
| Acero inoxidable/estructural | 47 - 63 | 7.8 | 2.1 | 1.00 |
| Tubo Reynolds 531/4130 | 78 | 7.8 | 2.1 | 1.00 |
| Aleaciones de Aluminio | 17 - 63 | 2.7 | 0.7 | 0.96 |
| Aleaciones de magnesio | 19 - 32 | 1.7 | 0.44 | 0.96 |
| Aleaciones de titanio | 47 - 126 | 4.4 | 1.2 | 1.01 |
| Nylon | 8 | 1.1 | 0.14 - 0.28 | 0.47 - 0.95 |
| PVC | 6 | 1.4 | 0.025 - 0.042 | 0.07 - 0.11 |
| PTFE (Teflon) | 1.3 | 2.2 | 0.035 - 0.042 | 0.06 - 0.07 |
| Fibra de vidrio | 16 - 35 | 1.7 | 0.07 - 0.2 | 0.15 - 0.44 |
| Fibra de carbono (en la dirección de las fibras) | 140 | 1.6 | 2.2 | 5.11 |

En la tabla anterior se muestra algunas propiedades típicas de los materiales más usados en la fabricación de motocicletas. La densidad mide la masa por unidad de volumen; esto es, a igualdad de tamaños, compara las masas de distintos materiales. De la misma manera podemos establecer comparaciones utilizando la gravedad específica, que compara la densidad de cualquier material con la del agua. Las propiedades que aparecen en la tabla son sólo para hacerse una idea aproximada, ya que la tensión de rotura puede variar considerablemente dependiendo de la composición del metal o de la aleación y de los tratamientos térmicos y mecánicos que haya experimentado. Por ejemplo, los tubos que se utilizan en la construcción de chasis pueden perder cierta resistencia después de soldarse. Los materiales compuestos también varían considerablemente unos con respecto a otros.

La gravedad específica y el Módulo de Young no varían de esta forma. En la tabla anterior el término “rigidez relativa” significa la relación entre el Módulo de Young y la gravedad específica con respecto a la del acero. Por lo tanto, la rigidez específica es una medida de rigidez por unidad de peso. Así mientras que la densidad de las aleaciones de aluminio es aproximadamente la tercera parte que la del acero, su rigidez también (a igualdad de tamaños) es la tercera parte que la del acero. Expresándolo de otra forma, a igualdad de peso, el aluminio tiene aproximadamente la misma tensión de rotura que la del acero, el magnesio y el titanio. Sin embargo, esto sólo tiene aplicación en tensiones de tracción y compresión. En la tabla podemos ver que la fibra de carbono tiene un valor de 5, lo cual explica lo atractivo que resulta este material. Su rigidez es similar a la del acero, pero su densidad es mucho menor, y por lo tanto se pueden fabricar componentes mucho más ligeros y que tengan la misma rigidez.

10.1 MATERIALES PARA EL CHASIS

Optimizar el diseño del chasis es un aspecto crucial en el desarrollo del vehículo. De hecho, el comportamiento dinámico de la motocicleta está fuertemente influenciado por la rigidez a flexión y torsión de su chasis.

La selección del material tiene que tener en cuenta varios aspectos fundamentales:

- Módulo de Young con el objetivo de garantizar la rigidez deseada con unas dimensiones admisibles.
- Propiedades de resistencia tanto estática como a fatiga.
- Disponibilidad de técnicas de unión bien desarrolladas.
- Coste del material.

El parámetro usado para comparar la rigidez de los materiales sujetos a este tipo de tensiones es la rigidez específica E/ρ (ratio entre el módulo de Young y la densidad).

El acero es el material más común tanto en tubo como en chapa, dependiendo del diseño. Existen varias razones para elegirlo:

- El coste del material en bruto es relativamente bajo.
- Las técnicas de manipulación y unión están muy desarrolladas.
- El módulo de Young es alto, por lo que se puede conseguir la rigidez necesaria utilizando tubos de pequeño diámetro.



Chasis tubular de la Ducati Monster 848 hecho en aleación de acero

El aluminio, por su parte, se ha utilizado a menudo para construir prototipos y máquinas de carreras, tanto monocascos como chasis con una espina central de gran sección.

Es importante reseñar que en el desarrollo de bastidores de aluminio tubular rápidamente comenzaron a aumentarse el tamaño de los tubos para compensar el bajo Módulo de Young. En este caso sería de gran ayuda utilizar una triangulación adecuada.

Actualmente, en competición es casi universal el empleo de chasis doble viga de aleación de aluminio, aunque es notorio destacar que las características de fatiga de aluminio hacen que sea inevitable la rotura en componentes sujetos a tensiones inversas. De modo que habrá que aceptar que estos componentes tendrán una vida limitada. En el caso de los prototipos de carreras, en el cual estamos inmersos, esto no supone un problema serio, ya que su vida normal de uso es muy corta. Por su parte, en los modelos más turísticos, que van a tener una vida más larga, los niveles de tensión tienen que ser menores, por lo que se pierde la ventaja en peso que tiene el aluminio sobre el acero.

Los chasis tubulares también se han construido en titanio. Su punto débil fue que flexaban demasiado, ya que el tamaño de los tubos era similar al de los chasis con tubos de acero y sin embargo el módulo de Young del titanio es la mitad que el del acero. Esto no significa que el titanio no sea adecuado para construir chasis, pero por supuesto hay que tener en cuenta las características del material empleado. El titanio es de una enorme ligereza y posee una elevada resistencia, por lo que probablemente es el material que puede proporcionar una ventaja mayor en un diseño triangulado. Sus principales desventajas son su elevado coste y las sofisticadas técnicas de soldadura que requiere. Aunque su resistencia a la corrosión es excelente, es un tema que en nuestro caso no es de vital importancia.

El magnesio, tanto fundido como trabajado con otros métodos, se ha usado para construir chasis de espina central. Además de su elevado coste y de las dificultades que presenta para soldar, tiene la dificultad añadida de una vida limitada debido tanto a la fatiga como a la corrosión. En nuestro caso, para la construcción de un prototipo de competición que únicamente será usado durante la puesta a punto, a lo largo de las pruebas estáticas y dinámicas y en la carrera, este tipo de chasis podría ser una opción interesante. Pero como el magnesio es un material caro y no disponemos de las garantías suficientes para obtener una soldadura de calidad de las piezas, esta opción se desechó desde el principio.

El empleo de materiales compuestos como la fibra de carbono y los plásticos reforzados con Kevlar, se ha usado de forma intensiva en el mundo de los coches de competición donde el empleo de chasis de tipo monocasco es mucho más apropiado. En el caso de las motos los elevados costes de fabricación desaconsejan, al menos hoy por hoy, este tipo de materiales.

Otro tipo de material compuesto que se ha intentado utilizar es el nido de abeja de aluminio, aunque también existe este mismo material hecho con fibra de carbono en lugar de aluminio.

Para nuestro proyecto hemos decidido una solución de chasis tubular triangulado frente a otras opciones posibles (de espina central, monocasco...) básicamente por su mayor facilidad de diseño, cálculo y construcción.

- Es un tipo de estructura que me parece interesante porque con un diseño adecuado se puede obtener una elevada eficiencia estructural, una buena relación entre rigidez y peso.
- Con los materiales actuales se puede trabajar con espesores bastante finos.

Los tipos de acciones que prevalecen en los tubos de un chasis triangulado son tracciones y compresiones.



Ejemplo de chasis tubular triangulado

A continuación se pormenoriza un estudio comparativo que se llevó a cabo con el fin de elegir correctamente el material que se nos antoja más adecuado para la fabricación del chasis.

Las tablas siguientes muestran los resultados obtenidos:

| | <u>Nivel de importancia</u> | <u>Peso</u> |
|----------------------------------------|-----------------------------|-------------|
| Módulo de Young | Muy importante | 4 /5 |
| Resistencia estática y a fatiga | Muy importante | 4 /5 |
| Técnicas de unión (soldadura) | Vital | 5 /5 |
| Coste del material | Poco importante | 1 /5 |
| Peso | Importante | 2 /5 |

Tomamos en consideración cinco parámetros fundamentales a tener en cuenta a los cuales les adjudicamos unos pesos (sobre un máximo de 5 puntos) valorando su importancia. Para el caso que nos ocupa, el aspecto más determinante a tener en cuenta sería la facilidad de soldadura. A continuación aspectos muy importantes serían la rigidez y la resistencia estática y a fatiga y por último no tendrían tanta trascendencia el coste del material y el peso. Posteriormente analizamos esos aspectos para los diferentes materiales que optan a utilizarse (sobre un máximo de 10 puntos).

| <i>Parámetro</i> \ <i>Material</i> | Acero | Aluminio | Titanio | Magnesio |
|----------------------------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Modulo de Young | 10 | 4 | 6 | 3 |
| Resistencia estática y a fatiga | 10 | 7 | 8 | 4 |
| Técnicas de unión (soldadura) | 10 | 5 | 1 | 1 |
| Coste del material | 10 | 5 | 1 | 1 |
| Peso | 2 | 6 | 4 | 10 |

En cuanto al Módulo de Young y a la resistencia el acero es el que mejor se comporta sin duda alguna, seguido por el titanio, luego por el aluminio y a más distancia el magnesio. Si nos centramos en la soldabilidad de los materiales no hay color, el material cuyo proceso de soldadura es más sencillo es el acero; el aluminio es complicado de soldar y tanto el titanio como el magnesio son extremadamente complicados de soldar, tal y como ya se ha comentado con anterioridad. Por otra parte en cuanto al coste del material podemos decir que los materiales más caros con mucha diferencia son el titanio y el magnesio, luego estaría el aluminio y finalmente mucho más barato el acero. Por último está el aspecto del peso en el cual el acero es bastante más pesado que el titanio, que es más pesado que el aluminio, y como material más ligero estaría el magnesio.

Finalmente multiplicamos estos valores por sus respectivos pesos y sumamos las columnas, de modo que obtenemos valores orientativos de lo bien o mal que nos resulta cada material para constituir un bastidor tubular triangulado en nuestro proyecto.

| | Acero | Aluminio | Titanio | Magnesio |
|----------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Modulo de Young | 40 | 16 | 24 | 12 |
| Resistencia estática y a fatiga | 40 | 28 | 32 | 16 |
| Técnicas de unión (soldadura) | 50 | 25 | 5 | 5 |
| Coste del material | 10 | 5 | 1 | 1 |
| Peso | 4 | 12 | 8 | 20 |
| SUMA | 144 | 86 | 70 | 54 |

De acuerdo con los resultados obtenidos parece que la mejor opción con bastante diferencia es el acero. Son varios los aspectos que han hecho que nos decantemos por tubos de acero en la construcción del chasis.

En primer lugar ha influido de forma crucial la resistencia, la cual es superior en este material que en los otros metales mencionados. Usar tubos de acero nos permitirá utilizar paredes finas y diámetros de tubo relativamente pequeños, de ahí que se reduzca el peso.

Nos planteamos en su día la fabricación del chasis en tubos de aluminio por su baja densidad con el fin de reducir peso pero rápidamente abandonamos esa idea dado que el peso de la moto no es un aspecto crucial en nuestro caso. Además tampoco es tanto el peso que se gana. Haciendo un razonamiento claro la rigidez a flexión y a torsión no sólo depende del Módulo de Young y de la sección transversal (proporcional al peso), también depende del momento de inercia. Consideremos una barra redonda maciza sometida a flexión. Para determinar aquellos diámetros de la barra que nos darán la misma rigidez tanto en acero como en aluminio, necesitamos que el producto del Módulo de Young (E) por el segundo momento de inercia (I) se mantenga constante. I depende de la cuarta potencia del diámetro de la barra, mientras que el peso de la barra depende del cuadrado del diámetro y de la densidad del material. Pues bien el diámetro de la barra de aluminio necesita ser un 32% más grande, por lo que su peso será sólo un 58% de lo que pesa la barra de acero. Es decir que a pesar de que la densidad del aluminio sea un tercio más pequeña que la del acero, necesitas casi dos terceras partes de la masa de acero para hacer que el chasis de aluminio sea igualmente rígido.



Prototipado rápido de un chasis de tubos de aluminio

Por supuesto, en un chasis de motocicleta es más normal trabajar con tubo de sección redonda que con barras macizas. Para mantener la misma rigidez a flexión y a torsión con un tubo de un material menos denso, podemos mantener el mismo diámetro y aumentar el espesor de pared, o bien (más eficiente), mantener el mismo espesor de pared y aumentar el diámetro de tubo. Si aumentamos el diámetro de tubo y usamos el mismo espesor de pared, encontraremos que un tubo de aluminio necesita aproximadamente el doble de diámetro que uno de acero, aunque pesará casi un 70% de lo que pesa el tubo de acero.

De esta forma, la manera más eficiente para usar materiales ligeros consiste en hacer secciones lo más grandes posibles, manteniendo a la vez un espesor de pared adecuado.

En cambio en nuestro caso, el tema del peso no ha influido tanto en la decisión sino que ha habido un factor mucho más importante que nos ha hecho decidimos finalmente por el acero como material para el chasis. Este aspecto crucial es la dificultad añadida de la soldadura de aluminio. Así mismo la empresa que nos va a soldar los tubos del chasis, IMCA, es especialista en soldadura de acero lo cual ofrece total garantía de un trabajo excelente, cosa que no ocurría con el aluminio. Además las propiedades mecánicas del acero se ven menos afectadas por la temperatura que las del aluminio y el acero también es un material que tiene mayor capacidad de amortiguación intrínseca.

En la siguiente tabla llevamos a cabo un estudio análogo al anterior pero esta vez comparamos diferentes tipos de aceros para tener una idea más clara de qué tipo de acero de la infinidad que hay nos conviene elegir. Hemos decidido comparar un acero convencional de construcción como es el 355 con varios tipos de aceros llamados de “alta-resistencia”.

| | | Reynolds | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------------------------|---------------------|-------------|-------------------|-----------|------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| Tipo de acero Parámetro | Acero 355 | Maraging stainless steel(953) | Air-hardening steel | | Chrome-Moly steel | | 531 | 753 | T45 | 4130 | 25CrMo4 | 15 CDV 6 |
| | | | 631 | 853 | 525 | 725 | | | | | | |
| Tensión de rotura mínima (MPa) | 470 | 1650 | 800 | 1250 | 750 | 1050 | 772 | 1080-1280 | 700 | 655 | 650 | 980 |
| Límite elástico mínimo (MPa) | 355 | 1450 | 650 | 1000 | 600 | 800 | 694 | 900 | 620 | 517 | 520 | 790 |
| Rango de diámetros de tubo (mm) | Todos | [16-41,3] | [22,2-41,3] | [22,2-41,3] | [19-41,3] | [19-41,3] | Reynolds ya no lo suministra | Muy restringidos pero sin especificar | Sin especificar | Sin especificar | Sin especificar | Sin especificar |
| Rango de espesores de tubo (mm) | Todos | [0,3-0,7] | [0,5-1,7] | [0,5-1,7] | [0,5-1,2] | [0,5-1,2] | | | | | | |
| % Elongación mínima | 17% | 8% | 10% | 8% | 10% | 8% | 10% | 8% | Sin especificar | 12% | 13% | 10% |
| Precio (respecto al 631) | 0,85 €/kilo | 3X | X | 1,5X | No disponible ya | X | Sin datos | No disponible ya | Sin datos | Sin datos | Sin datos pero muy caro | Sin datos |
| Soldabilidad | Optima | Inviabile | Muy buena | Buena | Regular | Regular | Difícil | Difícil | Buena | Regular | Buena | Mala |

El tubo de sección redonda siempre ha sido el más común en la producción de chasis, y no sólo porque es más barato que otros tipos de tubo, también es la mejor sección para resistir cargas de torsión y de compresión y es también capaz de resistir cargas de flexión en cualquier dirección por igual.

Los términos “cromo-molibdeno”, T45, 4130 y 531 se utilizan de manera habitual como si tuvieran algún significado mágico, que implica una ligereza y una rigidez extra. Estos términos son referencias industriales que se refieren a aceros que tienen algunos elementos en sus aleaciones que acentúan su resistencia, especialmente después de soldar. Su Módulo de Young, o lo que es lo mismo, su rigidez, no difiere de la del resto de aleaciones de acero, y tampoco varía su densidad (tal y como ya hemos comentado anteriormente). Si los sustituyéramos por otros tubos de acero de menor resistencia, del mismo tamaño, tanto el peso como la rigidez del chasis seguirían siendo los mismos.



Chasis tubular fabricado con tubos de acero de alta resistencia

Su ventaja radica en la máxima carga que el chasis puede llegar a soportar antes de llegar a romperse. Si la rigidez no supone un problema con una estructura o un miembro en particular, el empleo de tubos de alta resistencia permitirá que las paredes puedan ser más finas, por lo que podrá reducir el peso del bastidor. En cambio, si la rigidez resulta vital, entonces la mejor manera de utilizar este tipo de tubos consiste en reducir el espesor de la pared y aumentar el diámetro, pero en una proporción pequeña. Así, conseguiremos mejorar la rigidez y reducir el peso del chasis.

Este hecho sería de vital importancia en tecnologías de competición normalmente pero debido a la limitación de 90 kilogramos mínimos que por normativa de la organización debemos cumplir, y al tratarse de un valor lo suficientemente alto, provocaría que en el caso de hacer una estructura de este tipo de aleación deberíamos a

posteriori colocar unos lastres en la moto cosa que no interesa en ningún caso. Además que los tubos sean más finos dificulta un poco el proceso de soldadura.

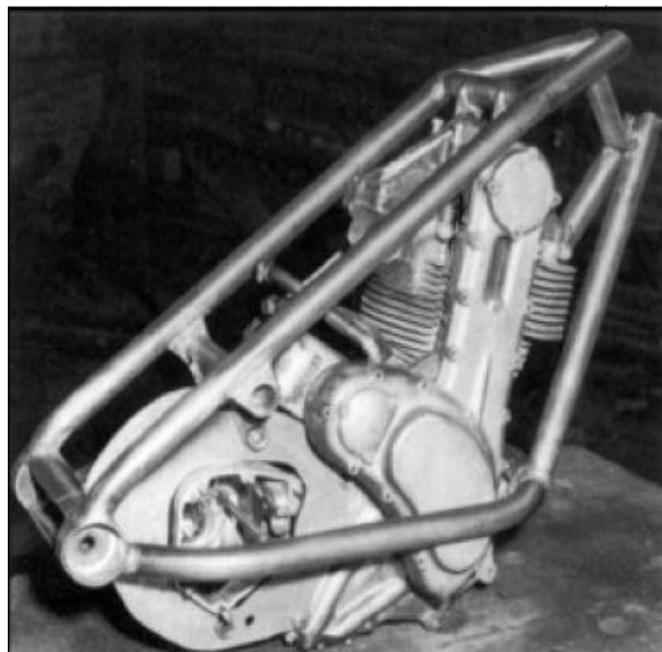
10.1.1 Aceros de construcción 275 y 355

Son los típicos aceros de construcción utilizados en arquitectura en general (según la norma UNE EN 10027-1). Se trata de un material extremadamente barato pero con unas propiedades un tanto limitadas. Su rigidez es alta (como la de cualquier tipo de acero) pero la resistencia a tensión que aguantan dista mucho de ser la adecuada para soportar las enormes cargas que se dan en una motocicleta de competición.

Si bien es verdad, en un chasis perfectamente triangulado y diseñado concienzudamente para tener las menores cargas posibles, una estructura de este acero podría resistir. A ningún diseñador de motos de competición en su sano juicio se le pasaría por la cabeza fabricar una motocicleta con este tipo de aleación porque para conseguir la misma resistencia que con un chasis de aleación de alta resistencia habría que aumentar mucho los diámetros y espesores de tubo. Pero como en nuestro caso el peso no es tema prioritario ya que por normativa tenemos un peso mínimo elevado, y como además este tipo de acero es muy fácil de soldar, puede ser una opción perfectamente válida a estudiar.



Acero de construcción 275



Chasis antiguo fabricado con acero convencional

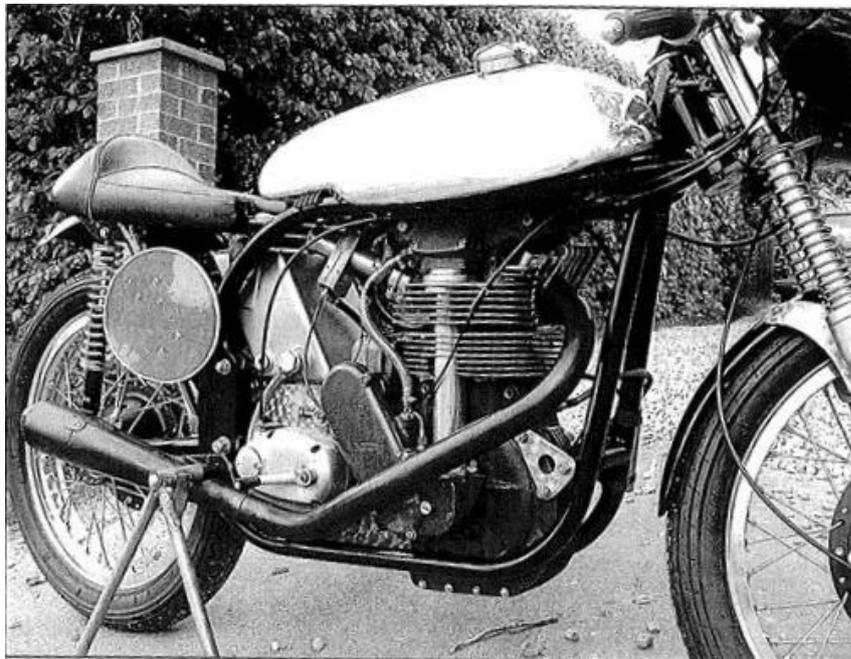
10.1.2 T45

Se trata de un acero al carbono-manganeso con una composición típica de 0,2% de carbono y 1,5% de manganeso. Se ha usado habitualmente desde hace tiempo en aviación para trabajos de reparación por su ligereza y del mismo modo es una opción adecuada para nuestros requerimientos.

Cientos de motocicletas se han fabricado con este material que ha sido usado con éxito tanto para aplicaciones en carretera como para competición. T45 fue formulado especialmente para estructuras soldadas y es mucho más resistente que el acero templado, aproximadamente un 50% más. Los tubos de T45 tienen al menos un 20% de elongación por lo que se comporta extremadamente bien a la hora de doblarse. Esto no quiere decir que sea fácil de doblar, ya que estamos hablando de tubos muy resistentes.

Este material es realmente caro debido a que para alcanzar los valores de resistencia y ductilidad tan buenos que tiene debe de sufrir trabajo en frío continuados además de tratamientos térmicos como por ejemplo un templado que al final es lo que se paga.

T45 es, por tanto un muy buen tubo para usarse en todo tipo de estructuras soldadas, no habiendo problemas de soldadura ni de fusión ni en bronce. La mayor limitación que tiene es una caída de alrededor del 30% de las tensiones admisibles tras la soldadura. De todas formas, y pese a esta limitación, las estructuras soldadas de este tipo de material siguen siendo más resistentes que la mayoría de aceros templados sin soldar.



Bastidor de tubos doblados de T45

10.1.3 Reynolds 531

Reynolds 531 es el nombre comercial de una aleación de acero al manganeso-molibdeno. Se trata de un tipo de aleación utilizada desde antes de la Segunda Guerra Mundial, pero no fue hasta después de ella en la que adquirió una gran importancia en la construcción de chasis de motocicletas de competición (mientras que para chasis de carretera se usaba acero templado convencional).

Lo más importante del 531, comparado con el T45, es su capacidad para mantener la resistencia después de la soldadura, aunque se trate de una soldadura dura con plata o bronce. Hasta el punto de que se pueden conseguir caídas del límite elástico de tan sólo el 15% una vez soldada la estructura respecto al material original.

Este rasgo significa que la gente pasa por alto su capacidad para soldar. De hecho Reynolds creó esta situación especificando que el tubo 531 debería ser soldado con una soldadura dura. La razón era que los soldadores con una moderada habilidad eran propensos a recalentar el material cambiando su estructura de forma que el material se hace más endeble.

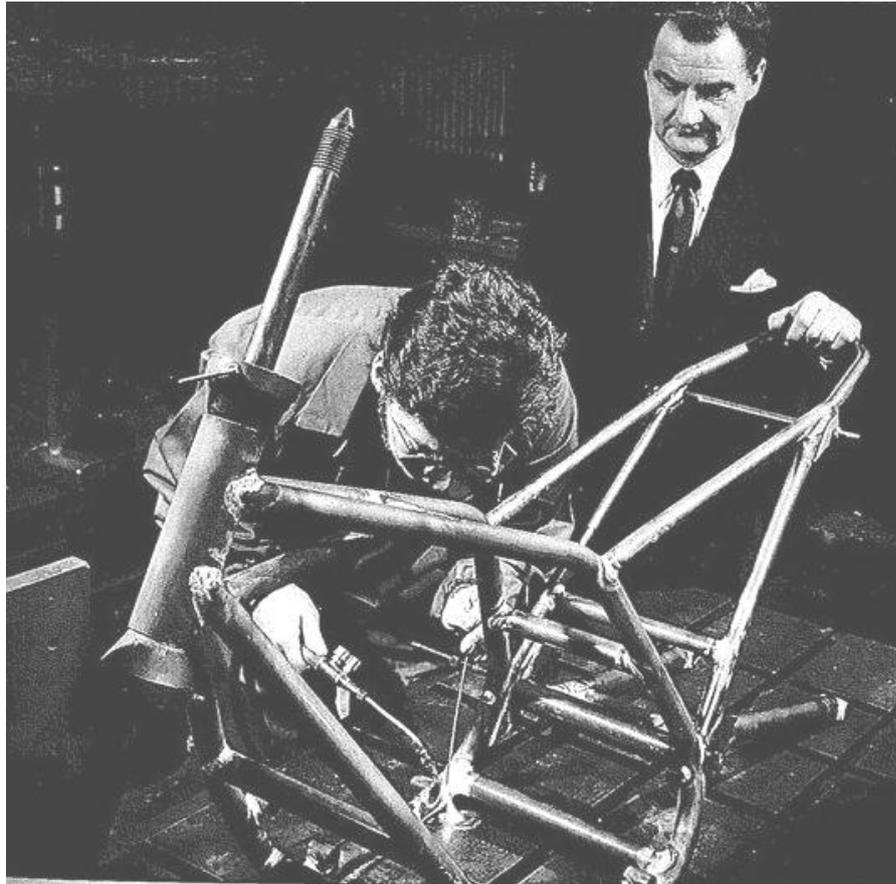
En realidad, la fusión del 531 suelda muy bien, pero por ejemplo soldadura de arco sólo es aceptable cuando el tubo tiene el suficiente espesor para negociar las concentraciones de tensiones que produce. En términos de producción es más eficiente que la soldadura de bronce pero no sirve para los casos de chasis ligeros que estamos discutiendo. Pruebas posteriores mostraron que los tubos de 531 soldados en bronce se comportaban especialmente bien en estructuras sujetas a fluctuación de cargas.

Hay varias razones para esto, pero básicamente la principal es la siguiente. Una fusión en soldadura combina una superficie relativamente rugosa con una repentina transición de rigidez y la combinación actúa como una importante concentración de tensiones. También hay más trastorno metalúrgico dentro de la zona calentada.

La soldadura en bronce es utilizada para reducir estos efectos y así permitir espesores de pared más finos. Así mismo los esfuerzos de fatiga eran considerablemente menores. Habiendo dicho esto, los largos cordones de soldadura asociados a la soldadura manual o de gas son el mayor problema aquí. No tenemos testes fiables pero dudo que una soldadura T.I.G de alta precisión sea significativamente inferior a fatiga a una soldadura en bronce.

Tal cual salido del laminador, Reynolds 531 tiene un dato mínimo de especificación del 10% de elongación. Sin embargo, cuando era producido por Reynolds, se ponía mucho empeño en que el material tuviera la suficiente ductilidad para que pudiese soportar los requerimientos de doblado típicos en una motocicleta. Actualmente el porcentaje de elongación está más cercano a rondar el 18%. Generalmente se usa el material tal y como sale del laminador y no es en absoluto necesario que sea templado.

Sin embargo, desde que el 531 dejó de hacerse en Reynolds es justo decir que el material puede que haya dejado de ser adecuado para doblarse en frío. De todas formas, el nuevo suministrador insiste en que el tubo producido tiene al menos un 20% de elongación y que, a pesar de que la fuerza que hay que suministrar para doblarlos es importante, se doblan muy bien.



Proceso de soldadura de un chasis hecho con tubos Reynolds 531

10.1.4 Reynolds 753

Este tipo de aleación es el Reynolds 531 tratado térmicamente de forma que su resistencia a tensión aumenta hasta valores enormes de entre 1080-1280 N/mm²(MPa) y su elongación por su parte cae hasta valores sobre el 8%. Esto hace que el material no sea adecuado para trabajos en frío de doblado. Las uniones deben ser por soldadura de baja temperatura en plata con un punto de fusión máximo de 650° C si no el material pierde una alta proporción de su resistencia. Reynolds es la única fuente de este tipo de material, y lo hace con una restricción muy grande tanto en tamaños como en longitudes. Reynolds ha tratado de asegurarse de que únicamente es usado por

compañías que pueden ser de confianza para no recalentar el tubo a la hora de la soldadura.



Chasis de acero de alta resistencia de la Ducati Monster de calle

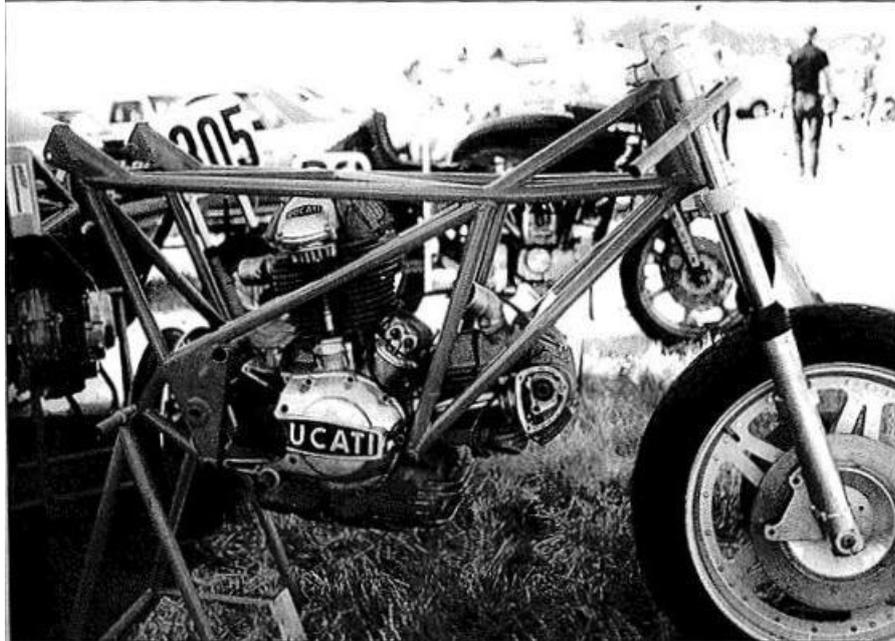
10.1.5 4130 Cromo-Molibdeno

El objetivo de este tipo de aleaciones Cromo-Molibdeno no es más que proveer al material de una fuerza suplementaria mientras se mantiene su soldabilidad así como la capacidad de deformación en frío, no siendo tampoco demasiado sensible al corte y a formarse muescas. Son aleaciones con poco % de carbono para precisamente facilitar la soldadura, u otra forma era aumentar el % de carbono y a la vez aumentar el manganeso para contrestar.

4130 es la aleación de acero de media resistencia más usada en motociclismo. Su bajo precio refleja la relativa simplicidad de fabricación que puede llevarse a cabo en menos pasos que en el caso del T45. Un proceso de producción típico sería el siguiente: recocido del material sin tratar a 720° C, laminado consiguiendo una reducción de área al 37%, recocido a 720° C y una segunda pasada con una reducción de área hasta el 36% y finalmente un templado a 550° C.

La mayor parte de este material se fabrica en Estados Unidos. Hasta hace poco tiempo la mayor parte de este acero tubular con pared de espesor delgado era producido para aplicaciones militares. El problema del 4130 es que hay que asegurarse de que tenga suficiente ductilidad ya que en las antiguas especificaciones se daba un valor mínimo de 10% de elongación, lo cual no lo hace muy apropiado para trabajos en frío.

En conclusión, 4130 es otra opción aceptable siendo un material muy resistente pero menos dúctil.

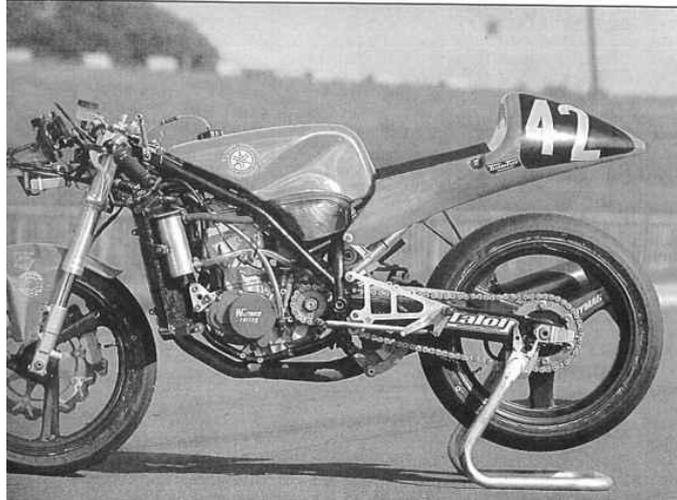


Bastidor de una Ducati de competición con tubos de aleación de acero al Cr-Mb

10.1.6 25CrMo4

Se trata de una aleación con una composición muy parecida al 4130, salvo en que utiliza un porcentaje menor de carbono por lo que ayuda a la hora de la soldadura. Es un material moderadamente caro utilizado específicamente en aviación y que se proporciona endurecido y templado.

Hay alguna opción más barata como es la opción comercial 1.7218 que suministra el material laminado y normalizado. Es una opción menos cara además que mantiene unas propiedades muy buenas similares a la de 4130 incluso reduciendo esa fragilidad a la hora de la soldadura. Sin embargo, ha habido un poco de inconsistencia en lo que se ha denominado tubo normalizado, de ahí que los suministradores estén tomando cartas en el asunto.



Chasis construido con tubos de 25CrMo4

10.1.7 15 CDV 6

Es una aleación de acero al cromo-molibdeno-vanadio originaria de Francia. En Europa es específico de componentes de aviación como por ejemplo en elementos de montaje del motor. Los equipos europeos de coches de competición lo han usado extensamente para fabricación de chasis. Los tubos disponibles para trabajo en frío tienen típicamente un 22% de elongación y un mínimo de resistencia a tensión de 700 N/mm^2 . Sus características mecánicas son muy similares a las del T45, 531 y 4130. Si no necesita ser doblado, se pueden conseguir valores de 15% de elongación y 1000 N/mm^2 .

El problema del 15 CVD 6 es que cuando se suelda con T.I.G se produce una pequeña caída en el esfuerzo que es capaz de soportar debido a su contenido en Vanadio.

10.1.8 Reynolds 953

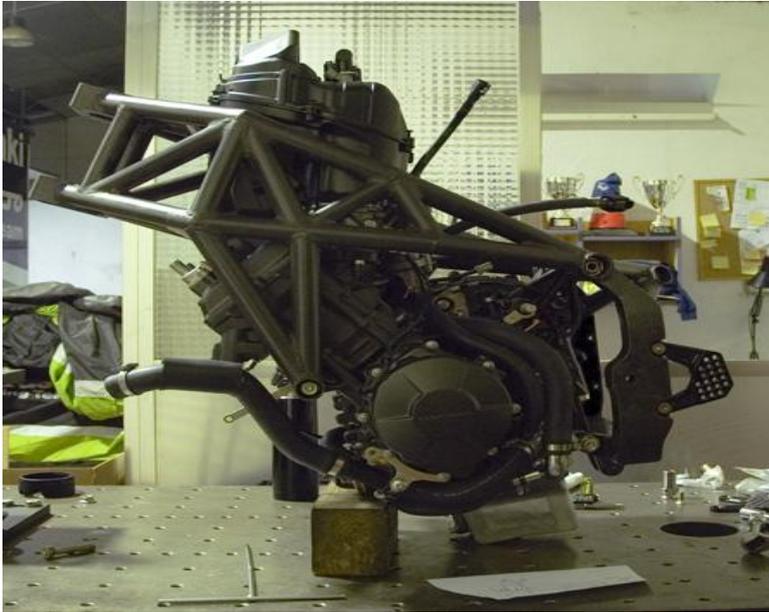
Se trata de una aleación de acero martensítico desarrollada por Reynolds en asociación con una compañía estadounidense. Requiere un gran cuidado en la fabricación y es harto complicado para el trabajo en frío. Ofrece una altísima resistencia debido principalmente a su alto contenido en Titanio.

A pesar de su bajo contenido en carbono este tipo de aleación es complicada de soldar y en nuestro caso es totalmente inviable ya que los espesores de pared que proporcionan ni siquiera se acercan al milímetro por lo que inhabilitan completamente su utilización para la fabricación de nuestro chasis.

10.1.9 Reynolds 631

Se trata de un material que tiene muy buena disposición para ser trabajado en frío especialmente indicado para estructuras soldadas debido a su óptima soldabilidad

mediante soldadura T.I.G. Apenas se produce distorsión y las tensiones internas que se dan por la soldadura son bastante escasas. Además la resistencia que se pierde debido al proceso de soldadura es casi insignificante



Bastidor de la “Bottpower” de Moto 2 de la temporada 2010-2011 construido en Reynolds 631.

10.2 ELECCIÓN MATERIAL Y CONCLUSIONES

Finalmente nos hemos decantado por el acero Reynolds 631. Las razones principales por las que, tras mucho meditar, hemos decidido utilizar tubos de este tipo de aleación son básicamente las siguientes:

- Este material puede trabajarse en frío (doblarse) con facilidad además de que el proceso de soldadura es relativamente sencillo y eficaz.
- La disponibilidad de diámetros y espesores que nos ofreció Reynolds fue totalmente satisfactoria ya que IMCA nos pedía un mínimo de 1 mm de espesor para poder llevar a cabo la soldadura y finalmente conseguimos material de un espesor de 1,2 mm.
- El precio del material y las condiciones de importación desde el Reino Unido eran relativamente buenas.
- Este tipo de aleación ha sido ampliamente empleada en fabricación de chasis de competición. Un ejemplo actual es la fabricación de la Bottpower para la moto 2 de la temporada 2010-2011, cuyo chasis tubular está fabricado con acero Reynolds 631.
- Por último y no menos importante, el límite elástico que se consigue con este material hace que la resistencia contra las fuertes acciones que se producen sobre el chasis puedan ser correctamente absorbidas por la estructura sin necesidad de utilizar tubos de gran diámetro y espesor.

10.3 DIMENSIONADO DE LOS TUBOS

El diámetro de los tubos y su espesor de pared están determinados por el tamaño, el peso y la potencia de la moto, y también por el tipo de diseño de la estructura (triangulado, espina central, etc). Como guía general.

- **Chasis triangulados:** Tal y como ya se ha comentado anteriormente, las tensiones en los miembros de este tipo de chasis son principalmente de tracción y de compresión, por lo que **no** suele ser necesario un gran diámetro para producir una rigidez adecuada del chasis a flexión y a torsión. De hecho, es más importante el área de la sección transversal del metal. Así, en muchos casos un tubo de 13 mm de diámetro y 2 mm de espesor es intercambiable por un tubo de 25 mm de diámetro y un espesor de 1 mm. Sin embargo, si un miembro es largo en relación con su tamaño, entonces puede doblarse bajo compresión antes que se alcance la tensión de rotura. En este caso es preferible utilizar el tubo de mayor diámetro. También, las vibraciones de resonancia pueden crear más de un problema con tubos largos y de poco diámetro. Los tamaños típicos para un tubo de acero pueden variar entre 15 mm hasta los 25 mm de diámetro por entre 1 o 1.5 mm de espesor de pared. Para los tubos más largos del chasis de una motocicleta no es habitual que se necesiten diámetros de más d 25 mm. Lo más normal es que los tubos que empleemos estén entre unos 20 y 25 mm de diámetro.



- **Chasis multitubulares con tubos doblados:** Dado que este tipo de chasis consigue su rigidez con una mezcla de triangulación y la rigidez a flexión y a torsión de los propios tubos, resulta más difícil recomendar tamaños adecuados, ya que dependen más de cada diseño. Para la estructura principal, los tamaños varían típicamente entre 22 mm de diámetro y 1,5

a 2 mm de espesor en máquinas pequeñas, a unos 38 mm de diámetro por 1,2 a 2 mm de pared para las más grandes.



- **Chasis de espina central tubular:** Incluso en las máquinas más pequeñas, no se suele conseguir la suficiente rigidez si se emplea un tubo de menos de 50 mm de diámetro por 1.2 a 1.5 mm de pared. En las más grandes, no hay mucho que ganar por usar tubos mayores de 75 mm de diámetro por 1.2 a 2 mm de pared. Con este diámetro es mejor evitar paredes excesivamente finas ya que podrían aparecer grietas en las uniones como resultado de deformaciones locales. Al diseñar este tipo de chasis, hay que poner mucho cuidado en que las cargas entren de forma que se minimice el riesgo de deformaciones locales. Esto se puede conseguir repartiendo las cargas sobre un área mayor, soldando nervios y chapas alrededor del eje neutral en aquellos lugares en los que sea posible, y algunas veces podemos incorporar refuerzos locales.
- **Chasis de espina central fabricada:** Dependiendo del diseño de detalle, se puede usar chapa de acero de 0,75 a 1mm de espesor, con posibles aumentos de espesor en aquellas zonas que tengan tensiones más elevadas o aplicación de cargas. Si utilizamos aluminio, probablemente sea necesario utilizar más espesor, entre 1.2 y 1.5 mm. Este tipo de chasis consigue su rigidez gracias a su gran sección transversal, la forma global no suele ser crítica. Una vez más, sin embargo, la necesidad de evitar deformaciones locales no se puede pasar por alto, y hay que pensar mucho en todos los puntos de conexión si se quiere conseguir un tiempo de vida satisfactorio.

| Tipo de chasis | Rango de diámetros de tubo | Rango de espesores de pared |
|---------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Triangulado | [15-25] mm | [1-1.5] mm |
| Multitubular con tubos doblados | [22-38]mm | [1.2-2] mm |
| Espina central tubular | [50-75] mm | [1.2-2] mm |
| | Espesores chapa acero | Espesores chapa de aluminio |
| Espina central fabricada | [0.75-1] mm | [1.2-1,5] mm |

10.3.1 ELECCIÓN DE SECCIONES Y ESPESORES

Para nuestro chasis finalmente elegimos un diseño de bastidor multitubular triangulado. Tras consultar con Reynolds (la famosa empresa británica de material de alta resistencia) acerca de su disponibilidad de material nos decidimos por tubos de aleación de acero Reynolds 631 con tubos de la siguientes medidas:

- 28,6 mm de Diámetro y 1,2 mm de espesor de pared para la estructura principal.
- 19 mm de Diámetro y 1,2 mm de espesor de pared para las triangulaciones.

De esta forma nos "curábamos en salud" un poco y a pesar de poder elegir tubos de menor diámetro, como la diferencia de peso no era demasiado notoria decidimos asegurar un poco más la resistencia del bastidor.

Además, Reynolds procesa el material desde tubos de gran tamaño reduciéndolos a menor tamaño. Por lo tanto los tubos de mayor tamaño tienen un precio menor ya que incorporan un menor coste de procesamiento.

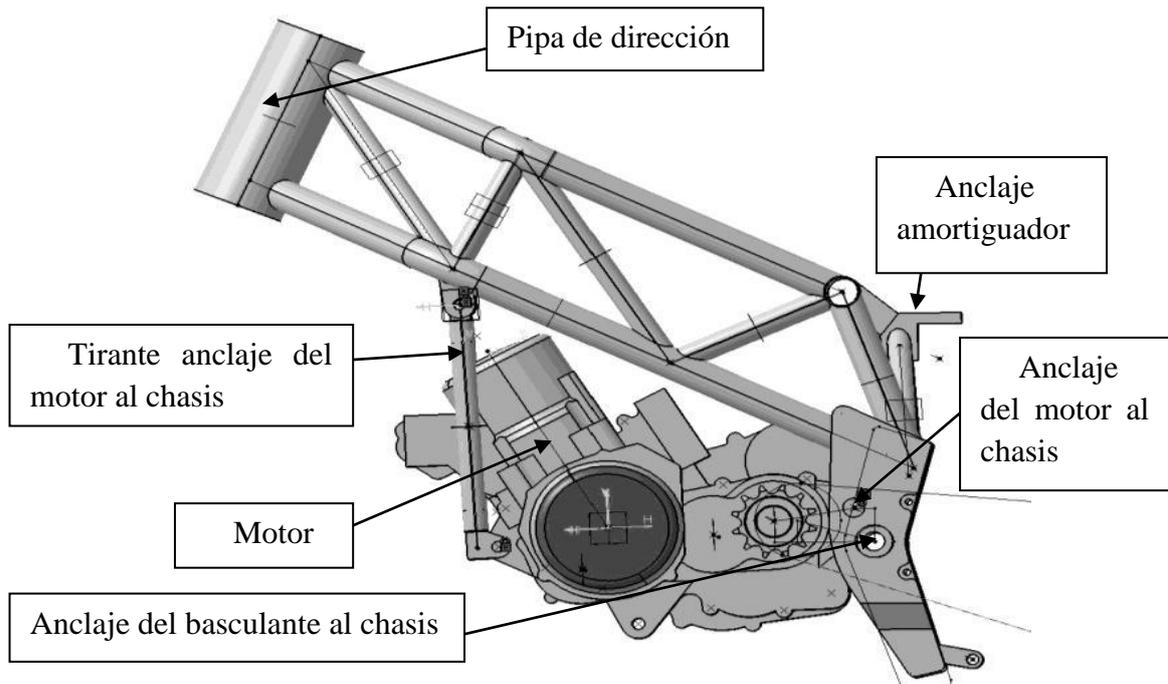
A continuación se muestra el presupuesto que nos hizo Reynolds teniendo en cuenta una cantidad de material como para realizar entre 2 y 3 chasis.

Quotation for tubing and shipping

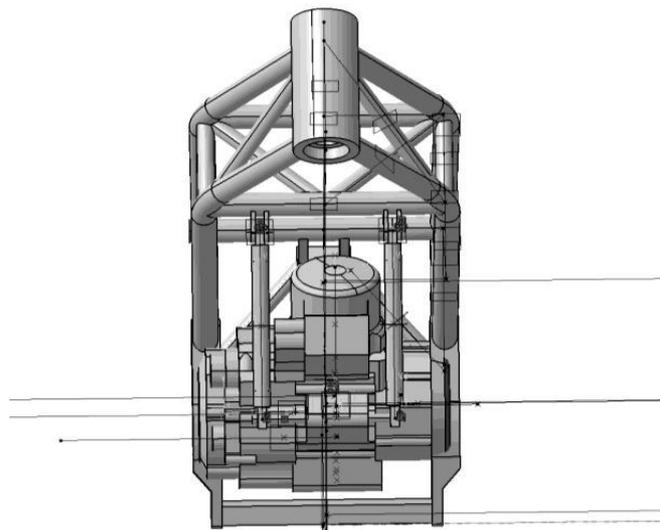
| Tube Size | £/m | Metres Required | Prize for order | | |
|------------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------------------|
| 28,6 × 1,2 | 15,8 | 8 | £ | 126,40 | |
| 19 × 1,2 | 20,35 | 6 | £ | 122,10 | |
| | | | £ | 248,50 | Total material prize |
| | | | £ | 45,00 | Shipping to Spain |
| | | | £ 293,50 | Total prize | |

11 FABRICACIÓN DEL CHASIS

Tras un complejo y elaborado proceso de diseño que incluyó una serie de exhaustivas pruebas en elementos finitos a diferentes modelos de chasis, éste fue el chasis que mejores resultados nos dio, tanto en respuesta a los esfuerzos a los que está sometida la estructura como en cuanto a facilidad de fabricación de la misma.



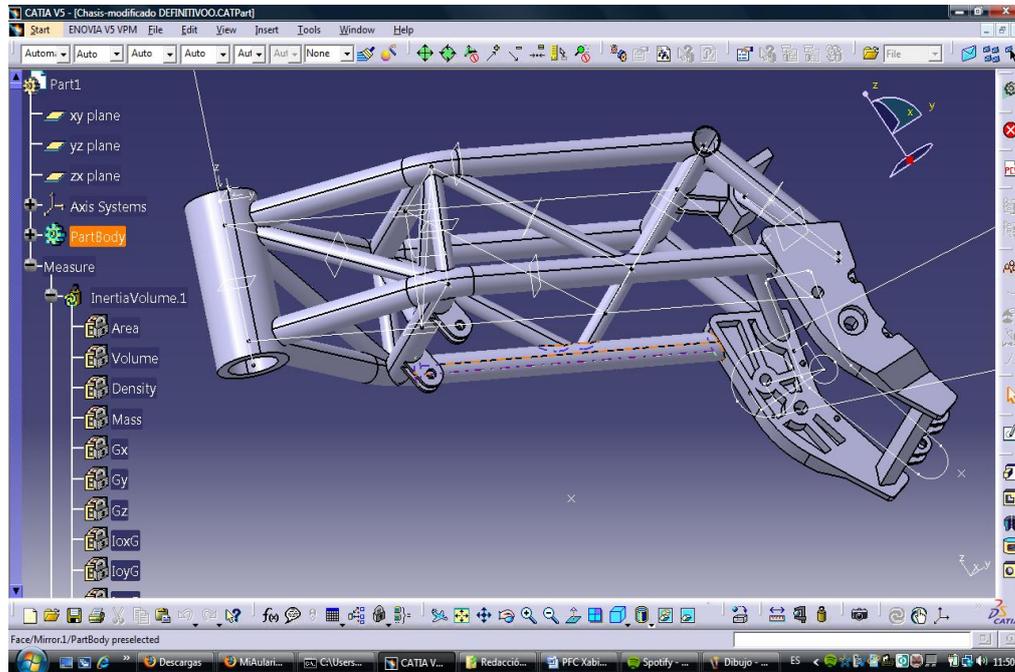
Vista lateral del chasis con el motor anclado



Vista frontal del bastidor con el motor anclado

11.1 Modificaciones en el bastidor.

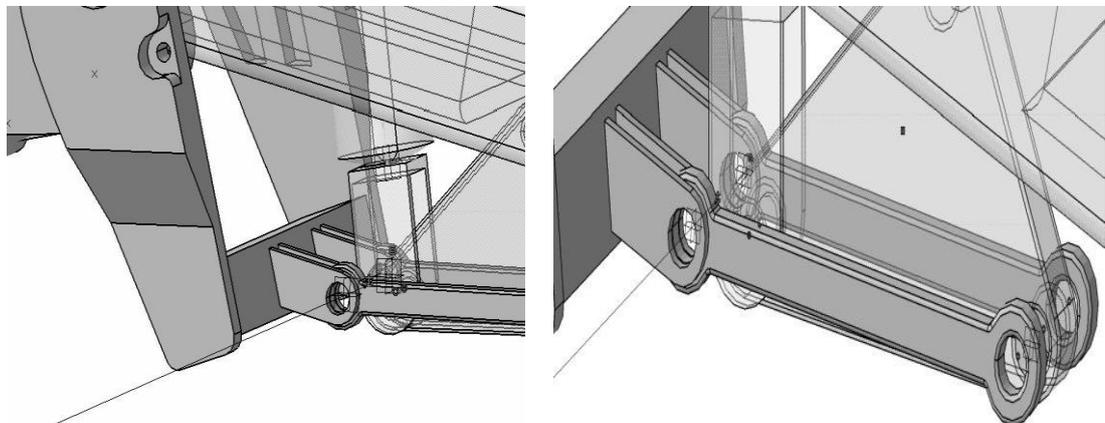
En un principio teníamos este diseño del chasis tubular con tubos Reynolds 631. Dicho diseño fue ampliamente probado con elementos finitos (Marc) metiéndole las cargas estimadas y en principio no nos daba ningún tipo de problema de posibles fracturas, deformaciones excesivas etc.



Imágenes chasis

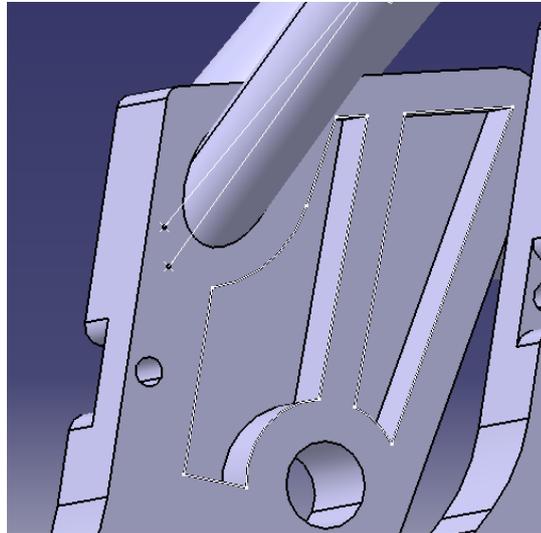
Por otras consideraciones que a continuación detallaremos tuvimos que realizar una serie de cambios en nuestro bastidor:

- 1) El tema está en que, una vez diseñado el basculante, la interacción de los tirantes del basculante con el chasis hizo que tuviéramos que modificar de nuevo las pletinas de anclaje, dado que al pasar la estructura al 3D no encajaban.



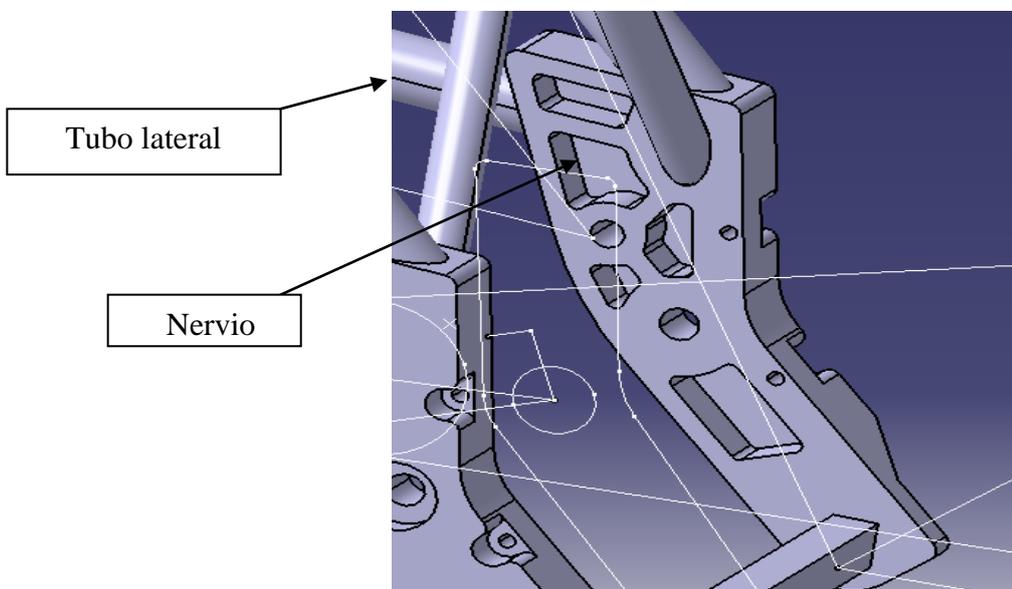
Interacción de los tirantes del basculante con el chasis

- 2) De la misma forma los vaciados de las pletinas tenían puntos angulosos que además de tratarse de puntos de concentración de tensiones imposibilitaban del mismo modo su fabricación ya que la fresa de mecanizado tiene que dejar sí o sí un radio al mecanizar.



Diseño inicial de los vaciados de las pletinas del chasis

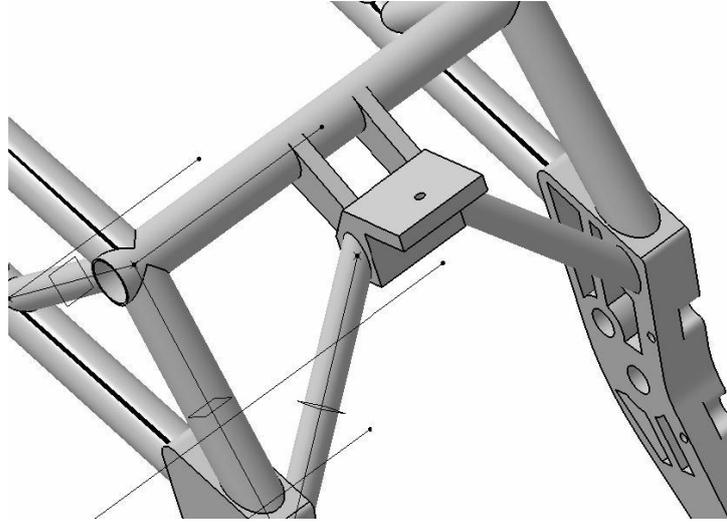
De forma que tuvimos que rediseñar los vaciados de las pletinas, adaptándolos a un modelo más robusto y fácilmente fabricable.



Diseño final del vaciado interior de las pletinas del bastidor

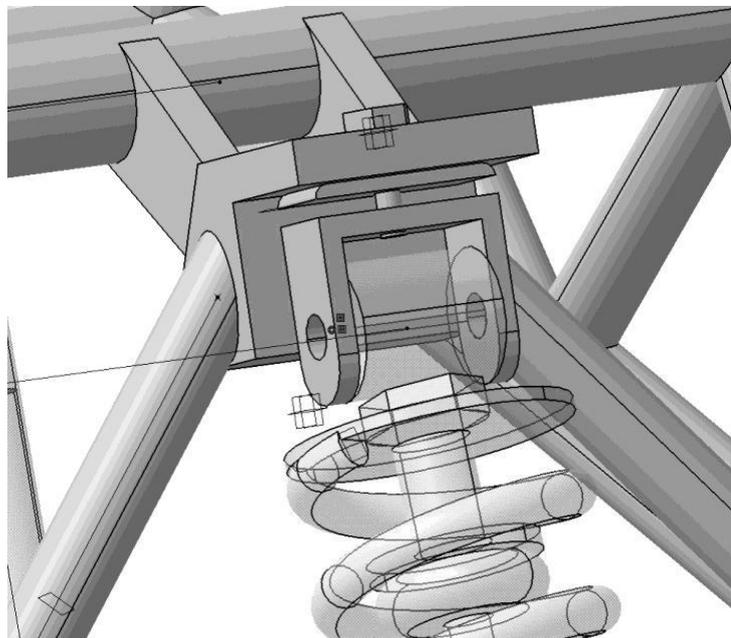
Además decidimos dejar un nervio en la dirección del tubo que se suelda a la cara transversal porque era una zona de elevadas tensiones y de esta manera rigidizabamos un poco más la estructura.

- 3) Otro aspecto del chasis en el que hubo una controversia importante fue la zona del anclaje del amortiguador al bastidor.



Diseño inicial del anclaje del amortiguador

Este anclaje está diseñado para poder introducir un mecanismo que nos permita variar la altura a la que se sitúa el amortiguador a través de la regulación de un tornillo. Así podemos realizar modificaciones en circuito de manera sencilla y rápida variando la geometría de la motocicleta. El mecanismo es el siguiente.



Mecanismo de variación de la posición del amortiguador

En un primer momento se consideró que la solución inicial era perfectamente válida, ya que en el ensayo de elementos finitos no habíamos tenido problema alguno. Posteriormente se analizó el sistema con nuestros tutores y con gente especializada en el tema y se detectaron una serie de problemas relevantes al sistema que estaban ocultos en el análisis en Marc y que atañían principalmente al tema de fabricación y de la respuesta del mecanismo tras la misma:

- Se concentran muchos cordones de soldadura en la misma pieza lo cual acrecienta mucho las distorsiones asociadas a ese proceso además de que supone una concentración de tensiones que debilita la estructura.
- El voladizo donde se encuentra el anclaje para el amortiguador puede sufrir deformaciones excesivas ya que no da la impresión de ser demasiado rígido.
- La barra superior transversal a la que va sujeto el mecanismo va a sufrir unas cargas importantes que van a hacer que flecte con facilidad, lo cual inutiliza toda la triangulación que aporta la rigidez al chasis.
- La pieza principal había que mecanizarla a partir de un 'tocho' muy grueso lo cual resulta excesivamente caro.

De esta forma se trataron de idear soluciones alternativas para tratar de revertir este tipo de defectos:

1.-Una primera solución que se ideó era la siguiente. Utilizar una única pieza mecanizada para evitarse todo el tema de concentración de soldaduras y del voladizo.

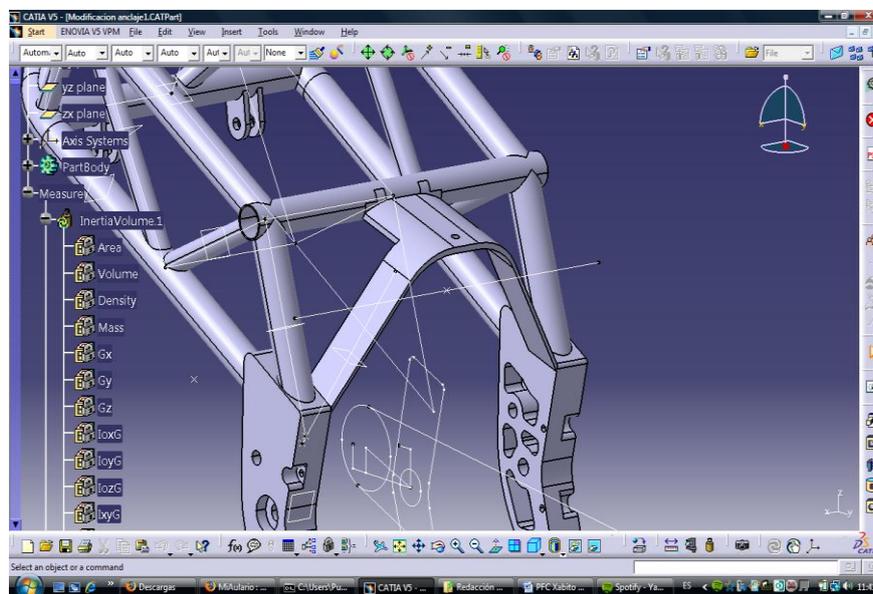
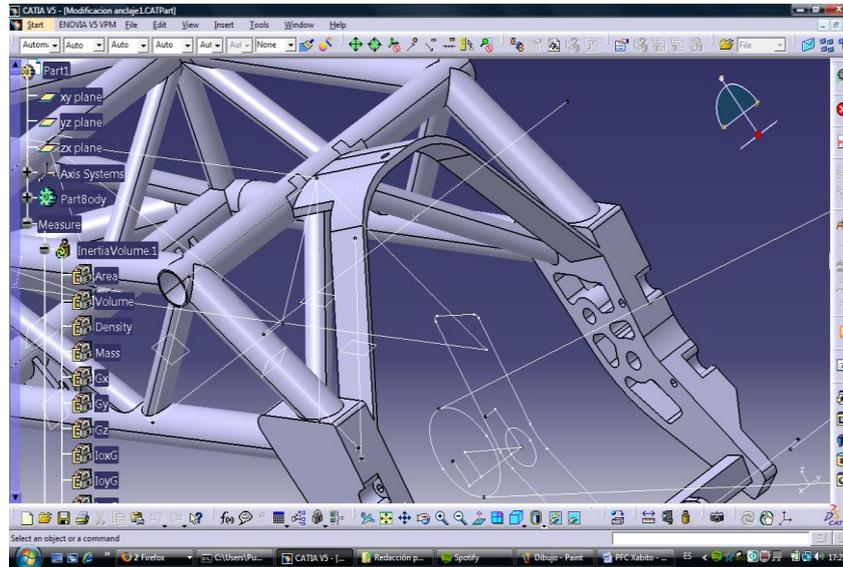


Imagen de la primera alternativa ideada.

Aquí el problema es que al ser una chapa doblada, los esfuerzos que se produzcan van a hacer que la chapa flecte con bastante facilidad. Además las uniones de la chapa tanto con las pletinas como con la barra transversal van a ser bastante más

débiles que en el caso inicial. Seguiríamos teniendo, del mismo modo, el hándicap de la flexión de la barra superior transversal.

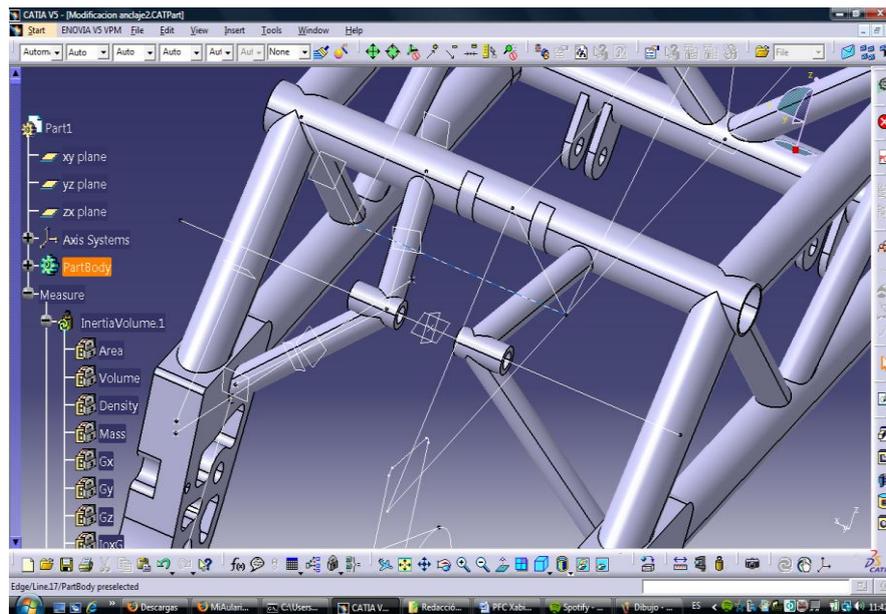
Estos problemas podrían solucionarse en parte añadiendo un par de tubos diagonales desde las pletinas hasta la parte central del tubo trasversal tal y como se muestra en la imagen siguiente.



Anclaje del amortiguador al chasis reforzado con los tubos

Haremos por tanto un ensayo de elementos finitos a esta estructura para analizar su viabilidad.

2.-Otra alternativa podría ser la que se muestra a continuación.



Alternativa del anclaje del amortiguador

De esta manera, las uniones, al ser tubo-tubo y pletina-tubo, son considerablemente más rígidas que en el caso anterior. Eso sí, tendríamos una menor capacidad de manipular la altura del amortiguador en este caso ya que iría anclado directamente a un eje que atravesaría la estructura. Cabría la posibilidad de variar dicha altura un poco a través de unos casquillos excéntricos acoplados al mecanismo.

El mayor problema que tiene esta solución es el flectado de la barra superior transversal, cosa que se podría solucionar llevando los tubos hacia los nodos exteriores. Tenemos en este caso la importante limitación por parte de IMCA (la empresa que nos suelda el chasis) de que no lleguen tantos tubos al mismo nodo por el tema de la soldadura. De modo que llevaremos los tubos casi hasta los nodos exteriores. De esta forma, esos tubos que quedarán más diagonales sufrirán bastante más cargas pero solucionaremos la flexión de la barra transversal.

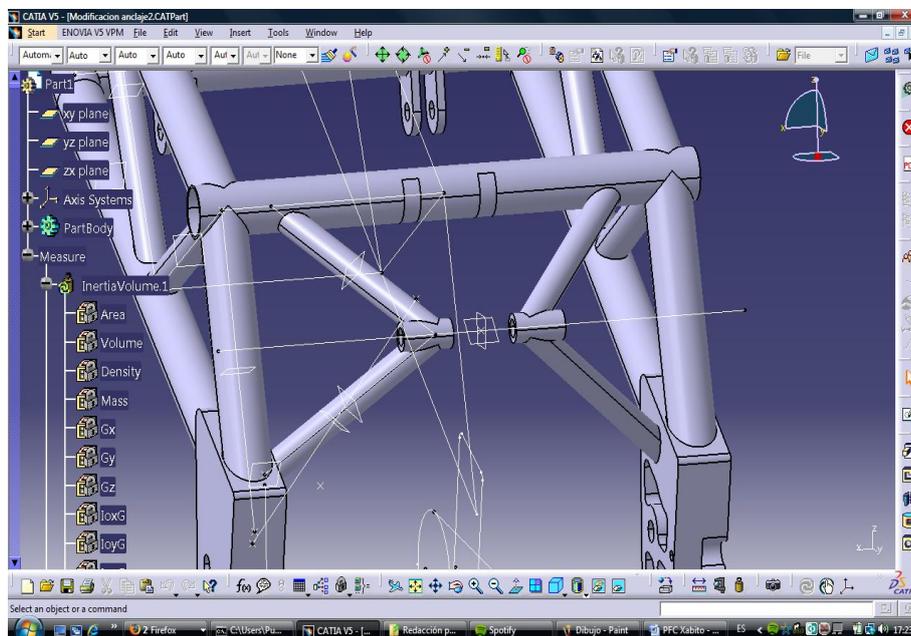


Imagen de la solución pensada

Haremos por tanto un ensayo de elementos finitos a esta estructura para analizar su viabilidad.

3.-La tercera solución que hemos pensado es un poco mezcla de ambas.

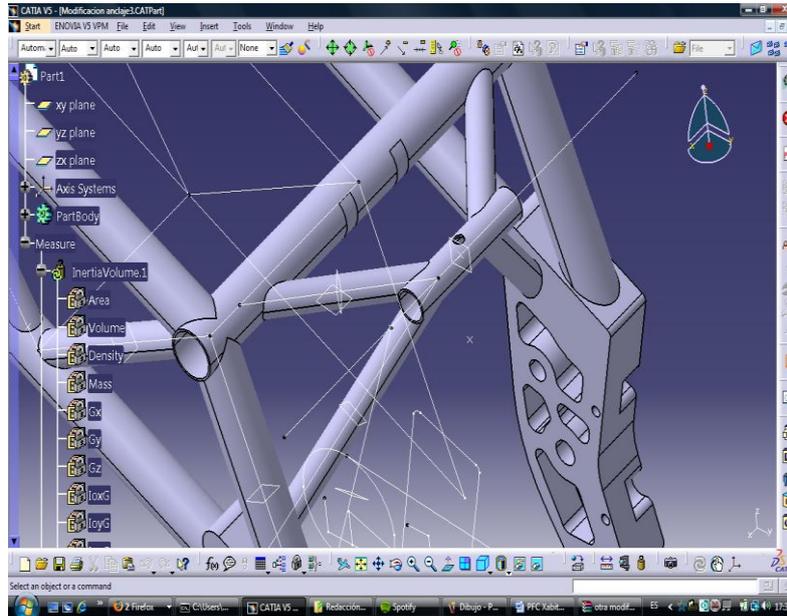


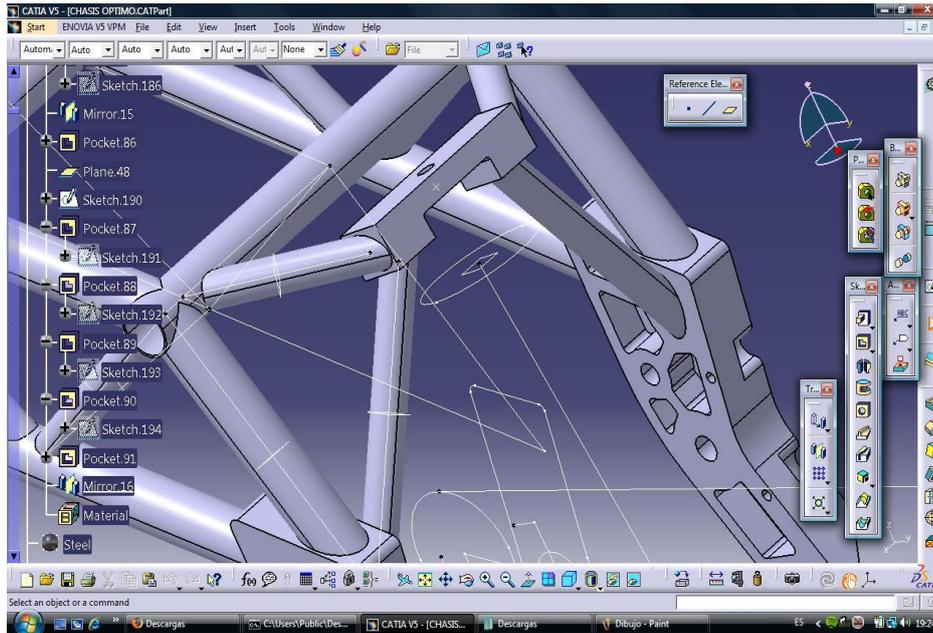
Imagen de la tercera solución pensada.

Por un lado queríamos utilizar el mismo sistema que tenemos ahora mismo para poder regular la altura del amortiguador lo más posible y por otro lado queríamos evitar la flexión del tubo superior transversal llevando las cargas a los nodos laterales cuanto más mejor. En este caso veríamos la posibilidad de utilizar tubos cuadrados para que de esta forma la pletina donde va el tornillo regulador fuera más fácil de colocar.

Haremos por último un ensayo de elementos finitos a este mecanismo para analizar su viabilidad.

Por último, nos dimos cuenta que para colocar el mecanismo que permite la regulación del amortiguador en altura, el anclaje nos quedaba realmente muy alto, de modo que inutilizaba varias de las opciones anteriores.

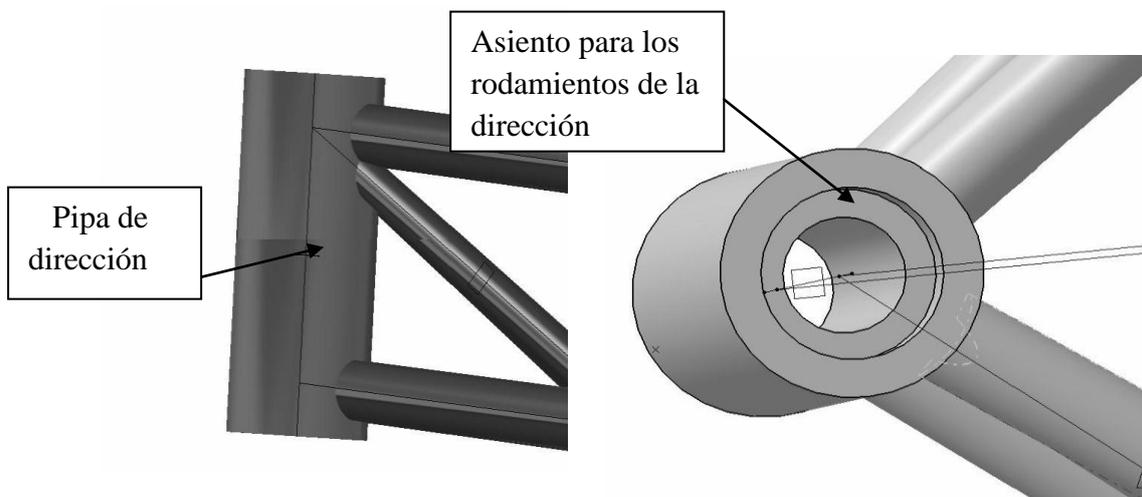
4.-La idea final que tuvimos, y que tras hacerle sus correspondientes pruebas fem elegimos como definitiva para nuestro chasis fue la siguiente.



Solución definitiva para el anclaje del amortiguador al chasis

La solución nos pareció la más rígida de todas dado el poco espacio del que disponemos puesto que el amortiguador queda a una altura importante y relativamente cerca de la barra transversal. Simplemente se trata de una pieza maciza mecanizada con un vaciado por la parte inferior. Esto hace que además de reducir considerablemente su peso podamos bajar un poco el anclaje ya que la pletina de regulación del amortiguador tiene que apoyar sobre la cara plana metida hacia adentro. La pieza mecanizada se adhiere al chasis a través de unos tubos soldados a sus caras laterales e inferiores. Además eliminamos el voladizo del diseño inicial.

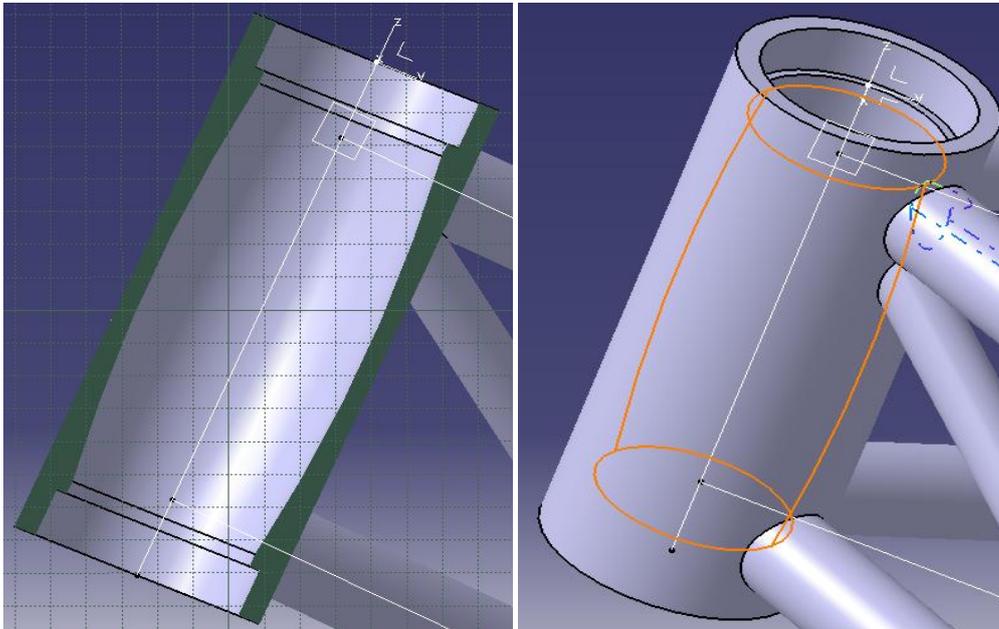
- 4) Específicamente debido a un tema de fabricación y de ligereza se decidió cambiar igualmente la pipa de la dirección. En un principio teníamos un diseño de pipa cilíndrica tal y como se observa a continuación.



Imágenes de la pipa de dirección diseñada inicialmente

Este diseño tenía un par de problemas importantes. Uno de ellos era el excesivo peso que añadía a la estructura y el otro, no menos importante, atañía al proceso de soldadura posterior de los tubos que llegaban a la pipa respecto a la propia pipa de dirección. En el diseño inicial la pipa tenía un grosor de 12 mm, exactamente 10 veces mayor que el espesor de los tubos. En estos casos cuando los espesores de las paredes donde se produce la soldadura están tan descompensados, el calor de aportación de la soldadura no se reparte equitativamente entre los tubos (se calienta mucho más el tubo delgado) y la soldadura queda extremadamente debilitada.

Por eso finalmente decidimos hacerle unos rebajes a la pipa de forma que además de reducir el peso de la estructura en más de medio kilogramo conseguíamos cordones de soldadura mucho más fuertes. Por último y como vimos que íbamos holgados con las tensiones en la pipa decidimos hacer los rodamientos de dirección más grandes para así comerle más material a la pipa. De modo que el diseño final de la pipa quedó de la siguiente manera.



Imágenes de la pipa de dirección

11.2 Puntos críticos en la fabricación del chasis

A la hora de fabricar nuestro bastidor hay que tener especial cuidado en una serie de aspectos que resultan imprescindibles para que la moto se comporte posteriormente como nosotros deseamos. Estos serían los más importantes:

- Cortes de los tubos a láser correctos.
- Vaciado de las pletinas correctos.
- No mecanizar ejes antes del proceso de soldadura.
- Doblado de los tubos simétrico y sin deformación de los tubos.

- Mecanizado correcto de las pletinas y el anclaje del amortiguador en dimensiones y forma (no dejar aristas vivas que sean puntos de concentración de tensiones).
- Diseño óptimo del utillaje necesario para la soldadura.
- Elegir la secuencia de soldadura óptima.
- Correcta elección de las varillas de aportación para la soldadura tanto del material de los tubos Reynolds 631 como entre los tubos y las pletinas y pipa en St52.
- Simetría perfecta en la estructura tubular del bastidor en la soldadura (utillaje + secuencia de soldadura+ previsión de la distorsión producida).
- Tener una máquina de mecanizado lo suficientemente voluminosa para poder mecanizar el chasis.
- Paralelismo entre las pletinas del chasis.

11.2.1 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A. M. F. E.)

Este documento describe paso a paso el proceso de identificación, evaluación y prevención de deficiencias en los productos o servicios.

El AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) es una de las herramientas más utilizadas en la planificación de Calidad

1. OBJETIVO Y ALCANCE

Se definirán las reglas básicas a seguir para la realización e interpretación del Análisis Modal de Fallos y Efectos, resaltando las situaciones en que puede o debe ser utilizado.

Se aplica a todas aquellas situaciones en las que es necesario planificar o replanificar productos, servicios o procesos. Su utilización será beneficiosa para el desarrollo de los proyectos abordados por los Equipos de Mejora y por todos aquellos individuos u organismos que estén implicados en proyectos de mejora de la calidad en las que concurren estas circunstancias.

Además se recomienda su uso como herramienta de trabajo dentro de las actividades de planificación incluidas en las tareas de diseño, ingeniería y gestión.

2.- RESPONSABILIDADES

a) Grupo de trabajo o persona responsable del estudio:

- Seleccionar o comprobar que el grupo es adecuado para la realización del AMFE.
- Elegir un coordinador.

- Seguir las reglas que se señalan en el procedimiento para su correcta realización, interpretación y utilización.

- Proponer acciones correctoras, evaluar la eficacia de su adopción y efectuar su seguimiento.

b) Coordinador:

- Guiar al grupo de trabajo desde el punto de vista metodológico y proporcionarle la formación necesaria para la realización del AMFE.

- Coordinar el grupo de trabajo desde el punto de vista organizativo.

c) Dirección de Calidad:

- Asesorar a aquellos que así lo soliciten, en las bases para la realización, interpretación y utilización del AMFE.

3.- DEFINICIONES / CONCEPTOS

4.1.- ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)

Definición

Es una herramienta de análisis para la identificación, evaluación y prevención de los posibles fallos y efectos que pueden aparecer en un producto/servicio o en un proceso.

Características principales

A continuación se citan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.

Carácter preventivo

El anticiparse a la ocurrencia del fallo en los productos/servicios o en los procesos permite actuar con carácter preventivo ante los posibles problemas.

Sistematización

El enfoque estructurado que se sigue para la realización de un AMFE asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas.

Participación

La realización de un AMFE es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas.

4.2.- TIPOS DE AMFE

Existen dos tipos de AMFE:

- Un producto o servicio (AMFE de producto). Sirve como herramienta de optimización para su diseño.

- El proceso que permite la obtención del producto o la prestación del servicio (AMFE de proceso). Sirve como herramienta de optimización antes de su traspaso a operaciones.

En general, los dos tipos de AMFE deben ser utilizados, en una secuencia lógica, durante el proceso global de planificación.

- Una vez realizado el AMFE de producto/servicio, este pondrá de manifiesto el impacto que puede tener el proceso en la ocurrencia de fallos en aquel.

Esto será el punto de partida para el análisis del proceso mediante un nuevo AMFE (AMFE de proceso).

- A veces no se puede modificar el producto/servicio ya que nos viene impuesto. En este caso, nuestro proceso de planificación sólo requeriría un AMFE del proceso productivo o de prestación.

El proceso de realización es idéntico para los dos tipos mencionados.

4.3.- CLIENTE

Definición

Se considera cliente tanto el usuario final (cliente externo) como la siguiente operación o fase del proceso (cliente interno).

4.4.- FALLO

Definición

Se dice que un producto/servicio o un proceso falla, cuando no lleva a cabo, de forma satisfactoria, la prestación que de él se espera (su función).

4.5.- MODO POTENCIAL DE FALLO

Definición

Es la forma en que es posible que un producto/servicio o un proceso falle (Ej.: rotura, deformación, dilación, etc).

4.6.- EFECTO POTENCIAL DE FALLO

Definición

Es la consecuencia que pueda traer consigo la ocurrencia de un Modo de Fallo, tal y como las experimentaría el cliente (Ej.: deformación - no funciona).

CRITERIOS PARA AMFE DE PROCESO EN PRODUCCIÓN

GRAVEDAD

| CRITERIO | CLASSIFICACIÓN |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Nula. No hay efecto | 1 |
| Casi imperceptible. Un porcentaje muy bajo del producto deberá ser retocado en la misma cadena de producción y en el mismo puesto de trabajo. Algún cliente astuto percibiría el defecto. El defecto no afecta al desempeño del producto. | 2 |
| Muy baja, pero perceptible. Un porcentaje menor del producto deberá ser retocado en la misma cadena de producción pero en un lugar de trabajo diferente. Algunos clientes percibirían el defecto. Error de naturaleza poco importante que puede causar una ligera inconveniencia al cliente, aunque él no se dé cuenta. | 3 |
| Bastante baja: un porcentaje menor del producto está afectado. Todos los clientes percibirán el defecto aunque podrán continuar utilizando el producto con normalidad, aunque ligeramente insatisfechos. | 4 |
| Baja. Un porcentaje significativo del producto está afectado. El problema se puede solucionar reoperando el producto. El producto puede ser utilizado por el cliente, pero los más exigentes llamarían por teléfono para quejarse. | 5 |
| Moderada. Incidencia de gravedad baja pero que, o bien afecta casi a la totalidad de los productos o no puede ser reoperado. La mayoría de los clientes se irritan por el defecto, y muchos se quejan, aunque pueden utilizarlo. | 6 |
| Alta. Un porcentaje menor del producto está afectado, y es inservible para su uso. Para retirarlo hay que realizar una inspección al 100%. El cliente llama para quejarse en cuanto detecta el problema. El defecto no involucra funciones de seguridad ni el incumplimiento de la reglamentación. | 7 |
| Muy alta. Gran parte de la producción está afectada y es inservible para su uso, aunque no comporta peligro para la seguridad. El cliente se da cuenta con facilidad y llama alarmado para quejarse porque trastoca sus planes. | 8 |
| Extrema. Toda o parte de la producción está afectada. El defecto es difícil de detectar por el cliente aunque no comporta peligro para la seguridad, o bien afecta a la seguridad pero será detectado con facilidad. El cliente sufrirá sin remedio las consecuencias del defecto y le perjudicará gravemente. | 9 |
| Muy extrema. El defecto afecta a la seguridad y puede ser utilizado sin ser advertido por el cliente. | 10 |

OCURRENCIA

| CRITERIO | CLASSIFICACIÓN | PROBABILIDAD |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| Remota. Es muy improbable que suceda este fallo. Nunca ha ocurrido con anterioridad en procesos idénticos. Los resultados se sitúan en un entorno $\pm 5\sigma$ dentro de la especificación (la tolerancia especificada). $Cpk > 1.67$ | 1 | $< 1/1.500.000$ |
| Muy baja. Sólo algunos fallos puntuales han sido verificados en procesos idénticos. La capacidad es: $Cpk > 1.5$ | 2 | $< 1/150.000$ |
| Baja. Fallos puntuales asociados a procesos idénticos, $\pm 4 \sigma$ dentro de la especificación. $Cpk > 1.33$ | 3 | $1/15.000$ |
| Moderada. Algunos procesos similares han experimentado fallos esporádicos pero no en grandes proporciones. Capacidades $Cpk > 1.17$, $Cpk > 1.00$, y $Cpk > 0.83$ respectivamente. | 4 | $1/2.000$ |
| | 5 | $1/400$ |
| | 6 | $1/80$ |
| Alta. Procesos similares han tenido este fallo con bastante regularidad. Capacidades $Cpk > 0.67$, $Cpk > 0.51$, respectivamente. | 7 | $1/20$ |
| | 8 | $1/4$ |
| Muy alta. Con toda certeza aparecerá el error y de forma reiterada: $Cpk > 0.33$ i $Cpk > 0.17$, respectivamente. | 9 | $1/3$ |
| | 10 | $1/2$ |

DETECCIÓN

| CRITERIO | CLASSIFICACIÓN |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Muy alta. Probabilidad remota de que el producto sea liberado con el defecto. El defecto es una característica funcionalmente obvia y detectada inmediatamente por el operador. La fiabilidad de la detección es, como mínimo, del 99.99%. | 1,2 |
| Alta. Los controles actuales tienen una gran probabilidad de detectar este fallo antes de que llegue al cliente. El defecto es una característica fácilmente detectable porque se observa sin manipular demasiado el producto. La fiabilidad en la detección es como mínimo de 99.8%. | 3,4 |
| Moderada. El programa de controles puede detectar el defecto, aunque no es detectable a simple vista. Fiabilidad mínima del 98% | 5,6 |
| Baja. es posible que algunos defectos de este tipo no sean detectados. La fiabilidad en la detección es del 90%. | 7,8 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Muy baja. Los controles actuales son claramente ineficaces para detectar una parte significativa de los defectos. Se detectarían bastantes, pero muchos otros acabarían siendo enviados al cliente. | 9 |
| Certidumbre total. Si el defecto se produce no será detectado y acabará en manos del cliente con toda certeza. | 10 |

Aplicado en la gestión de la calidad, la realización de un AMFE pretende valorar los efectos que producen ciertas no conformidades asignándoles un índice numérico conocido como Índice de Prioridad de Riesgo. Se trata de valorar lo que puede ir mal con objeto de actuar sobre las causas que provocan los efectos más importantes.

El objetivo de hacer un AMFE es disponer de una lista valorada de los problemas que nos podemos encontrar, y así poder centrar nuestro esfuerzo en actuar sobre lo que más daño nos puede hacer. Se puede establecer una analogía entre AMFE y los diagramas de Pareto en cuanto a la búsqueda de lo más importante. En este caso se trataría de identificarlos mayores riesgos, y eliminarlos.

Esta importancia se cuantifica considerando la intervención de 3 variables:

- **Gravedad:** se cuantifica el riesgo asociado a la no conformidad por el nivel de afectación a la calidad del producto. Por ejemplo, si nuestro ordenador tiene la chapa exterior rayada nos causará insatisfacción, pero podremos utilizarlo. Sin embargo, si el defecto está en uno de sus componentes, el ordenador no funcionará bien, y habrá algo más que insatisfacción.
- **Ocurrencia:** un defecto puede ser muy grave, pero la probabilidad de que aparezca muy remota. La valoración final del riesgo asociado debe contemplar esta variable: la posibilidad de que ocurra el problema. Por ejemplo, que nos caiga un rayo encima es muy grave, pero bastante improbable. Si fuera muy probable habría que sembrar la tierra de pararrayos para protegernos.
- **Detección:** aún siendo algo muy grave y muy frecuente, hay otra variable que nos puede librar de la desgracia, nuestra capacidad para detectar el problema a tiempo para poner remedio. Por ejemplo, es muy grave y bastante probable que olvidemos poner el freno de mano a nuestro coche y que comience a moverse solo. Esto es fácil de detectar y no suele provocar mayores consecuencias.

En un AMFE cada riesgo (también denominado: modo de fallo) se valora multiplicando el nivel del efecto en cada uno de los componentes anteriores: Gravedad, Ocurrencia y Detección. La pauta habitual es asignar un valor entre 1 y 10 a cada componente, con lo cual se obtiene un Índice de Prioridad de Riesgo entre 1 y 1000 para cada posible modo de fallo.

El problema entonces es asignar un valor numérico a cada componente, hay que disponer de un criterio que nos permita asignar una nota entre 1 y 10 de la forma más objetiva posible. Cuanto más objetiva sea la interpretación de los criterios, mayor valor tendrá la clasificación final obtenida.

Los criterios que se aportan son un ejemplo para el diseño de planes de control en procesos de producción. Estos criterios deben ser reconstruidos o modificados para adaptarlos a la naturaleza de lo que se está analizando.

AMFE se puede utilizar en el diseño de planes de prevención de riesgos laborales, en el diseño de productos, en el diseño de medios productivos y de control, y en cualquier otro contexto en el que tratamos de evitar riesgos asociados a la calidad, la seguridad, riesgos ambientales, etc.

A continuación se llevará a cabo un AMFE del proceso de fabricación del chasis con el objetivo primordial de anticiparnos a los posibles fallos que se puedan producir en la fabricación y de esta forma reducir los riesgos de obtener un bastidor defectuoso.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E) DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CHASIS

| Descripción de la fase | Modo/s potencial/es de fallo | Efecto/s potencial/es del fallo | Gravedad | Causa(s) potencial(es) del fallo(s) | Ocurrencia | Detección | NPR | Acción(es) recomendada(s) | Área(s) / persona(s) responsable(s) y fecha de realización |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Corte de los tubos a láser | Corte erróneo | Mal comportamiento de la moto por asimetría del chasis. | 9 | Mala acotación de los planos y/o fallo en la interpretación de los planos por parte del operario. | 7 | 5 | 315 | Supervisar el proceso de cortado | XAE |
| Vaciado de las pletinas | Mecanizado excesivo o insuficiente. Mecanizar sobre la zona del eje del basculante o del anclaje del motor. | Cambio del comportamiento del chasis. Imposibilidad de anclar el motor y el basculante. | 8 | Fallo del operario o de los planos de mecanizado. | 2 | 2 | 32 | Supervisar los planos de mecanizado. Supervisar el proceso de mecanizado | XAE |
| Mecanizado pletinas y anclaje del amortiguador | Mecanizado incorrecto en dimensiones y/o forma | Dejar aristas vivas (concentración de tensiones...) La pieza no cumple los requisitos. | 5 | Mala interpretación de planos, cotas incorrectas, fallo operario... | 6 | 3 | 90 | Revisar los planos de mecanizado y supervisar el proceso de mecanizado. | XAE |
| Diseño del utillaje necesario para la soldadura | Diseño no óptimo del utillaje. | El utillaje fija de manera incorrecta los tubos. El operario no puede acceder a los puntos de soldadura (imposibilidad para soldar ciertas partes) Dificultad para desmontar el chasis. Aumento de los tiempos de soldadura (Retardos en los plazos de fabricación del chasis.) | 9 | Falta de utilización del concepto de ingeniería simultánea, es decir, diseñar el chasis sin pensar en cómo se va a fabricar. | 8 | 8 | 576 | Diseñar paralelamente a la empresa un utillaje y supervisar su diseño propio. Para próximas ediciones de motostudent utilizar el concepto de ingeniería simultánea. | XAE |
| Material de aportación en la soldadura del bastidor | Varillas no apropiadas al material del chasis. Mala calidad o condiciones de las varillas. | Propiedades inadecuadas del cordón de soldadura. | 10 | Error en la selección de las varillas. Negligencia en el distribuidor. | 4 | 10 | 400 | Preguntar especificaciones de las varillas de aportación apropiadas para el material | XAE |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Proceso de soldadura. | Inadecuada aportación de material por defecto o por exceso. Recalentamiento excesivo del metal base. | Cambio de las propiedades del metal base (se pierde rigidez del bastidor) Unión inadecuada de los tubos. Distorsión excesiva de los componentes del chasis (pletinas, anclaje del amortiguador...) Asimetrías en el chasis. | 9 | Escasa experiencia del soldador. Equipo de soldadura inadecuado. Agotamiento del Argón. Fallo en el diseño de la secuencia de soldadura. Mal diseño del utillaje. | 8 | 7 | 504 | Revisar minuciosamente el utillaje y la secuencia de soldadura. Elegir un soldador con formación en soldadura TIG. | XAE |
| Mecanizado ejes de la dirección, basculante y anclaje del motor | Agujeros distorsionados. Mecanizar donde no se debe. | Imposibilidad de encajar los ejes. Comportamiento diferente y no estudiado de la moto. | 10 | Interpretación errónea de los planos. Mal estado o calidad de las herramientas.Mecanizar los agujeros importantes antes de soldar. | 2 | 10 | 200 | Mecanizar todo lo importante después del proceso de soldadura para evitarse las distorsiones en el material que esta conlleva. | XAE |
| Mecanizado ejes de la dirección, basculante y anclaje del motor | Imposibilidad de entrar a mecanizar. | El chasis sin mecanizar es totalmente inservible. | 10 | No poder acceder a mecanizar el chasis por el propio volumen del bastidor. El diseño no piensa en cómo se va a fabricar. | 7 | 2 | 140 | Cerciorarse de que se puede acceder con la fresadora a la estructura, que el volumen del chasis lo permite. | XAE |
| Transporte del chasis | Deterioro o rotura de alguna pieza que afecta al chasis (ralladura del chasis, rotura de algún cordón de soldadura, deformación de los tubos...). | Chasis no válido. | 9 | Embalaje inadecuado. Accidente del trasportista. | 5 | 7 | 315 | Recordar a los fabricantes en todo momento la importancia de manipular el bastidor con un cuidado extremo ya desde el cortado de los tubos. | XAE |
| Pintura del chasis | Falta de uniformidad de la pintura. Aparición de grumos. Aparición de ampollas. Entra polvo o arenilla en la cabina de pintura. | El chasis se oxida. Se debilitan los cordones de soldadura. | 6 | Pistola de aire sucia. Aplicación bajo condiciones de mucha humedad. Contaminantes en el área de pintura. Sacar el chasis de la cabina antes de que estuviese seco. Mala filtración del aire entrante en la cabina. | 4 | 4 | 96 | Mantener limpio los equipos de aplicación. Mantener el ambiente limpio en el secado del chasis. Instalar los filtros de aire correspondientes | XAE |
| Fabricar sin tener en cuenta la maqueta 3D de la moto completa. | Interferencia de unos componentes con otros. | Inutilización de las piezas | 10 | No disponer a tiempo de la maqueta 3D de la moto o no tener en cuenta en el diseño posibles interferencias de los componentes. | 3 | 3 | 90 | Primero dibujar la maqueta 3D completa de la moto y luego empezar a fabricar. | XAE y MAA |

11.3 Secuencia de fabricación del chasis

Un tema primordial en la fabricación del prototipo es idear una secuencia de trabajo para, paso a paso, ir generando la estructura que genera el bastidor. Tras bastantes deliberaciones se llegó a la conclusión de que la forma óptima de llevar a cabo la fabricación era la siguiente:

1. Corte de los tubos a laser en la empresa navarra Laser Ebro.



Corte a láser de los tubos Reynolds 631

2. En paralelo se puede llevar a cabo también el premecanizado de las pletinas del chasis (contorno y vaciados), el mecanizado de la pipa (no los ejes sino sólo el contorno) y el mecanizado de la pieza de anclaje del amortiguador al chasis (sin mecanizar el eje dónde se acopla el tornillo regulador) en el taller navarro CODI.
3. En paralelo también se puede llevar a cabo el diseño y la fabricación del utillaje para soldar el chasis (Véase apartado posterior de utillaje para soldadura del chasis)
4. Material de aportación. Para elegir el material de aportación hay que tener en cuenta:
 - Composición química del metal base o metales base que vamos a soldar. En nuestro caso son acero Reynolds 631 y acero ST 52
 - El tipo de soldadura, en nuestro caso TIG.
 - Esfuerzos a los que va a estar sometida la soldadura.

Teniendo en cuenta estos factores y la experiencia del fabricante, vamos a utilizar unas varillas **ER 80SG CARBOROD CrMo**.

Análisis químico del metal depositado (Valores: EN 10 204-3.1)

| | | | |
|-----------|-----------|------------|------------|
| C: 0,095 | P: 0,06 | V:0,004 | As: 0,002 |
| Mn: 0,990 | Cr: 1,170 | Cu: 0,160 | Ti: 0,0020 |
| Si: 0,720 | Ni: 0,050 | Al: 0,0030 | Sb: 0,003 |
| S: 0,008 | Mo: 0,470 | Nb:0,0040 | Sn: 0,006 |
| N: 0,0070 | O: 0,003 | | |

Propiedades mecánicas del metal depositado (Valores: EN 10 204-2.2)

LÍMITE ELÁSTICO (N/mm²): >470

RESISTENCIA TRACCIÓN (N/mm²): 550-680

ALARGAMIENTO (%): >19

RESILIENCIA (J.): >47

TRATAMIENTO TERMICO: 690°C/1h

- Elección de la fuente de alimentación. Elegimos una fuente de alimentación fijándonos:
 - Que sea una fuente de TIG.
 - Como los espesores con los que vamos a trabajar son de 1,2 mm entonces la intensidad de soldadura no hace falta que sea muy elevada, por tanto elegimos una fuente que permita trabajar al 100% de rendimiento con una intensidad de unos 125 A, es decir, sin necesidad de hacer paradas de la máquina para que refrigere, , de esta manera no perdemos tiempo durante el ejercicio de la soldadura.
 - Que el precio sea lo más ajustado posible.

| Modelo | ICON Pro 1950 |
|--------------------------------|---------------|
| Tensión de entrada (V) | 230 V 1PH |
| Potencia absorbida (Kva) | 6,9 KVA |
| Intensidad max. Entrada (A) | 28 A |
| Tensión en vacío (mín.-máx. V) | 62 Vdc |
| Intensidad soldadura max(A) | 180 A |
| Rango regulación (mín.-máx.) | 10-180 A |
| Electrodo max. Recom. (mm) | 4 |

| | |
|------------------------------------|--------------------|
| Rendimiento MMA 40°C (20°C) | 60(70)% |
| Intensidad al 60% | 180 A |
| Intensidad al 100% | 130 A |
| Rendimiento TIG 40°C (20°C) | 65(75)% |
| Intensidad al 60% | 190 A |
| Intensidad al 100% | 140 A |
| Dimensiones L/An/Al (mm) | 430x175x325 |
| Precio | 720€ |
| Peso (Kg.) | 7,2 |

6. Elección del electrodo.

Elegiremos un electrodo que nos permita soldar utilizando corriente DC, ya que vamos a soldar aceros y a poder ser no radioactivo, por eso elegimos:

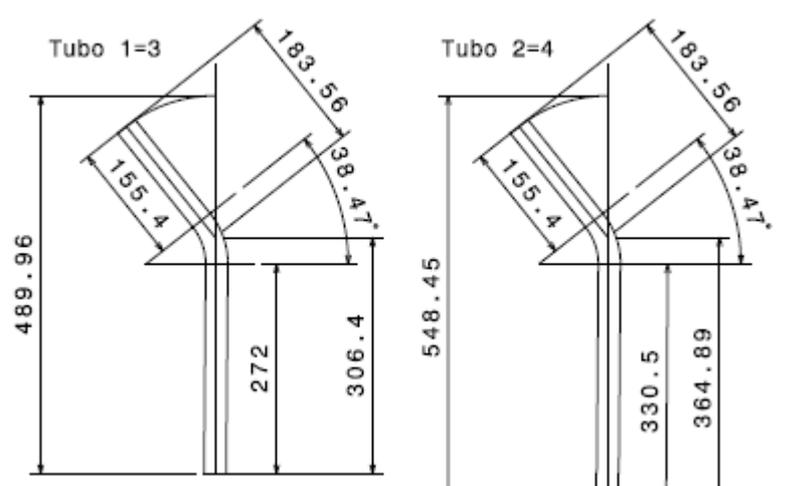
Electrodo 1,5% Lanthano-Amarillo- Dorado

En este caso el Tungsteno se combina con un 1,5% de Lanthano material también no-radioactivo con grandes propiedades anti-desgaste, estabilidad del arco y ignición reignición excelentes sobretodo en corriente DC.

| Aplicaciones | Materiales | Intensidad de Uso (AMP) | Medida | Código | |
|--------------|----------------------|-------------------------|---------|--------|------|
| DC | Acero | 10-80 | 1,0mm | 6214 | |
| | Acero Inoxidable | 50-120 | 1,6mm | 6215 | |
| | Aleaciones de Níquel | 90-190 | 2,0mm | 6216 | |
| | Titanio | | 100-230 | 2,4mm | 6217 |
| | | | 170-300 | 3,2mm | 6218 |
| | | | 260-450 | 4,0mm | 6219 |

7. Simultáneamente también teníamos que llevar a cabo el doblado de los tubos (cuatro tubos en el caso del chasis) lo cual supuso un tema crítico en la fabricación del bastidor. Los ángulos de doblado no eran excesivos por lo que no había esa limitación, el problema radicaba en el pequeño espesor de los tubos Reynolds 631. Los 1,2 mm de espesor se hacían extremadamente escasos para conseguir un doblado que no chafara los tubos. Se barajaron varias opciones para tratar de contrarrestar este efecto que se produciría doblando los tubos de forma convencional con una dobladora tradicional. Todas ellas trataban de rigidizar interiormente los tubos para así impedir dañar los tubos una vez eran doblados.

- Una opción factible era rellenar los tubos a doblar con arena seca, a continuación taponar los extremos de los tubos (tapones, corchos o incluso soldando una chapas) y acometer el doblado en ese momento. El problema es que no encontramos un proveedor fiable de este tipo de arena especial y finalmente desechamos esta opción.
- Mirando un documental del Discovery Channel aprendimos una nueva forma de doblar tubos de pared delgada que consistía en rellenar el tubo con agua taponando los extremos, meter los tubos a un congelador hasta que el agua en el interior se hiele completamente de forma que el tubo pasaba a ser un solo sólido y posteriormente sacar los tubos para ser doblados inmediatamente aprovechando esa rigidez. Esta opción fue probada pero tenía inconvenientes importante ya que por ejemplo como los tubos estaban ya cortados a láser eran muy complicado taponar perfectamente los tubos para evitar que el agua saliera de modo que todo el tiempo estábamos teniendo pérdidas importantes por los extremos del tubo. Además una vez sacamos los tubos del congelador teníamos muy poco margen de tiempo para prepara el doblado. Finalmente las pruebas que realizamos desaconsejaron la utilización de esta técnica.
- Por último lo que hicimos es comprar plomo y rellenar los tubos con este metal. El plomo tiene un punto de fusión de 327° C, muchísimo más bajo que el del acero de modo que tras introducir plomo en los tubos y doblarlos, la forma de separar ambos metales era meter la pieza en un horno hasta la fusión del plomo y de este modo el plomo se licuaba. Esta posibilidad tenía una contrapartida ya que el acero se sometía a temperaturas que podían inducir fenómenos de recristalización en el seno del material lo cual hacía variar completamente las propiedades del material. Pero tras consultar este tema con los técnicos se desestimo esta posibilidad para este tipo de acero y por lo tanto fue la solución que tomamos para llevar a cabo el doblado tanto de los tubos del chasis como los del basculante.



Plano de plegado de los tubos del chasis

8. Soldadura de los tubos del chasis y de los tubos con las pletinas y anclajes en la calderería navarra IMCA.



Imagen del operario punteando los tubos del bastidor

9. Otro aspecto es que hay que estabilizar el chasis completo antes de mecanizarlo. El proceso consiste en introducir la estructura en un horno y llevar a cabo una rampa de calentamiento (aproximadamente a 50° C/hora) hasta una temperatura de unos 500° C para ir liberando al bastidor de las

importantes tensiones residuales que se generan con la soldadura. Mientras se van relajando las tensiones las dimensiones pueden cambiar un poco. Para el chasis esto no es excesivamente problemático ya que las pletinas están unidas por un perfil que impide que se deformen demasiado. En el caso del basculante tendremos que colocar un perfil de pletina a pletina sujetado por sargentos para evitar una excesiva deformación. El proceso de estabilización genera la formación de cascarilla en la superficie del material, de ahí que una vez estabilizado el chasis haya que proceder a un granallado del mismo.

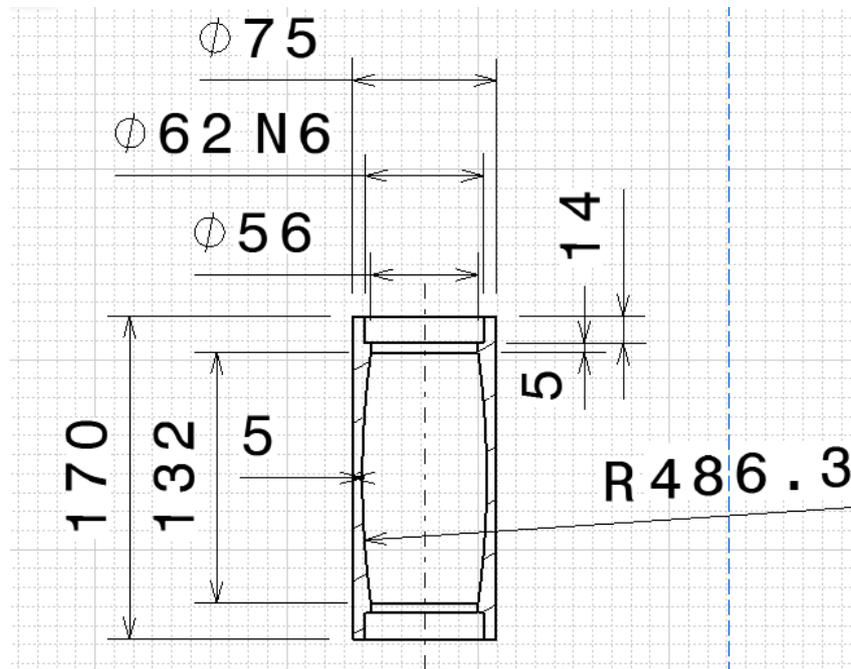
10. Granallado suave con el objetivo de dejar la superficie limpia y fina para la posterior pintura de la misma.



Cabina de granallado

11. Mecanizado del chasis. En este proceso se llevarán a cabo todos los mecanizados que podían verse distorsionados por la soldadura y que es mucho más conveniente realizarlos a posteriori. El mecanizado de los ejes para el motor, del eje del basculante, los anclajes para las estriberas, el eje del anclaje del amortiguador etc... Esta última parte de la fabricación del chasis la llevamos a cabo en la empresa navarra CODI que realiza la mayoría de los mecanizados para la escudería navarra Inmotec. CODI dispone en sus instalaciones de un utillaje hecho en aluminio para amarrar este tipo de estructuras de forma que con un centro de mecanizado de 4 ejes se puede acceder a la pieza ya fijada y mecanizar sobre las superficies requeridas. Si hubiésemos mecanizado los agujeros importantes antes del proceso de soldadura, estos habrían sufrido una distorsión muy perjudicial durante el proceso y se daría el caso por ejemplo de que los rodamientos que se insertan

en la pipa de la dirección no entrarían ya que el agujero no estaría perfectamente cilíndrico.



Mecanización de la pipa de la dirección

En la imagen anterior se muestra el mecanizado de la pipa de la dirección con la tolerancia de fabricación necesaria para el ajuste entre el rodamiento y la pipa. En este caso se podría mecanizar perfectamente antes de la soldadura los rebajes generales pero lo que habría que mecanizarse seguro después del proceso de soldadura serían los dos asientos (el de arriba y el de abajo) para los rodamientos de dirección tal y como se observa perfectamente en la fotografía siguiente.

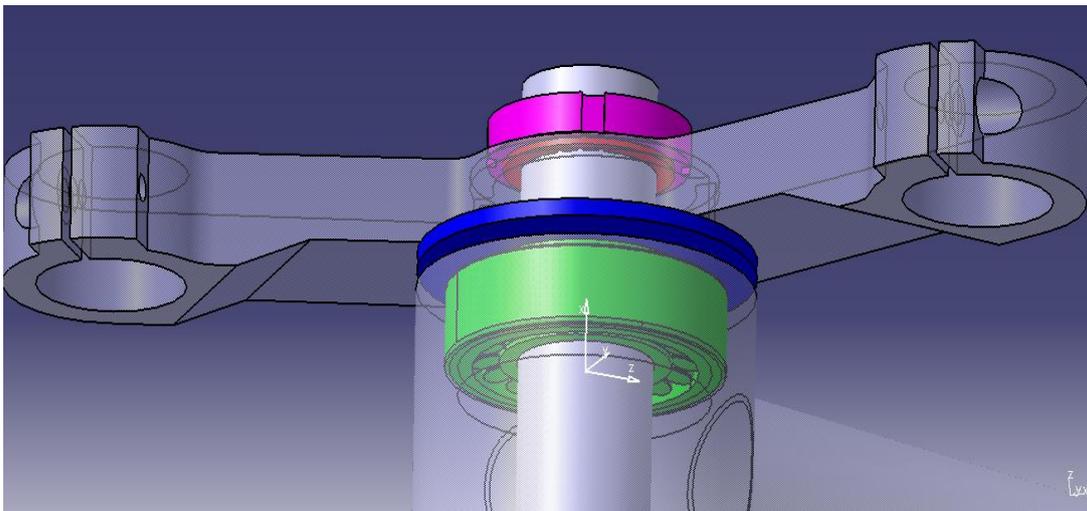
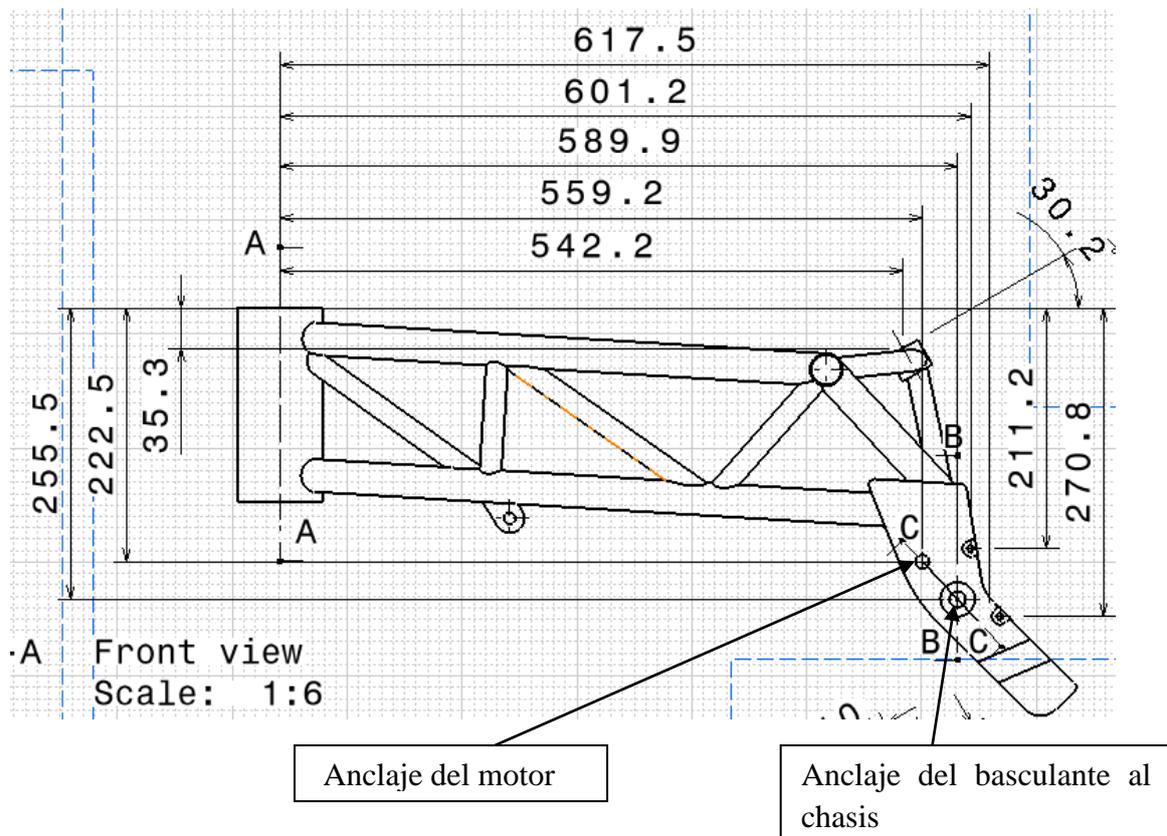


Imagen del conjunto de la dirección con la pipa, el eje de dirección, la tija y los rodamientos.

Aparte de la pipa de dirección, en el chasis hay que mecanizar igualmente los agujeros para el anclaje del motor y del basculante. Para ello CODI dispone de un mecanismo que posiciona puntos en el espacio con la máxima precisión. De modo que con el chasis fijado en el utillaje, el robot te da la posición exacta del anclaje del motor y del eje del basculante respecto de la cara superior de la pipa y así la fresadora puede comenzar a mecanizar los agujeros.



Todos los mecanizados post-soldadura se llevaron a cabo en el centro de mecanizado de 4 ejes de CODI que se muestra a continuación. El objetivo es garantizar las cotas más importantes del bastidor.



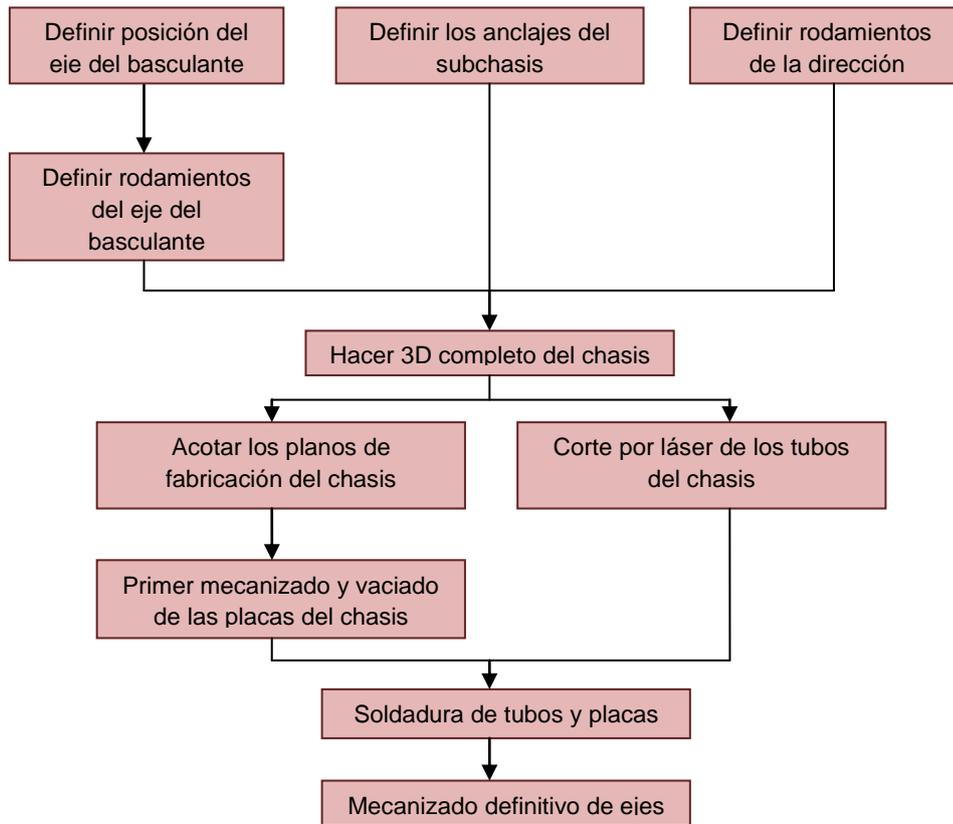
Centro de mecanizado de 4 ejes de CODI

Por motivos de confidencialidad y privacidad no se me permitió tomar fotografías del utillaje que utiliza CODI para fijar el chasis y el basculante a la hora de mecanizar ya que la empresa realiza muchos mecanizados para la escudería Inmotec la cual pide total discreción en cuanto a medios de fabricación y procesos. Simplemente señalar que se trata de una única pieza enorme de aluminio mecanizado con una serie de resaltes móviles donde se amarran los mecanismos importantes a fijar.

12. Imprimación y pintura del chasis.

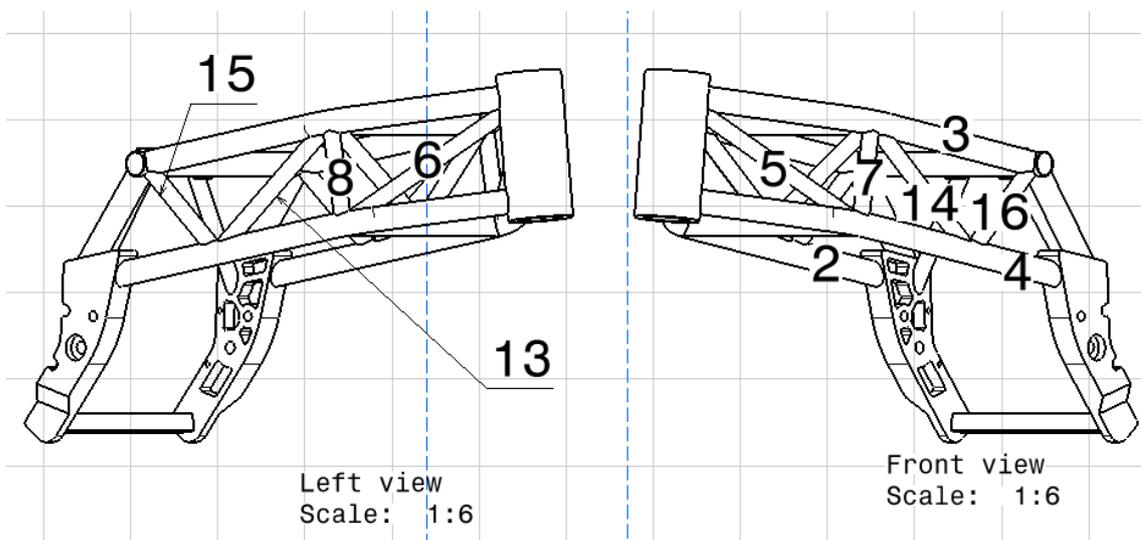


Proceso de pintura del chasis de una motocicleta

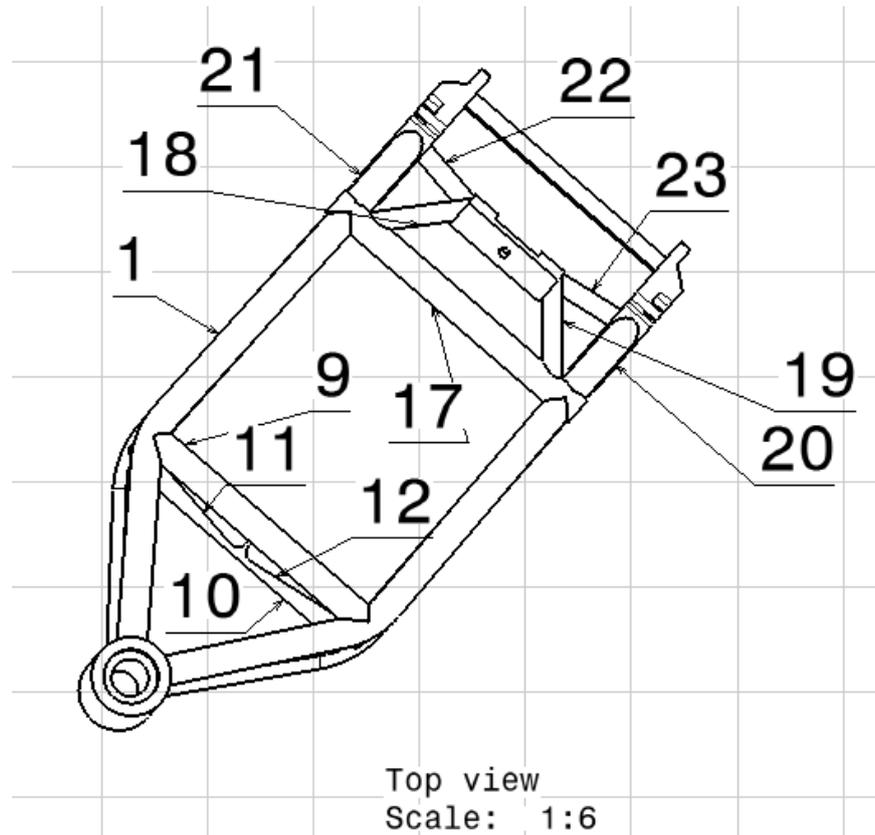


11.4 Secuencia de soldadura del bastidor

Teniendo los tubos del chasis numerados perfectamente veremos a continuación la secuencia que vamos a llevar en la soldadura del chasis.



Numeración de los tubos del bastidor



Numeración tubos chasis

Primeramente lo que hicimos fue armar en el utillaje los tubos largos doblados (1,2,3,y 4) y proceder a darle unos puntos de soldadura contra la pipa para fijar la parte delantera del bastidor junto con los tubos transversales nº17, 9 y 10. A continuación colocamos en el utillaje todos los tubos diagonales que dan la triangulación al bastidor. La mayoría de ellos tuvieron que ser limados ya que no encajaban en la estructura. Una vez tuvimos todas las diagonales colocadas procedimos al punteado de los mismos (tubos nº 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15 y 16). En última instancia debíamos colocar las pletinas del chasis y la pieza de anclaje del amortiguador con sus tubos asociados. Primero colocamos las pletinas del chasis en su sitio correspondiente y para mantener el paralelismo entre las placas lo que hicimos inicialmente fue soldar el perfil que sirve de anclaje para los links del basculante. Con las placas perfectamente paralelas era turno de puntear los tubos que unen las pletinas al chasis. Ya por último lugar colocamos el anclaje del amortiguador centrado en el soporte del utillaje, encajamos los tubos que le dan soporte y los punteamos. Una vez teníamos el bastidor punteado era turno de deshacer el utillaje fabricado para lo cual, como ya se ha comentado anteriormente, utilizamos el soplete con el que de una manera muy sencilla se fueron derritiendo rápidamente las placas.

Muy importante a la hora de comenzar la soldadura había que limar un poco el reborde de los tubos porque el corte a láser produce una cementación que dificulta la soldadura en la superficie.



Imagen delantera del chasis punteado

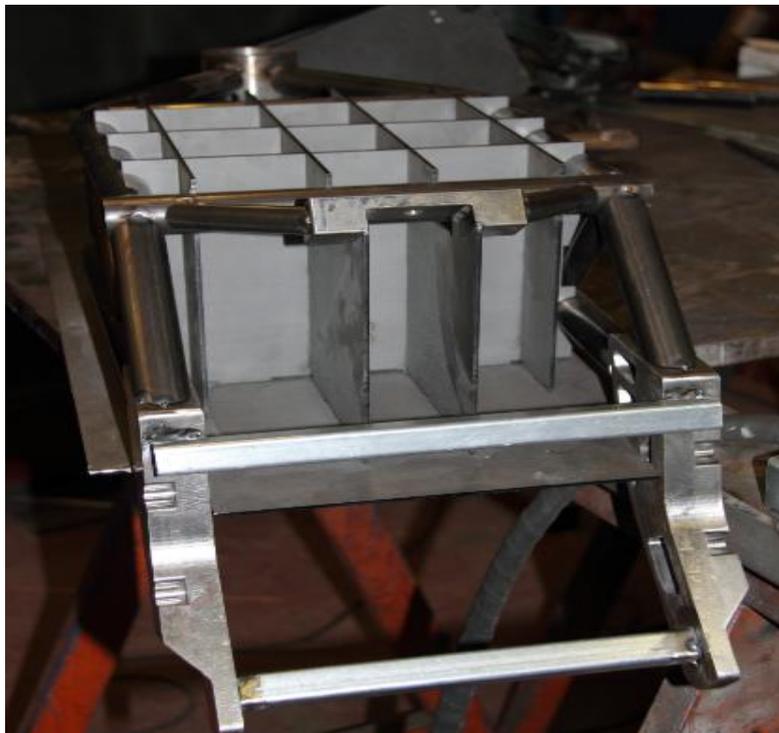


Imagen trasera del bastidor punteado

Así es como quedó el chasis recién salido del taller de soldadura. El aspecto que tiene es espectacular. Los cordones de soldadura parecen extremadamente robustos, las dimensiones generales son las esperadas y a simple vista la simetría de la estructura parece asegurada.



Detalle de la soldadura TIG del bastidor

Los cambios de tonalidad que se aprecian perfectamente en el material denotan los calentamientos producidos en el proceso de soldadura.



Imagen del bastidor recién salido del taller



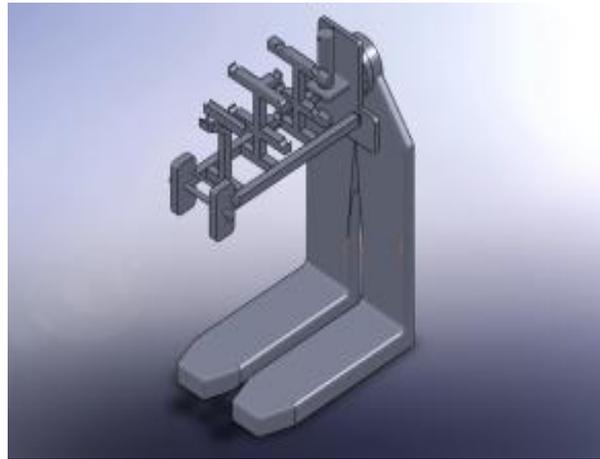
Imagen trasera del chasis soldado

11.5 Utilajes soldadura chasis

Se pensaron en varias alternativas para fijar la estructura antes de soldar.

1ª Opción

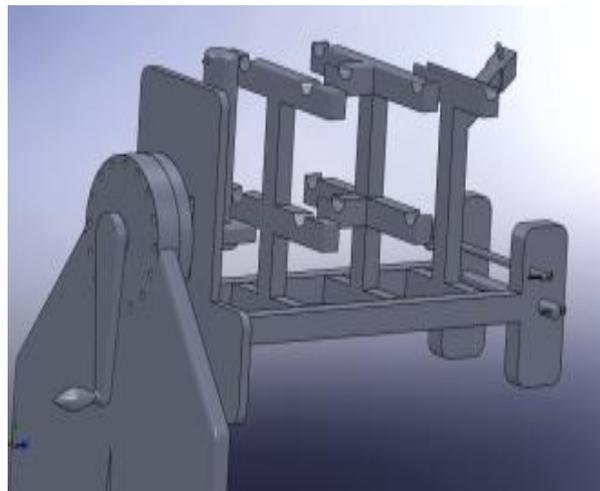
Una vista preliminar del diseño de nuestro banco para la soldadura del chasis de la motocicleta.



Vista preliminar de la bancada para soldar el bastidor

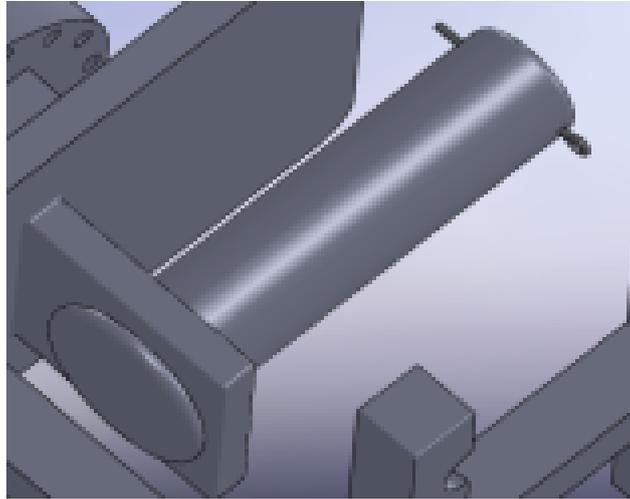
Colocamos el soporte del chasis en una columna en "L" para mayor movilidad y a mejor altura para el soldador.

Primeramente había que tener claras las cotas más importante que se debían mantener en el chasis después de la soldadura; había que mantener el paralelismo entre las placas donde se montaran el basculante y servirán de apoyo al motor; así como la distancia de estas placas a la pipa, el punto del apoyo del amortiguador trasero debía mantener sus cotas con respecto al chasis tanto como la inclinación del anclaje del amortiguador; con esto claro intentamos hacer un diseño que fijase estas piezas principales.



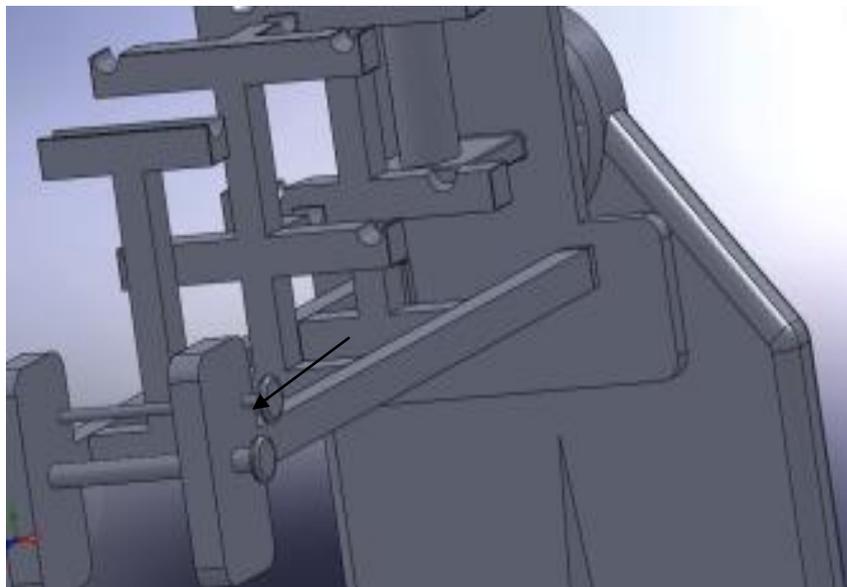
Vista preliminar delantera de la bancada

- Para mantener la distancia fijamos las piezas al banco diseñado con esa distancia fija. Posicionamos la pipa sobre el soporte e introducimos un pasador con su correspondiente fijación, a través de la pipa.



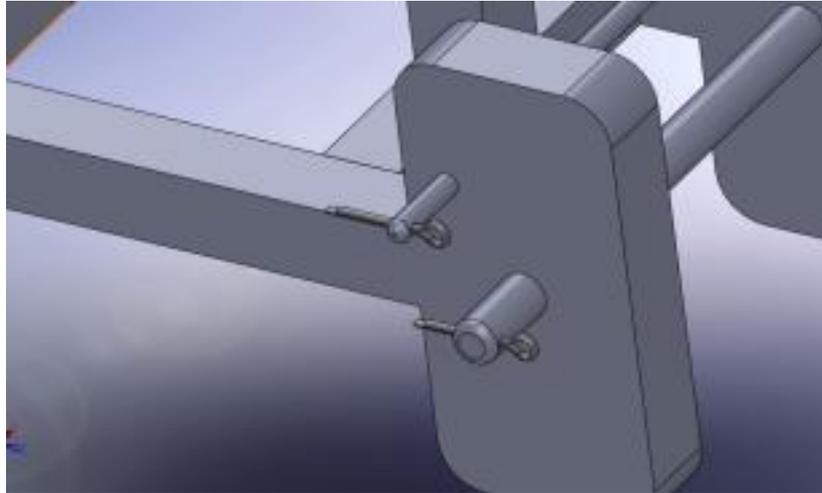
Utillaje para fijar la pipa de dirección

- Para fijar las placas de apoyo del basculante y del motor dotamos de unos orificios del diámetro de los de las placas a los largueros principales del soporte chasis por los cuales pasaremos los pasadores con sus respectivas chavetas para mantenerlas en posición a las placas.



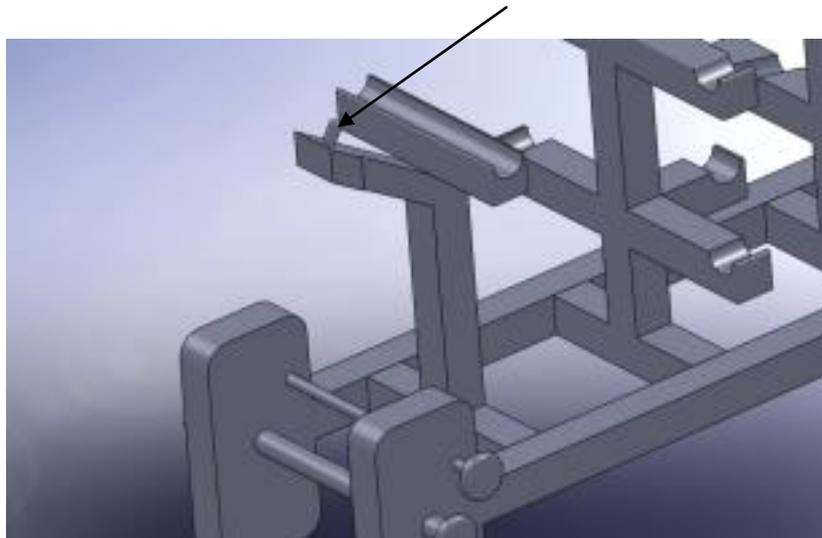
Utillaje para fijar las pletinas del chasis

- Otro de los objetivos es mantener el paralelismo entre las placas soporte basculante y apoyo motor. Donde irán apoyadas las placas decidimos aumentar su superficie de apoyo y con ello asegurar que mantengan su paralelismo.



Superficies donde van apoyadas las pletinas del chasis

- El punto de apoyo del amortiguador trasero debía ser fijo tras la soldadura y con una inclinación específica; por ello diseñamos un brazo de apoyo con un pasador para introducir ahí la pieza del anclaje del amortiguador trasero al chasis.



Soporte para el anclaje del amortiguador

Después de haber dibujado un posible boceto del soporte decidimos dar algo de facilidad al proceso de soldadura permitiendo a la plataforma soporte girar a gusto del soldador con ayuda de una manivela y habiendo marcado la rueda con posiciones a diferentes grados fijándolas con pasadores. Esto da la posibilidad al soldador de acomodar el chasis al proceso de soldadura.

Posiciones de giro

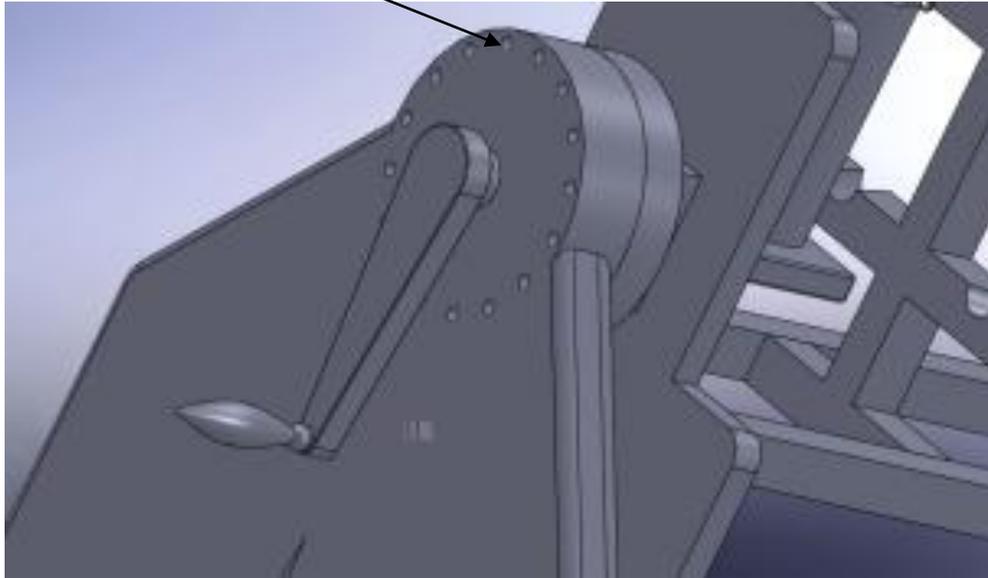


Imagen de la manivela y el soporte rotatorio

FUNCIONAMIENTO

Las flechas verdes son acanaladuras para las barras transversales.

Las flechas rojas son para las dos barras inclinadas principales de arriba y las flechas azules son para las de abajo. La flecha amarilla señala el anclaje de la pieza donde se montará el amortiguador trasero el anclaje esta diseñado para montar la pieza de forma que no se gire y permanezca en su posición a la hora de soldar los tubos.

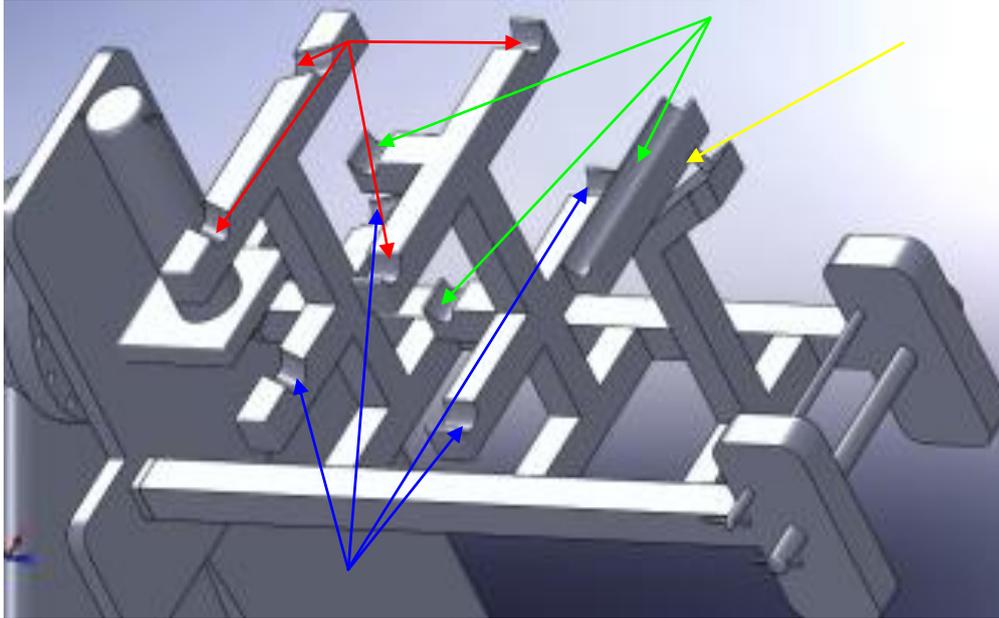


Imagen del utillaje con las flechas de las acanaladuras

PASOS:

1. Primero montaríamos la pipa con su pasador y su chaveta en su soporte, a continuación haríamos lo mismo con las placas de soporte del basculante y del motor, las pondríamos en su posición con sus respectivos pasadores y chavetas de seguridad.
2. Montamos las barras principales longitudinales (flechas rojas y azules) en sus respectivas acanaladuras; en este momento el soldador haría los cordones por la parte superior del chasis y después iría girando el soporte para mayor comodidad y acabaría todas las soldaduras de las barras longitudinales en diferentes posiciones.
3. Aseguradas las barras longitudinales repetiríamos el proceso con las barras transversales (flechas verdes).
4. Por último colocaríamos la pieza del amortiguador trasero en su anclaje y soldaríamos las barras; girando como en los procesos anteriores el soporte para mayor facilidad para el soldador.
5. El resto de las barras las soldaríamos a mano con ayuda de una segunda persona, siendo las barras que hemos soldado ya las más importantes estructuralmente por ello del diseño de nuestro soporte para la soldadura.
6. Comprobadas todas las soldaduras, soldados todos los tubos soltaríamos las chavetas de nuestros pasadores colocados precisamente para tener la posibilidad de extraer el chasis del banco de soldadura sin tener que romper ningún apoyo sino que simplemente levantando y moviendo un poco el nuevo chasis de sus anclajes se extraerá fácilmente.

Habíamos pensado también la posibilidad de montar unos cierres después de haber montado los tubos en sus respectivas posiciones de las acanaladuras; con ello aseguraremos que mantienen su posición sin riesgo cuando el operario gire el soporte para cambiar de posición en el proceso de soldadura, actuaría de prensa también manteniendo en la posición idónea a los tubos y así el soldador solo deberá centrarse en los puntos de soldadura sabiendo que los tubos permanecerán en la posición deseada.

2ª Opción

Finalmente nos decidimos por una solución eficiente y relativamente sencilla de fabricar. Lo que se hizo fue fabricar una estructura a base de placas cortadas a láser e insertadas entre ellas con huecos para colocar los tubos cortados en la posición correcta.



Imagen trasera del utillaje fabricado

Para fijar el pequeño ángulo de desfase que existe entre la pipa de la dirección y el plano medio de los tubos se fabricó una pequeña chapa con la inclinación deseada y la pipa iba directamente encima de la misma. Por fin una vez armada la estructura, se punteaba la misma con la soldadura y para desarmar el utillaje no hacía falta más que calentar las placas con el soplete, se deformaban y simplemente con un martillo salía de manera sencilla. Por último, y con el utillaje ya destruido se termina de soldar el chasis.

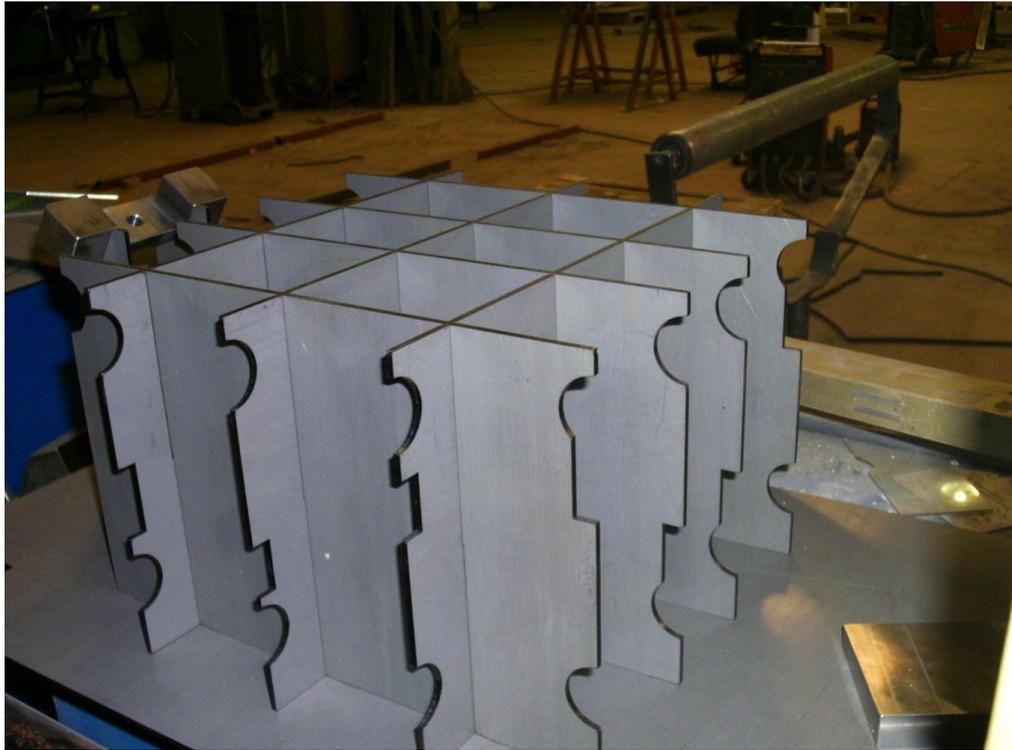


Imagen delantera del utillaje para soldar el chasis

3ª Opción

Una alternativa que se barajó también fue realizar el mismo tipo de estructura pero exteriormente para así desmontar de una forma más sencilla el utillaje para soldar con comodidad. Finalmente desechamos esta opción porque había tubos que debían de soldarse colocándolos a mano, especialmente las triangulaciones interiores.

11.6 Problemas en la fabricación del chasis

A continuación enumeraremos y describiremos una serie de problemas y dificultades que hemos encontrado en el proceso de fabricación del chasis por orden de ocurrencia en el proceso:

1. Al mandar a cortar los tubos a láser en laser ebro nos mandaron un par de tubos erróneos debido a un fallo del operario de corte. De modo que perdimos unos días preciosos mientras nos dimos cuenta del error, avisamos y prepararon los tubos correctos.
2. Un aspecto fundamental a tener en cuenta a la hora de fabricar el chasis es que no se puede empezar a fabricar nada sin tener en cuenta la maqueta 3D de la moto, ya que puede ocurrir que algún componente pueda interferir con otro y de esta forma la estructura quede totalmente inutilizada.

Exactamente este error nos ocurrió nada más empezar a fabricar. Cuando ya teníamos las pletinas del chasis premecanizadas, al montar el basculante diseñado en la maqueta 3D de la moto nos dimos cuenta que la cadena pegaba de lleno con el eje que ancla el motor al chasis tal y como se observa en la imagen siguiente.

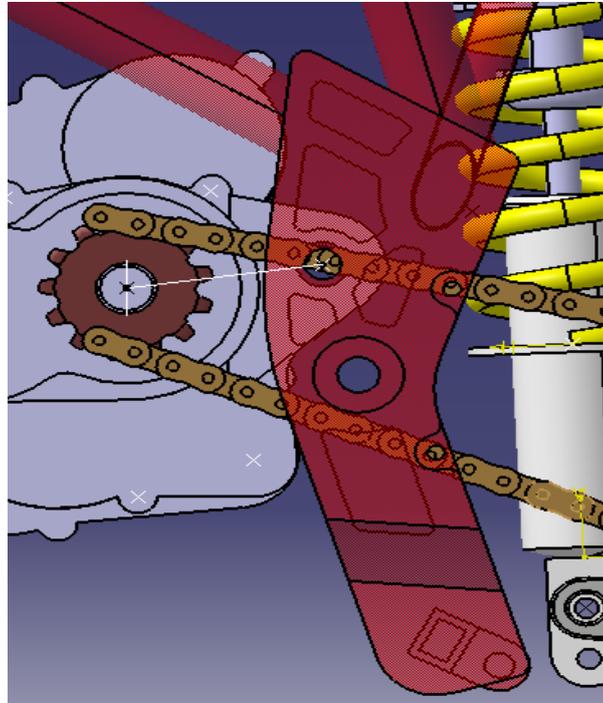


Imagen de la interferencia de la cadena con el eje del anclaje del motor

Este error se debió primeramente a que el diseñador del basculante no se percató del paso de la cadena a través del chasis pero si hubiésemos tenido la maqueta 3D de la moto actualizada antes de comenzar el proceso de fabricación nos habríamos dado cuenta del error y lo podríamos haber subsanado con anterioridad a la fabricación.

Pensamos en varias alternativas para solucionar este problema:

1) Primeramente se nos ocurrió rediseñar las pletinas del chasis para colocar el anclaje del motor al chasis en el lugar idóneo para que no interfiera con la cadena. De esta forma se solucionaba el problema pero perdíamos un par de semanas entre el diseño y la fabricación de las piezas, además que tirábamos a la basura los 600 euros que nos había supuesto la premecanización de las inutilizadas pletinas del chasis.

2) Otra opción era subir el anclaje del motor sin tener en cuenta que interaccionara con los vaciados de las pletinas del chasis suponiendo que no iba a haber ningún problema de resistencia por el espesor del que disponemos en las chapas en la zona de los vaciados.

3) Finalmente lo que hicimos fue colocar una pieza rectangular de aluminio entre el motor y las pletinas y hacer pasar la cadena por dentro de la pieza de forma que no

teníamos que cambiar la posición del anclaje del motor. La pieza de aluminio iba unida al chasis y a las pletinas mediante dos ejes roscados tal y como se muestra en la figura siguiente.

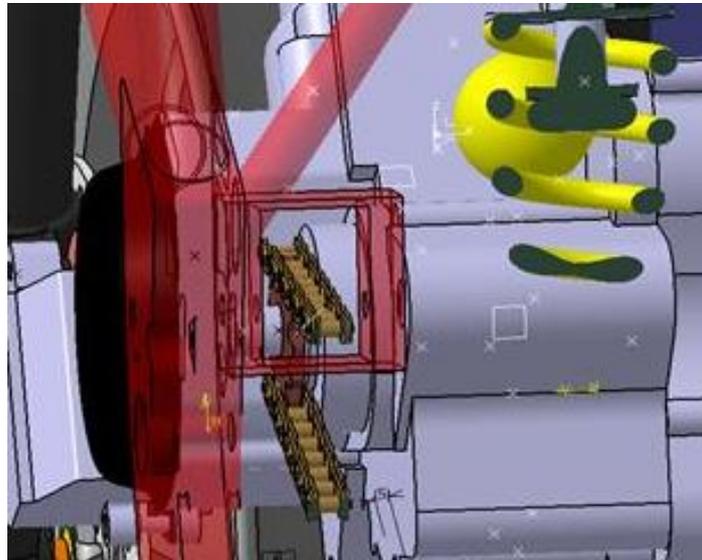


Imagen de la solución final adoptada

3. Un aspecto vital a tener en cuenta en la fabricación del chasis es la distorsión que produce la soldadura. Entendemos por distorsión en soldadura a las deformaciones que se producen en las piezas durante la soldadura, es decir, modificaciones en la geometría de las partes que son unidas por soldadura que sufren cambios dimensionales que es necesario en general controlar para que no excedan límites aceptables. Es la consecuencia de las tensiones mecánicas que se generan en las piezas como resultado de las deformaciones plásticas localizadas producidas por expansiones y contracciones no uniformes del metal de soldadura y metal base adyacente.

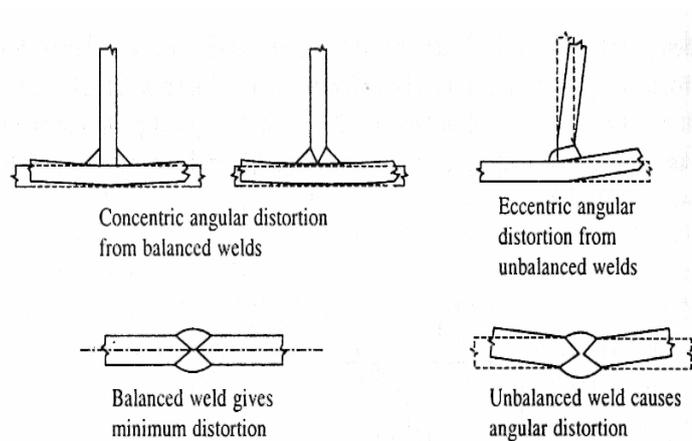


Fig. 3.4 Typical distortions of welded joints

Unas reglas básicas para disminuir la distorsión en el proceso serían las siguientes:

- Utilizar el mínimo volumen de junta posible para reducir la cantidad de material depositado.
- Depositar material en forma simétrica el material de soldadura con respecto al eje neutro de la junta, recurriendo a una preparación asimétrica y repelado de raíz de ser necesario.
- Utilizar una progresión general de soldadura desde la zona más restringida hacia la menos restringida.
- Simetrizar todo lo posible la deposición de las soldaduras. Por ejemplo, utilizando dos soldadores simultáneamente en lados opuestos de la pieza.
- En las soldaduras de filete, utilizar el tamaño mínimo necesario para satisfacer los requerimientos de diseño, es decir no utilizar filetes sobremedida.
- Preposicionar las piezas para compensar la distorsión que se producirá durante la soldadura.
- Si es necesario, utilizar dispositivos de sujeción para facilitar la presentación de las partes a soldar y para limitar la deformación.

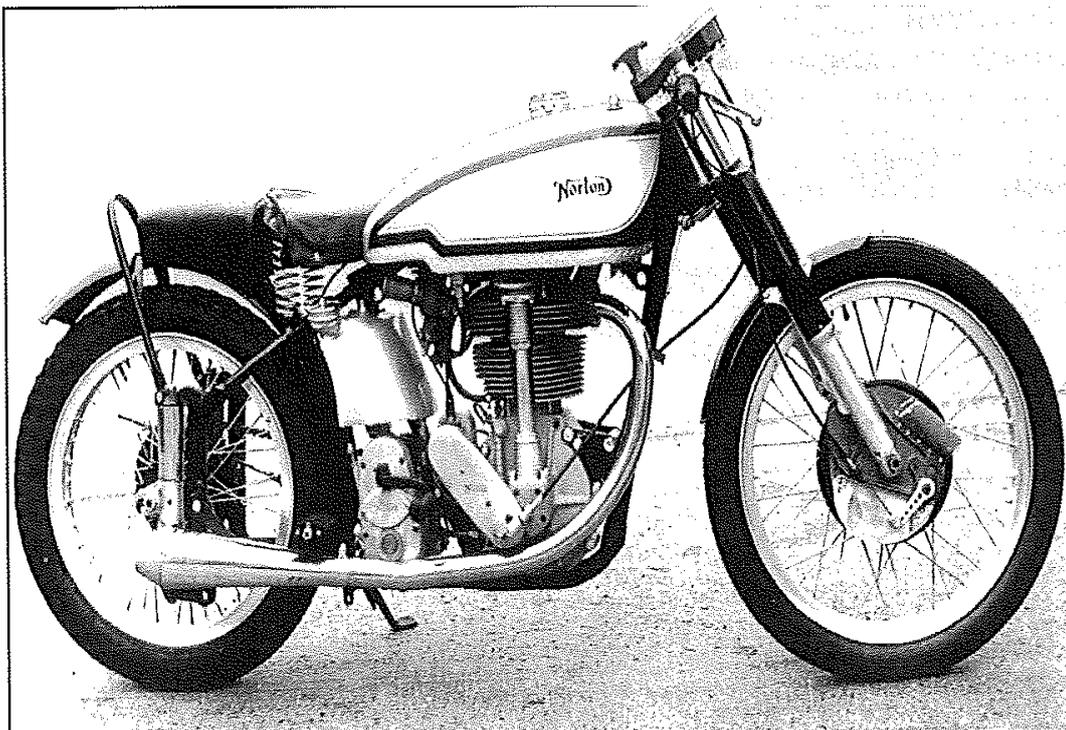
12 SUSPENSION TRASERA

12.1 INTRODUCCIÓN E HISTORIA

Hablando en general, la suspensión trasera comenzó a emplearse varias décadas más tarde que la delantera, principalmente debido al dominio de los chasis rígidos en las competiciones y también porque el comportamiento de los primeros kits de conversión que aparecieron (ideados para instalarlos en motocicletas de chasis rígido) era muy malo.

12.1.1 El sistema Plunger

El sistema Plunger fue el primero que se utilizó ampliamente debido al éxito en competición de BMW y Norton y también porque era el sistema que se podía adaptar más fácilmente a un chasis rígido. De todas formas sus limitaciones quedaron muy claras desde el principio.



Moto Norton con suspensión trasera de tipo Plunger que arruinaba la triangulación de la parte posterior del chasis

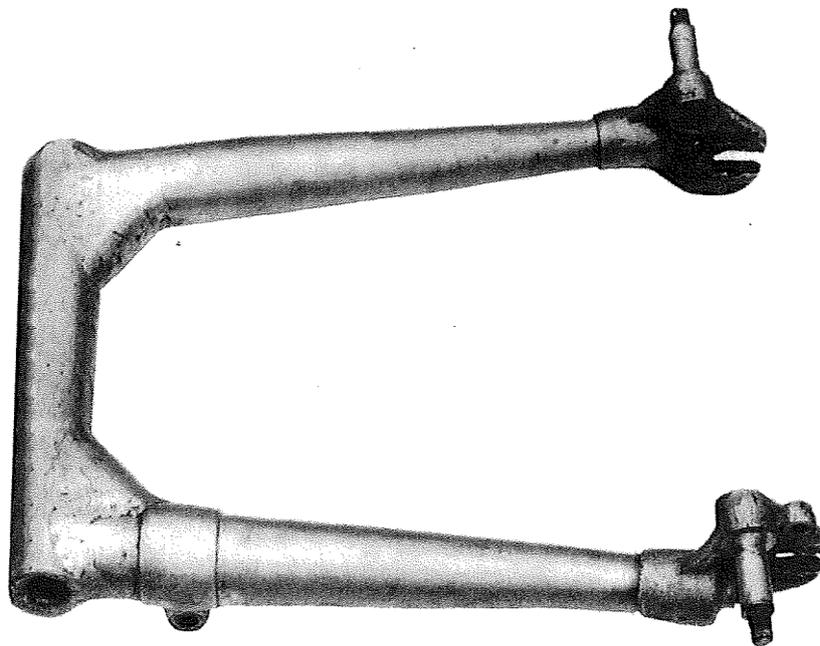
12.1.2 Basculante

La mayoría de fabricantes consideró que los chasis rígidos que producían no eran adecuados para intentar adaptarles una suspensión con basculante. Aun así, muy pronto se reconoció que este tipo de suspensión trasera era mucho mejor que el sistema plunger. De hecho, precedió al sistema plunger, ya que NSU e Indian fabricaron algunos

ejemplos en la época de la primera guerra mundial, y Vincent-HRD estandarizó su famoso basculante triangulado desde 1928 hasta que terminó la producción en 1955. Vincent consiguió un sistema muy rígido y resistente al construir un basculante muy ancho en la zona de pivotamiento y con ambos brazos triangulados.

Moto Guzzi también se decantó por triangular sus basculantes cuando introdujo la suspensión trasera en 1935. Más tarde, de todas formas, cambiaron a un basculante plano fabricado soldando tubos de gran diámetro, y afirmaron que era igual de rígido a torsión y más rígido lateralmente.

Otro basculante diseñado para proporcionar una gran rigidez sin estar triangulado fue introducido por Velocette en sus máquinas de carreras a mediados de los años 30. En este caso, los brazos estaban formados por tubos de sección variable.

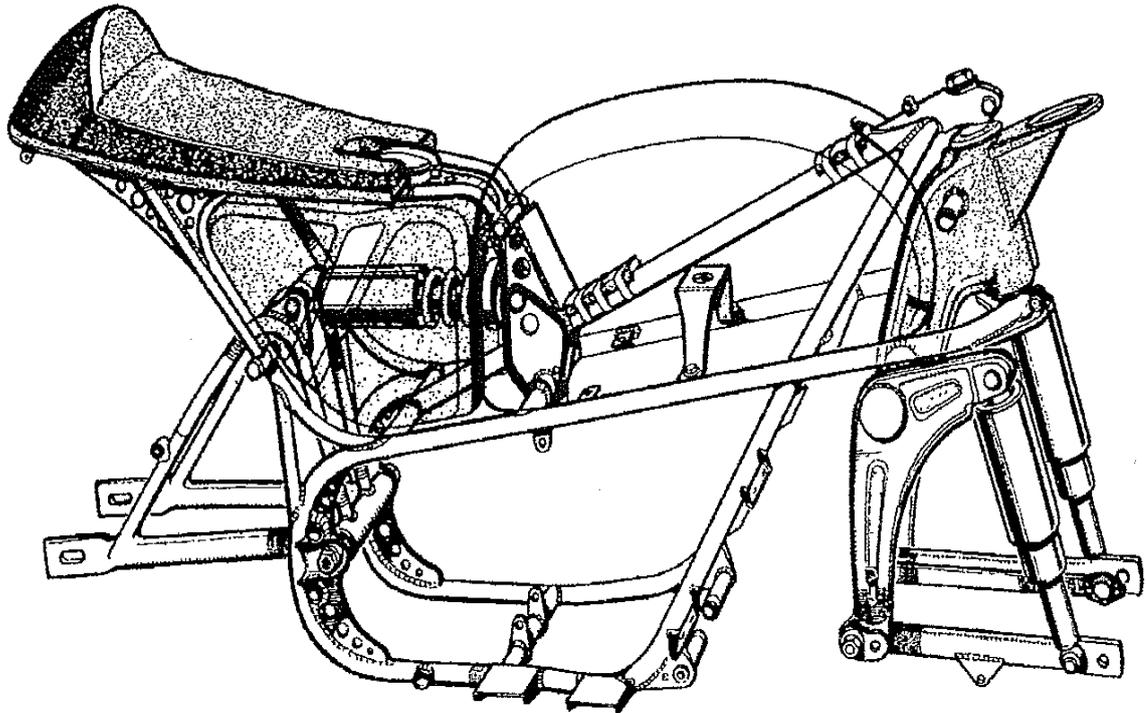


Basculante de la Velocette fabricado con tubos de sección variable para evitar la triangulación.

Muchos basculantes planos carecían de una rigidez torsional adecuada y esto puso de moda el empleo de parejas de amortiguadores ajustados, uno en el lado derecho y otro en el izquierdo, para intentar minimizar una de las causas de la torsión.

Probablemente, el chasis de la Norton featherbed (colchón de plumas) empleado en las máquinas de carreras de 1950, fue el más renombrado entre los que usaban un basculante plano. Aunque según los requerimientos actuales, tanto el chasis como el basculante tenían una rigidez bastante baja, la mejora con respecto a su predecesor con suspensión tipo plunger, fue enorme.

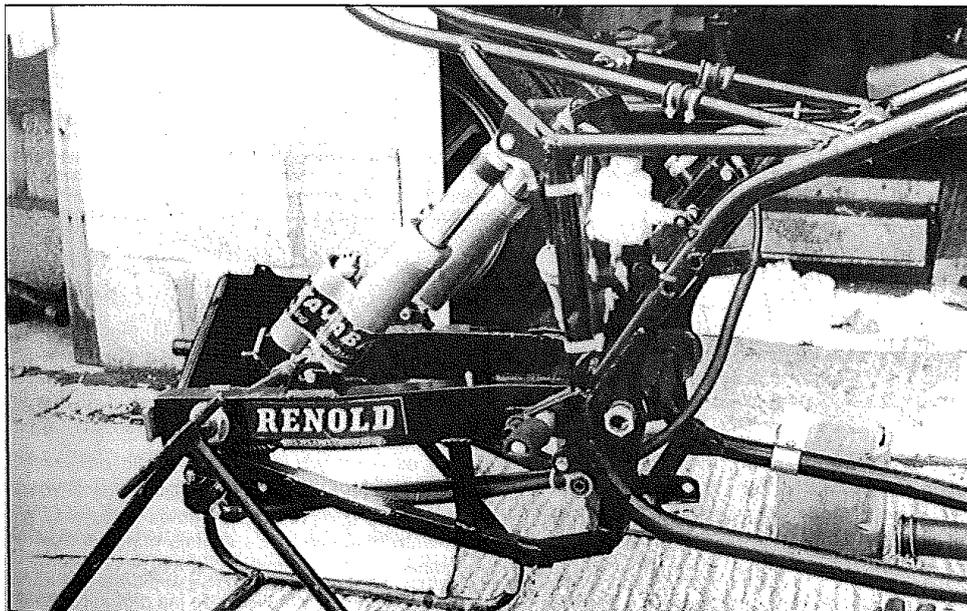
Han existido diversas permutaciones con los tipos de basculantes y amortiguadores. Un basculante triangulado por encima de su eje de giro se presta a montar un monoamortiguador actuado por el extremo superior del basculante, como ocurrió con la BSA de GP, una motocicleta de 250 cc, construida por Doug Hele en 1952.



BSA de Gran Premio de 1952

En sus series D, en 1955, Vincent cambió a un único amortiguador Armstrong en lugar de los muelles anteriores con un amortiguador hidráulico separado, situado bajo el asiento. Aproximadamente dos décadas después Yamaha hizo renacer este sistema, y lo dio a conocer con los elegantes nombres de monoshock y cantiléver. El primer basculante de Moto Guzzi estaba triangulado por debajo del eje de giro para intentar conseguir un CdG bajo. Al principio se acopló a dos amortiguadores muy largos que estaban cubiertos por una carcasa y que flanqueaban la rueda trasera, más tarde se pasó a utilizar un único amortiguador colocado debajo del motor, anclado por su extremo trasero y que era comprimido por delante mediante una varilla que pasaba a través del muelle. Este último diseño se mantuvo cuando se abandonó el basculante triangulado.

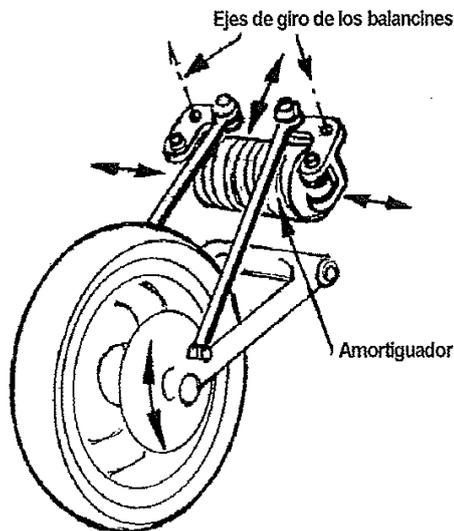
Durante varios años, Suzuki también trianguló por debajo del eje de giro el basculante de su RG 500 de carreras, aunque todavía seguía utilizando un par de amortiguadores colocados encima del basculante.



Ejemplo relativamente reciente del basculante de la Suzuki RG500 de competición reforzado por debajo de su eje de giro y con dos amortiguadores de gas colocados de manera convencional.

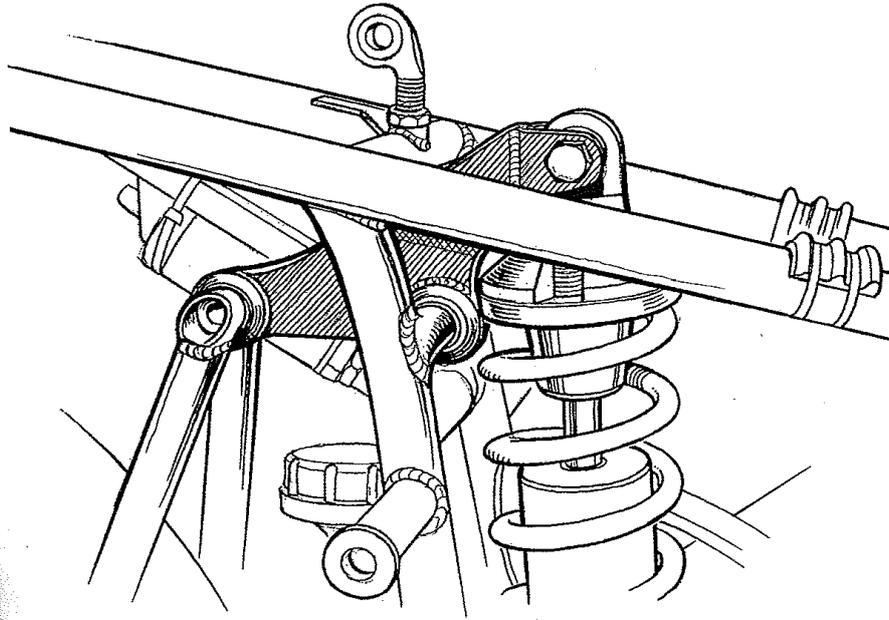
En aquella época, Kawasaki utilizó en sus motos de 250 GP de mediados de los 70 un diseño de suspensión trasera con bieletas, dando lugar a una tendencia generalizada en las motos de GP, que todavía perdura hoy en día, y que también se ha extendido a las motos deportivas de carretera (aunque este sistema ya había sido utilizado en motocross).

Quizás la suspensión con bieletas más ingeniosa fue la de la Yamaha OW61 tetracilíndrica de gran premio. El amortiguador estaba montado transversalmente y se comprimía por ambos lados a la vez mediante unas bieletas conectadas al extremo del basculante triangulado. La ventaja principal de este diseño parece ser el ahorro de espacio en sentido longitudinal.



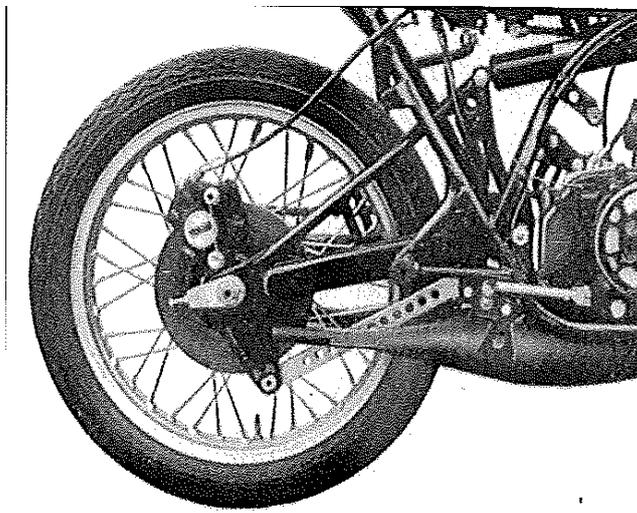
Este diseño de suspensión trasera ahorra espacio en la Yamaha OW61 tetracilíndrica de Gran Premio. El amortiguador se comprimía como si fuese un acordeón, mediante dos bieletas de reenvío conectadas al basculante.

Desde aquella época prácticamente todas las máquinas de carreras y la mayoría de las motocicletas de carretera con pretensiones deportivas han usado algún tipo de sistema de bieletas en la suspensión trasera. En algunos casos existen motivos de ahorro de espacio y el trabajo de asocia con la necesidad de obtener una suspensión de dureza progresiva.



Uno de los primeros sistemas de suspensión con bieletas en la Kawasaki de GP

Aunque algunos de los primeros diseños de suspensiones con basculantes, como los de Moto-Guzzi y Vincent, estaban triangulados para tener una mayor rigidez estructural, parece que este aspecto fue largamente ignorado durante los años 50 y 60, cuando los basculantes comenzaron a ser universales. Hasta que Yamaha resucitó el basculante triangulado, a finales de los 60 y durante los primeros 70, no se comenzó a prestar atención a las consideraciones estructurales. Desde entonces hasta hoy en día, la rigidez de los basculantes se ha ido incrementando de forma gradual.

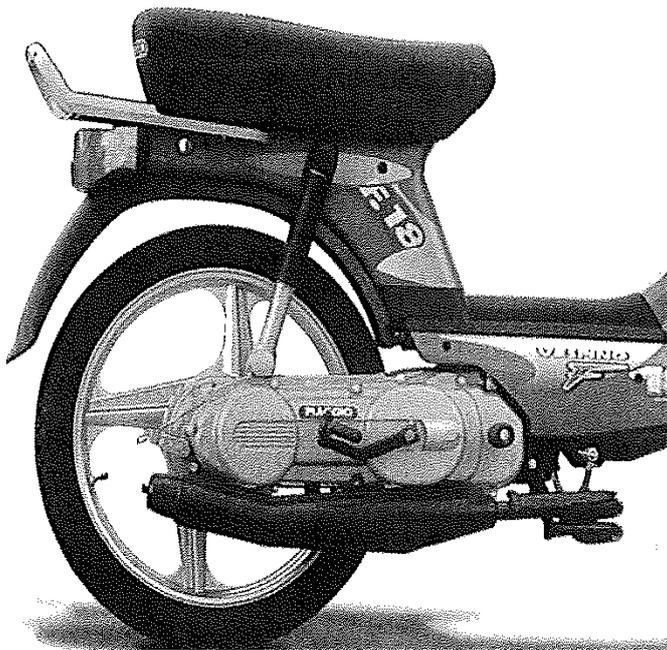


La Yamaha 250 de 1976 utilizaba una estructura triangulada con tubo de pequeño diámetro por encima del basculante, aumentando la rigidez considerablemente y permitiendo la utilización de un único amortiguador.

12.1.3 Monobrazo o doble brazo

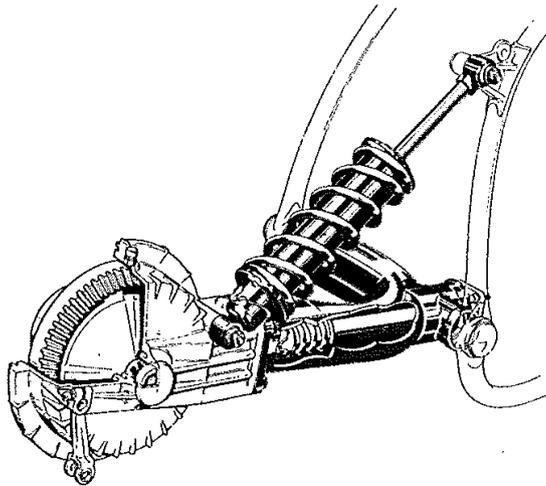
Los basculantes monobrazo se han usado desde hace mucho tiempo en pequeños ciclomotores y scooters, pero no empezaron a considerarse como una opción seria para motocicletas deportivas grandes y para motos de competición hasta que no aparecieron las Elf de resistencia diseñadas por Andre de Cortanze. Desde entonces ha existido diversidad de opiniones con respecto a esta solución.

Honda lo ha empleado en una gran variedad de motos deportivas y de carreras, tanto por transmisión por cadena como por cardan, Ducati ha tenido mucho éxito en los circuitos, mientras BMW ha pasado a emplear el monobrazo de forma exclusiva en todos sus modelos con transmisión por cardan, primero con un brazo rígido muy simple y más tarde con un sistema articulado llamado “paralever” que controla el levantamiento y el squat. MV ha decidido utilizar un monobrazo de fundición en su nueva superbike F4. De hecho los basculantes monobrazo tienen un uso mucho más amplio de lo que normalmente se piensa.



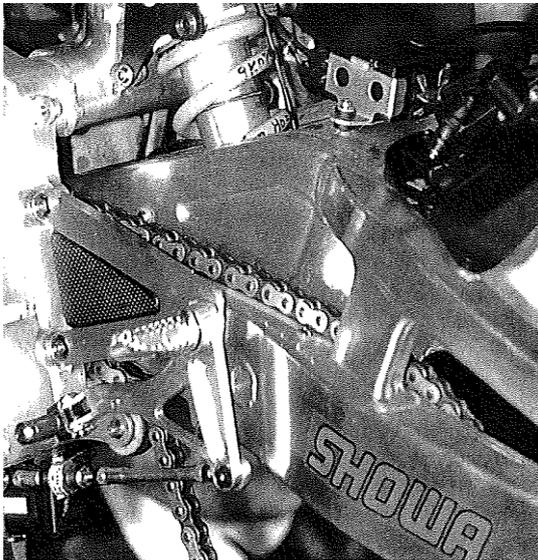
Los basculantes monobrazo son muy comunes en ciclomotores y scooters donde sujetan el motor y cubren la transmisión.

Sin embargo, la mayoría de los fabricantes todavía utiliza el diseño estándar de los últimos 50 años, el basculante de doble brazo. En realidad, probablemente se puede hacer que ambos trabajen igual de bien dependiendo de la calidad del diseño de detalle. La facilidad de cambio de rueda debería ser una gran ventaja para el monobrazo en carreras de resistencia. Las motos con transmisión por cardan han conseguido un gran volumen de fabricación de sistemas monobrazo.

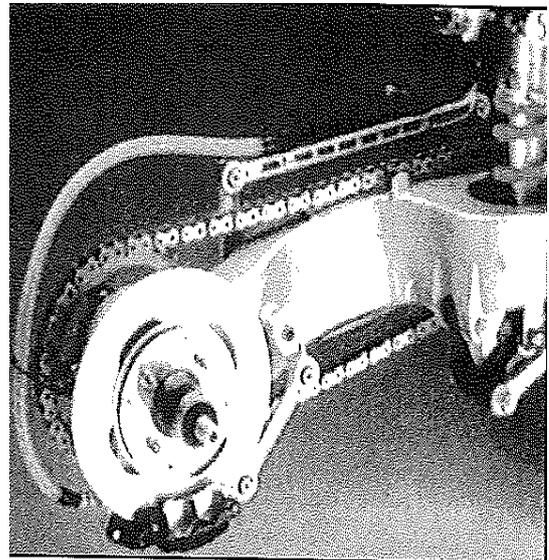


Versión inicial del basculante monobrazo de BMW para una máquina de transmisión por cardan. El brazo se fabricaba con tubo de acero de gran diámetro.

Si bien existen varias soluciones posibles al problema de la variación de la distancia que existe entre el piñón de ataque y la corona de la rueda, son muy poco utilizadas. En general, la variación de la holgura de la cadena es algo que se acepta, aunque con los largos recorridos de suspensión de las motos de campo se producen variaciones demasiado grandes como para no tenerlas en cuenta. Esto se controla mediante un piñón que se empuja mediante un muelle. Probablemente, cualquier intento de controlar la holgura de la cadena tendrá efectos sobre el comportamiento del anti-squat, esto se explica en el siguiente capítulo.



Típico basculante moderno de carreras con basculante doble brazo en aleación de aluminio y con grandes refuerzos.



Interpretación de Honda sobre el basculante monobrazo con transmisión por cadena.

13 FABRICACION DEL BASCULANTE

Así como para el bastidor teníamos absolutamente claro que lo íbamos a realizar tubular por la mayor facilidad y por la disponibilidad de soldadura por parte de la calderería de la que disponíamos, el tema del basculante no era tan fácil de decidir. Se estuvo barajando la idea de hacerlo tanto en aluminio, como en tubos de acero e incluso en fibra de carbono.

El problema de la fibra de carbono radica en la complejidad de fabricación que implica, lo que limitaba en gran medida el diseño que podíamos realizar. Esto, unido al hecho de que no teníamos excesiva preocupación por el tema del peso del basculante, ya que la moto tenía una restricción de 90 Kg (bastante alta) hizo que finalmente desecháramos la opción de la fabricación en fibra de carbono. De todas maneras se realizó un modelo en fibra de carbono cuyo análisis fem dio unos resultados relativamente buenos de comportamiento ante las tensiones simuladas.

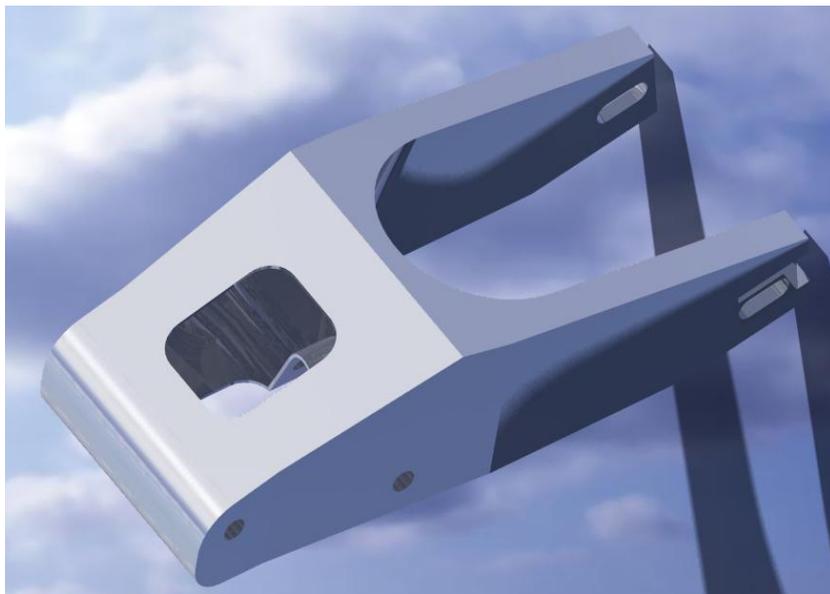
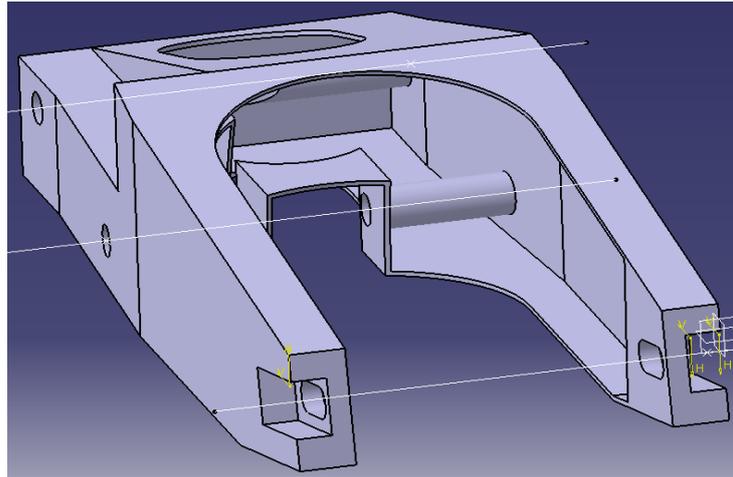


Imagen del basculante diseñado en fibra de carbono

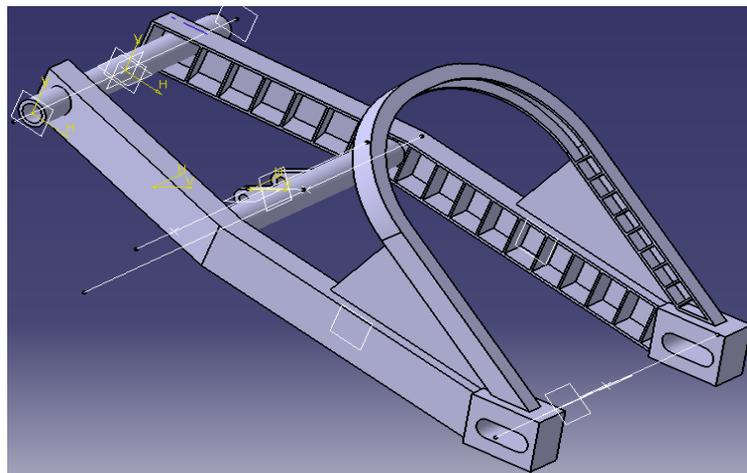
Para siguientes ediciones de Motostudent se pretende realizar un novedoso basculante en fibra de carbono ya que, además, disponemos de un tutor con experiencia en fabricación en fibra de carbono y gracias a él no nos iba a resultar tan excesivamente caro como podía resultarnos a nosotros. La mayor restricción en cuanto a fabricación que tienen este tipo de piezas es que el espesor de las paredes no puede superar los tres milímetros más o menos ya que con espesores mayores la fibra de carbono empieza a tener un comportamiento ante las tensiones bastante peor.

La mayor parte de los basculantes de competición se fabrican en aluminio. Desde el primer momento tuvimos en mente la idea de hacer un basculante en este material por lo que empezamos a contactar con empresas especializadas en la soldadura en aluminio. La calderería IMCA que nos suelda los tubos del chasis no está especializada en la soldadura en aluminio, que es bastante más complicada que la soldadura en acero, por lo que debíamos encontrar una empresa en el sector. Mientras tanto el diseñador probaba en elementos finitos diferentes propuestas de diseño para el basculante.



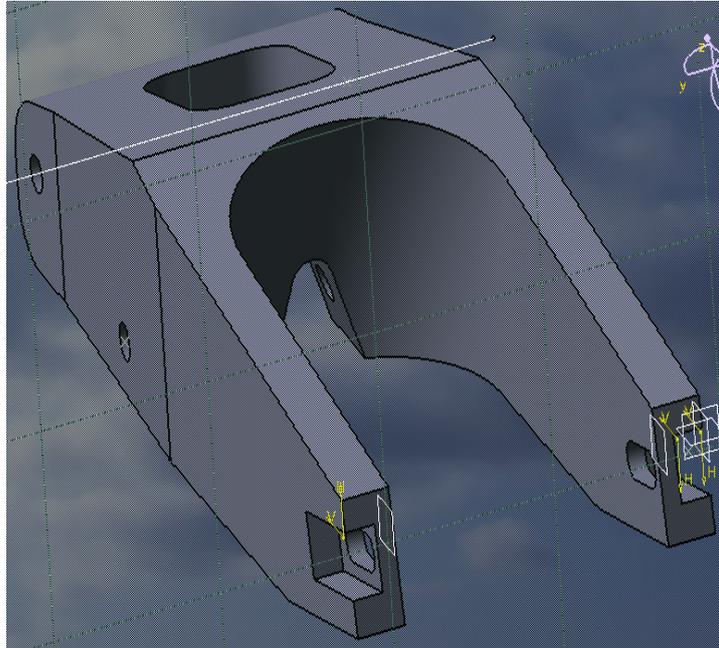
Diseño de un basculante en aluminio sin nerviar

Este basculante por ejemplo está diseñado para ser fabricado en chapas de aluminio soldadas pero tal y como se observa no tiene ningún tipo de nerviado lo cual facilita enormemente su fabricación. En lugar del nerviado dispone de unos tubos de refuerzo. Analizando el basculante en elementos finitos pudimos comprobar cómo esta estructura estaba en el límite de su resistencia sobre todo en un aspecto fundamental en un basculante como es la resistencia a la torsión respecto a su eje longitudinal. Este es el motivo por el cual se hacía imprescindible nerviar la estructura.



Diseño de un basculante en aluminio nerviado

Este basculante se comportaba bastante bien en cuanto a rigidez torsional lo cual es absolutamente esencial en el diseño de una buena estructura. Otro aspecto bastante menos relevante es la rigidez a flexión lateral. El basculante puede permitir una cierta flexión lateral pero en este caso era demasiado notorio. Un diseño que se comportaba algo mejor en cuanto a rigidez torsional y a flexión lateral era el siguiente:



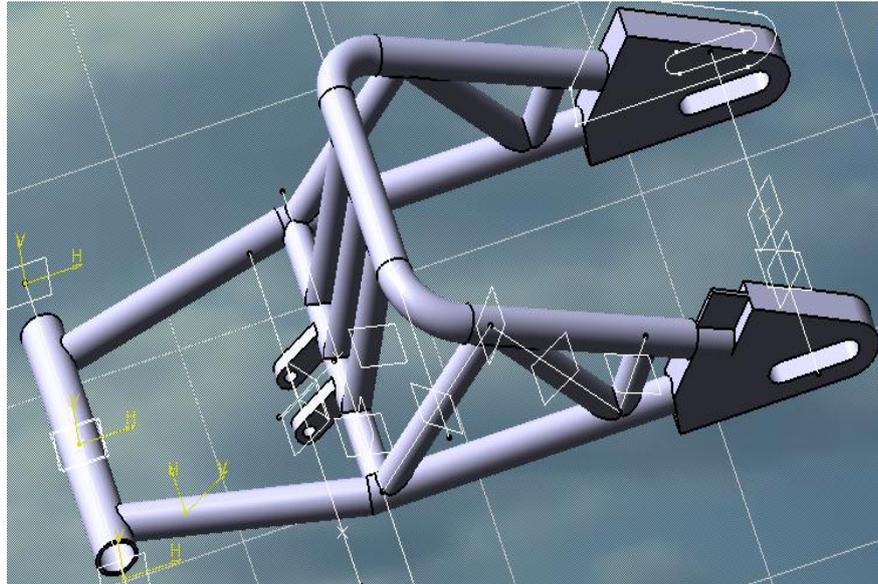
Basculante en aluminio con nerviado interior

Estuvimos sondeando la posibilidad de fabricar el basculante anterior pero llegado el momento entró en escena el tema presupuesto. Hablando con la escudería navarra de competición Inmotec llegamos a la conclusión de que un basculante de estas características podía costar fabricarlo alrededor de 4000 euros.

Este hecho, unido a que no conseguimos encontrar en Navarra una empresa que se comprometiera a soldar con precisión las chapas y los nerviados de aluminio hizo que al final nos decantáramos por fabricar el basculante tubular con tubos de acero de alta resistencia Reynolds 631.

Se llevaron a cabo varios diseños de basculantes tubulares antes de llegar al definitivo:

El primer diseño que ideamos resultó imposible de fabricar debido al tubo doblado del refuerzo superior. Este tipo de aleación no aguanta un doblado de 90° respecto a su eje longitudinal. Una solución alternativa era colocar en vez de un tubo doblado tres tubos soldados pero la alta concentración de soldaduras en esa parte iba a provocar una importante distorsión en la geometría del basculante lo que induciría una falta de simetría de la estructura. Además hay una falta de triangulación de la estructura tubular que en nada contribuye a rigidizar el basculante.

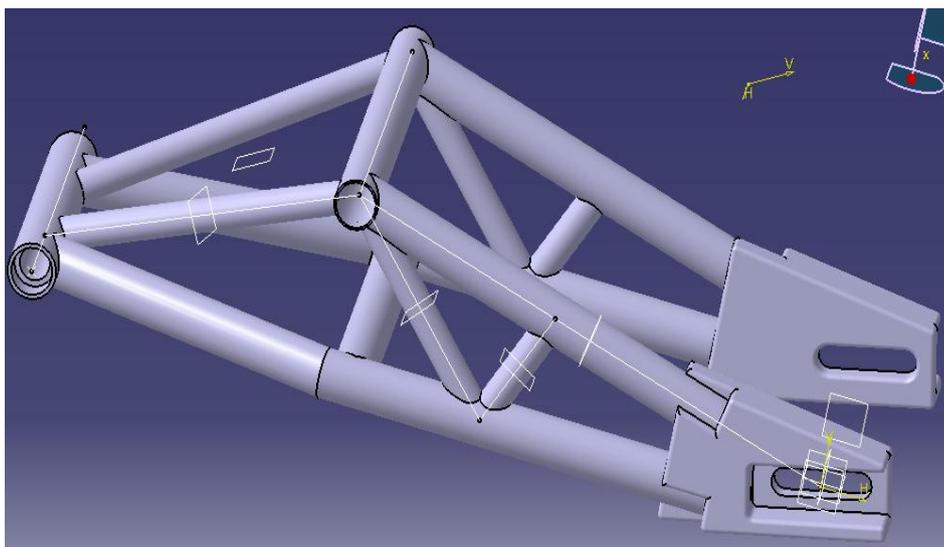


Diseño de basculante tubular

Este basculante pondría las bases de lo que serían nuestro modelos posteriores con varias características comunes:

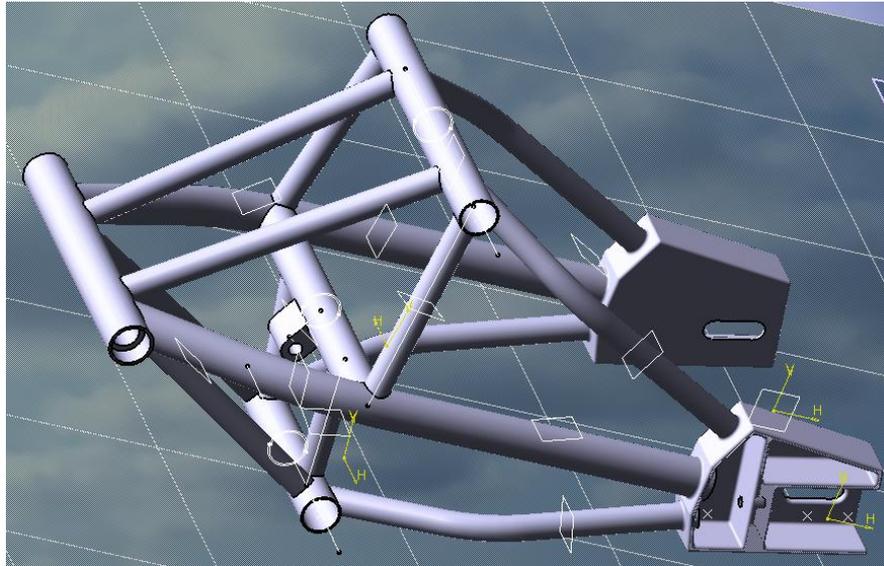
- El anclaje del basculante al chasis se hace a través de un tubo mecanizado.
- Dos pletinas mecanizadas llevan a cabo la unión basculante-eje trasero.
- El eje de la rueda se fija al basculante a través de un coliso con el que podemos modificar la batalla de la motocicleta.

De esta manera surgió el diseño siguiente, muy parecido al definitivo, pero que al incluirlo en la maqueta 3D de la moto vimos como el refuerzo superior pegaba con el paso de la cadena de la motocicleta.



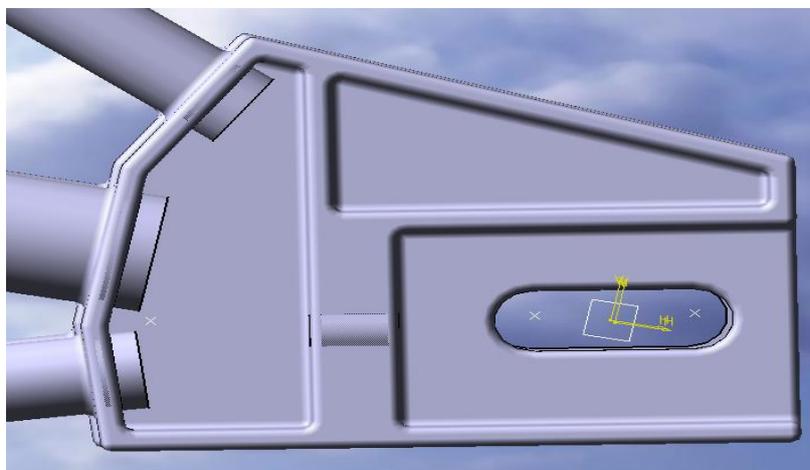
Basculante con refuerzo superior

Además de este contratiempo importante, el estudio fem de la estructura nos llevó a añadir un refuerzo también en la parte inferior del basculante ya que de esta manera conseguíamos rigidizar torsionalmente la estructura en gran medida. Para 'salvar' la cadena lo que hicimos fue curvar los tubos de los refuerzos tanto inferior como superior. De esta forma llegamos al diseño del basculante definitivo que íbamos a fabricar y que se muestra a continuación.



Diseño del basculante definitivo

Tal y como se observa en la imagen se trata de un basculante bastante voluminoso, más aún para una 125 cc. El peso de la estructura es elevado pero se ha intentado rebajar de varias maneras. Primeramente decidimos utilizar para su fabricación los mismos tubos Reynolds 631 que para el chasis por su elevada resistencia y por su delgado espesor de pared que los hace más ligeros. Además las pletinas de anclaje al eje trasero están rebajadas a la mínima expresión tal y como se observa en la imagen siguiente.



Vista frontal de las pletinas del basculante

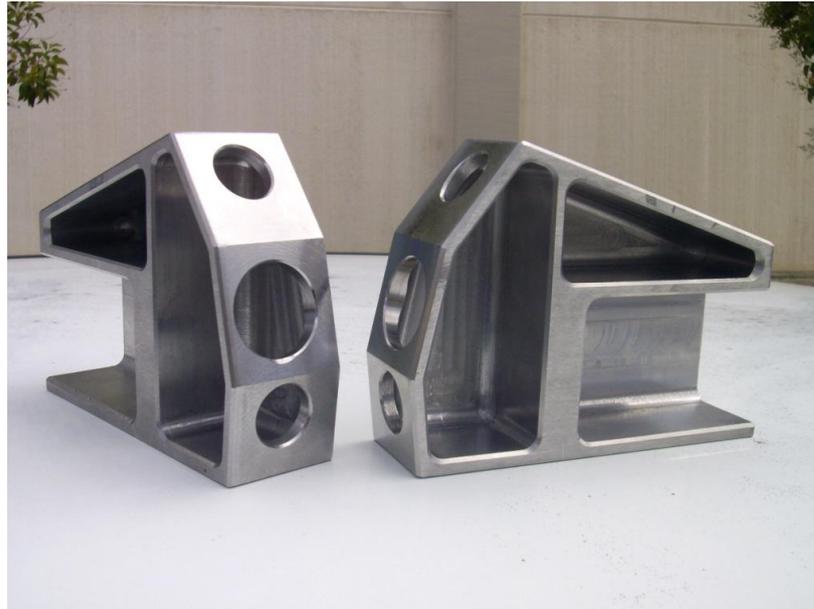


Imagen de las pletinas del basculante fabricadas

De todas maneras y tal y como ya se ha comentado varias veces el peso del basculante no es un tema vital en nuestro casos ya que tenemos un peso mínimo de la motocicleta en vacío bastante elevado (90 Kg). Por otra parte, las caras de los tubos que llegan a las pletinas se han colocado perpendicularmente a los propios tubos para facilitar su fabricación y por el mismo motivo los tubos penetran en las paredes y luego se sueldan a las mismas.

Otros elementos de la suspensión trasera muy importantes para el correcto funcionamiento de la misma son los links y el rocker.

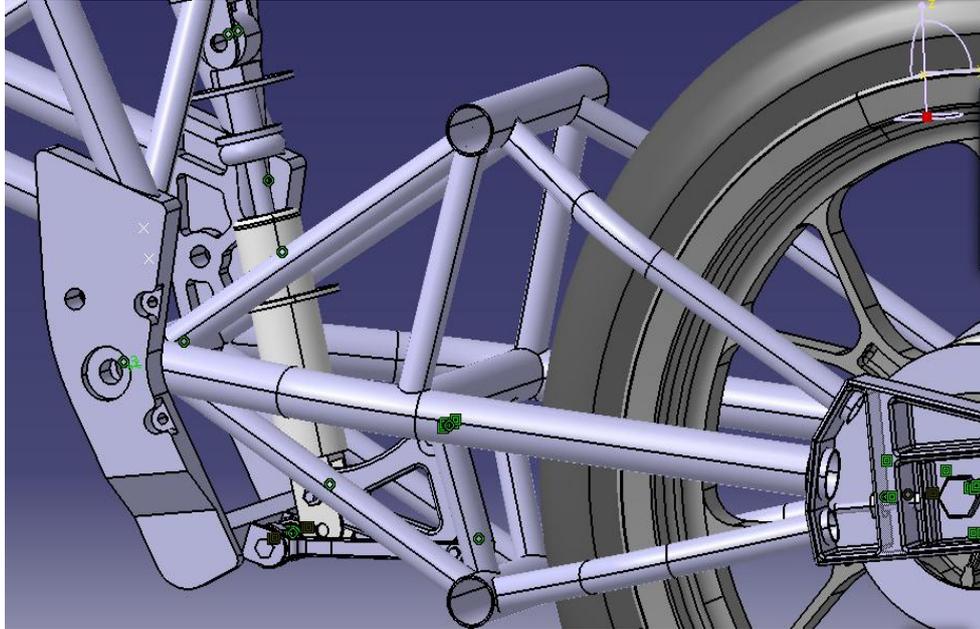


Imagen del rocker fabricado



Imagen de los links fabricados

- El rocker es una pieza de aluminio de forma casi triangular que hace las veces de unión entre el chasis (a través de los links), el amortiguador y el propio basculante tal y como se observa perfectamente en la imagen a continuación. El rocker consigue una progresividad en el comportamiento de la suspensión muy apreciada en el automovilismo, especialmente en competición.



Interacción entre los diferentes elementos de la suspensión trasera

- Los links son unos elementos de acero que unen el rocker con el chasis a través de las orejetas del perfil que va de pletina a pletina del chasis.

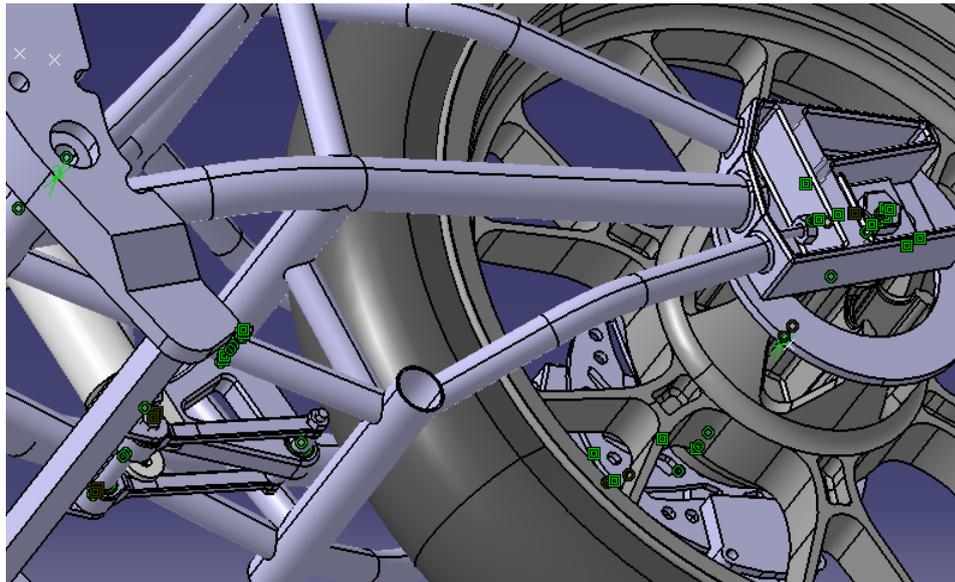


Imagen de los links en la maqueta 3D de la motocicleta

13.1 Utillaje soldadura basculante

Para fabricar el utillaje para soldar el basculante no tuvimos que “comernos mucho la cabeza” ya que viendo que el utillaje fabricado para soldar el chasis había sido todo un éxito decidimos llevar a cabo un diseño análogo para el basculante.

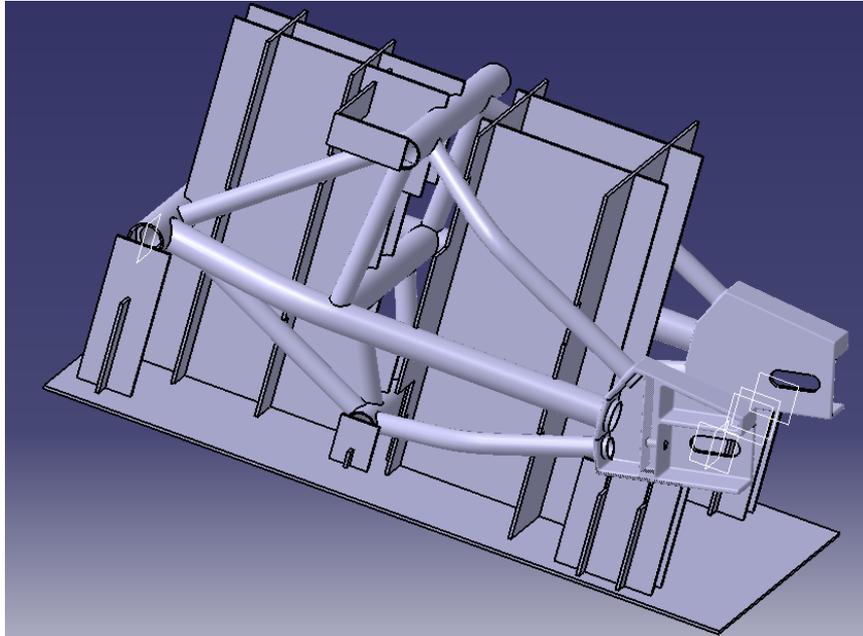


Imagen del utillaje utilizado con el basculante insertado

En este caso la posibilidad de realizar un utillaje similar pero exteriormente estaba, si cabe, menos justificada aún por el hecho de que el tubo transversal central que es de vital importancia en este caso habría que soldarlo a mano con este sistema.

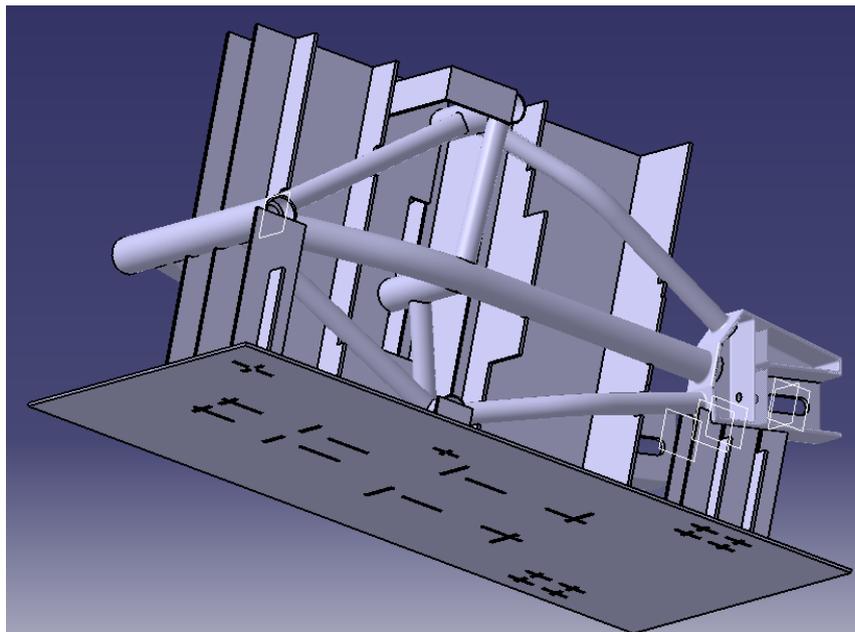


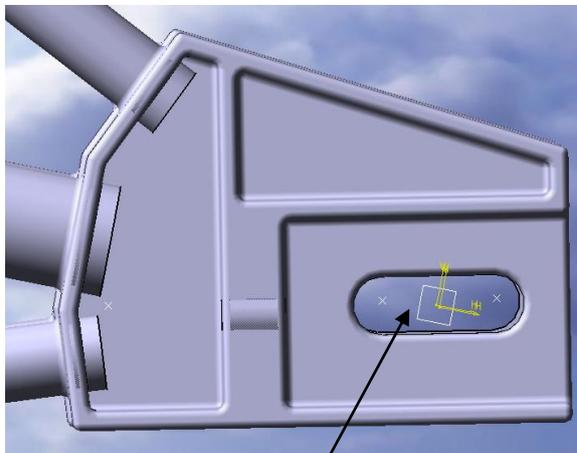
Imagen del utillaje del basculante

Al igual que ocurriera en el caso del chasis, el basculante una vez soldado tuvo que ser estabilizado y granallado antes de llevar a mecanizar.

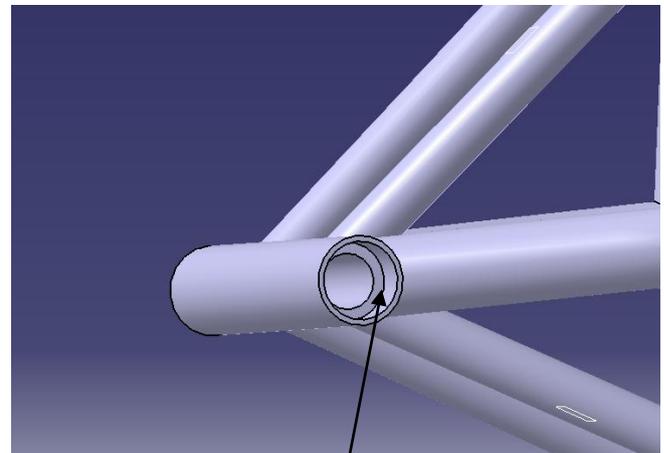
13.2 Mecanizado del basculante

La manera de proceder con el basculante fue exactamente igual que con el chasis. Los ejes importantes se mecanizaban después de la soldadura ya que en caso contrario se produciría una distorsión importante que impediría el ensamblaje entre los diferentes componentes.

En el caso del basculante, después de soldar habría que mecanizar tanto el coliso para el eje trasero como los asientos para los rodamientos del tubo del basculante.



Coliso eje trasero



Asiento para los rodamientos del tubo del basculante

Se utilizó el mismo centro de mecanizado de 4 ejes de CODI y el mismo utillaje para fijar el basculante que en el caso del chasis. El objetivo igualmente es garantizar las cotas más importantes de la estructura que en este caso sería las distancias entre el eje del basculante y el eje de la rueda. Una vez teníamos la estructura mecanizada ya sólo quedaba por hacer los procesos de imprimación y pintura.

14 FABRICACIÓN DE PIEZAS EN FIBRA

14.1 Fabricación en fibra de carbono

Como es sabido, uno de los principales objetivos que persigue el diseño de cualquier vehículo de competición, es la reducción de peso de todos los componentes, asegurando al máximo su funcionalidad. Debido a ello, la fibra de carbono (FC), ha asumido gran relevancia en cuanto a la sustitución de elementos plásticos, algo más pesados, asegurando un buen comportamiento en cuanto a resistencia, además de abaratar los costes frente a la fabricación de caros y complejos moldes de inyección, pensados para grandes producciones.



Detalle de carrocería en fibra de carbono

Principalmente, es frecuente encontrar la fibra de carbono en elementos exteriores de la carrocería, así como en diversos componentes internos. En el caso de las competiciones de vehículos de dos ruedas, el chasis, el basculante, el carenado, los guardabarros, el colín, el depósito (la pieza que lo cubre) y diversas tapas y conductos de aire se pueden fabricar íntegramente en este material. En ciertas competiciones de motor, que parten de la base de vehículos de fabricación en serie, especialmente preparados para tales eventos, es frecuente comprobar que sus correspondientes normativas permiten la sustitución de determinados elementos que en origen se fabrican en chapa embutida o plástico inyectado, por unos nuevos desarrollados en fibra de carbono.

Ahora que empezamos a conocer la aplicación, quizás debamos ahondar en el producto y su proceso de fabricación. Empecemos pues, por conocer qué es exactamente la fibra de carbono:



Guardabarros en fibra de carbono

Se trata de un compuesto no metálico, de tipo polimérico, fruto de la síntesis entre un tramado de tejido de fibras de carbono, cuya materia prima es el poliacrilonitrilo y un polímero termoestable, como por ejemplo una resina epoxi. O lo que es lo mismo y en términos no tan técnicos, un tramado de fibras (de carbono) al que se le aplica una resina que lo hace endurecer. En algunos casos, en lugar de resina epóxica, se utiliza el poliéster como polímero, pero cabe decir que este amarillea con prolongadas exposiciones a la luz solar y que su uso es cada vez más reducido.

El resultado que obtenemos con esta combinación, es un material liviano, debido principalmente a su baja densidad (1,750 Kg/m³), con gran resistencia mecánica y una elasticidad elevada, que funciona muy bien como aislante térmico, teniendo buenas propiedades ignífugas y conservando su forma ante las variaciones de temperatura. En comparación y para hacernos una idea, es tres veces más resistente (a la tracción) que el acero, teniendo tan sólo una cuarta parte de su densidad.

Además, el tramado de las fibras puede variar en su trenzado, lo cual además de cambiar la apariencia, permite reforzar aún más cada pieza, si posicionamos la fibra en la dirección adecuada.

La única contrapartida es su precio, considerablemente más elevado que el de los materiales plásticos que se utilizan en las grandes producciones en serie. Parte de su elevado coste, reside en que el proceso de fabricación de cualquier pieza de este material, pasa por una primera fase de elaboración manual y una posterior de curado que requiere de una maquinaria que está sólo al alcance de unos pocos: un autoclave.



Pieza en fibra de carbono

En el proceso de fabricación, encontramos varias fases bien definidas: la fabricación del utillaje, el proceso de laminado, el curado de la pieza y el acabado.

La primera de ellas, consiste en la fabricación de una cuna, o soporte, con la forma bien definida, de la cara externa (o cara vista) de la pieza. Aunque el precio de estos utillajes es muy inferior al coste de un molde para inyección de plástico, debido principalmente a la ausencia de mecanismos y automatismos, encarece mucho la pieza ya que por lo general, las producciones de piezas de fibra de carbono corresponden a tiradas mucho más cortas. Además, cuando hablamos de piezas complejas, que requieren de utillajes con partes múltiples para poder definir la totalidad de la figura, la cosa se torna mucho más costosa.

Estos utillajes, pueden fabricarse en aluminio, en resinas, o combinando ambas, generalmente mediante mecanizado de todas sus partes o en algunos casos, creando un modelo similar a la pieza a obtener, para posteriormente fabricar una contra con resinas. Esto, depende, en la mayoría de los casos, de la complejidad de la pieza a realizar en fibra.

La segunda fase del proceso de fabricación, consiste en laminar o extender, sobre el utillaje, el tramado de fibra de carbono, en trozos recortados con gran precisión (mediante un plotter de corte), habiendo calculado el desarrollo del tejido sobre la forma en la que se aplicará. Es decir, cada retal tiene una ubicación y posición concretas para obtener un buen acabado. Obviamente, también se tiene en cuenta cual será la apariencia del tramado de fibra, en las zonas visibles de la pieza, una vez esté finalizada. Sobre el tramado, se aplica una capa de polímero (una resina epoxi) que actúa como catalizador para “pegar” los trozos del tejido entre sí y endurecer la pieza. Se extienden

diversas capas de tramado de fibra de carbono, con resina entre ellas, hasta obtener el grosor deseado para la pieza.

Una vez terminado el proceso manual, que deberá repetirse para cada unidad de cada una de las piezas que quieran fabricarse, hay que hacer que endurezcan para alcanzar sus máximas prestaciones. Para ello, se utiliza un autoclave.

Un autoclave, es un horno que trabaja a altas temperaturas y con una elevada presión atmosférica. Este proceso hace que las fibras y la resina se fusionen entre sí, dejando la pieza de ser un serie de láminas superpuestas, a estar formada por una material mezcla de la resina con las tramas de fibras de carbono. Las piezas deben someterse un tiempo determinado a las condiciones de presión y temperatura del horno, hasta alcanzar las máximas prestaciones posibles.



Un autoclave

Aunque la pieza está prácticamente terminada, frecuentemente hay que darle un acabado, como por ejemplo podría ser el realizar un recorte del perfil exterior. Como el posicionamiento de los retales de trama de fibras es un proceso manual, no se puede garantizar que el perímetro exterior sea perfecto. Es por eso, que habitualmente se deja un sobrante de fibra que se recorta mediante un robot de mecanizado.

Como hemos visto, la fabricación de cualquier pieza en fibra de carbono, es un proceso lento, tedioso, que requiere de maquinaria muy especial y por todo ello, con un precio bastante elevado. Sin embargo, aligerar unos kilos de peso y aumentar la resistencia de los componentes, pueden suponer las décimas que definan un gran premio, o en ocasiones, todo un campeonato.

14.2 Fabricación en fibra de vidrio

Lo primero que hacemos es limpiar la tapa que vayamos a empezar, y tapamos todos los agujeros o con plastilina o con precinto.



Pieza de carenado limpia y preparada

Una vez todo masillado, empezaremos a pintar la pieza, me refiero a pintarla de escayola, una ligera capa aplicada con un pincel a la pieza que vallamos a trabajar, todo esto hacerlo de una en una, no tratar de hacer todo el carenado a la vez, no da tiempo, la escayola tiene que estar en su punto, que no sea muy dura porque si no, no entrara bien en los agujeros. Ahora le volvemos a dar una segunda capa de escayola por encima de la anterior, pero dejar pasar unos 10 o 15 minutos entre capa y capa, para que seque bien.



Pieza de carenado pintada de escayola

A continuación nos va a hacer falta esparto. Ahora vamos a endurecer la pieza, para que cuando se seque y la saquemos del molde no se parta, después de haber pintado la pieza con escayola esperamos una media hora de la segunda vez que la pintamos, Hacemos otra vez escayola, pero ahora en vez de pintar la escayola con un pincel, mojamos el esparzo bien mojado en la escayola y lo ponemos encima de la tapa dándole la forma de esta y con cuidado de que no se caiga por los lados.

Ahora repetiremos los pasos de arriba con todas las tapas de la moto que queramos hacer, y las dejaremos secar unas 24 horas, una vez secas, pasaremos a desmoldar, tenemos que separar la pieza de la moto, del molde de escayola. Con mucho cuidado, vamos estirando de la pieza de plástico hacia arriba suavemente, mientras el molde lo tenemos apoyado en alguna mesa y si nos puede ayudar alguien mejor, una vez desmoldada la pieza nos quedara algo tan bonito y suave como lo siguiente.



Pieza de escayola desmoldeada endurecida con esparto

Pero siempre quedan fallos, sobre todo en los primeros moldes, pues con arcilla o plastilina rellenaremos los pequeños agujeros que tengamos por ahí, o daremos forma a las esquinitas medio estropeadas.



Molde arreglado con plastilina.



Molde perfectamente realizado

Una vez tengamos todas las piezas de escayola comenzamos ya con las fibras. Ahora nos hará falta lo siguiente,

- Gel coat, es una base blanca o incolora. Viene con un catalizador que hay que mezclarlo al 2% con el gel coat para que seque.
- Fibra de vidrio en manta.
- Una garrafa de resina, que también lleva catalizador y se mezcla en las mismas proporciones que el gel coat.
- Unos pinceles.
- Una botella de acetona.
- Cera desmoldeante.

Pues una vez tenemos todo esto comenzamos con el gel coat; este producto lo que va a hacer es darle el acabado fino fino a nuestras fibras, ya que va a ser lo que se vea al desmoldar la fibra de vidrio de la escayola. Pintamos por tanto la pieza con el gel coat.



Aplicación del gel coat a la pieza

Aproximadamente a la media hora el gel coat estará casi seco. Es entonces cuando podemos empezar a aplicar la fibra de vidrio. Contra más fibra apliquemos, más peso y mayor resistencia en caída. Si colocamos menos fibra tendremos menos peso y más frágil será la pieza (con tres capas es más que suficiente para conseguir una pieza rígida). Para aplicar la fibra de vidrio, primero tenemos que recortar tiras de unos 20x8 cm aproximadamente y otras más pequeñas para los lugares mas difíciles, cuando tengamos todas las fibras para la pieza que vayamos a hacer recortadas es el momento de empezar con las fibras. Se coge la resina y se pone en un bote; podemos utilizar el que hemos gastado anteriormente para el gel coat, aunque se mezclen un poco no pasa nada, y echamos la medida de catalizador anteriormente mencionada y según la temperatura de nuestra zona. Si hace frio un 2% de catalizador y si hace calor con un 1% sobra.

Empezamos a presentar la fibra encima del molde y lo empapamos bien de la mezcla de resina y catalizador, y así con cada pedazo de fibra de vidrio hasta darle el espesor deseado. Una vez terminado dejar la pieza unas dos o tres horas secar, hasta que veamos que tocas por detras y la resina ya no está pegajosa. Pues en ese momento ya podemos desmoldar, porque si lo dejamos mucho, luego costará más desmoldar.



Aspecto de la pieza de fibra de vidrio desmoldada

Al desmoldar, veremos que nos sale la pieza ya con la forma original y lisita, veremos que en alguno sitios nos saldrá algo de plastilina pegada que la quitamos y ya está. También nos puede pasar que se nos quede la escayola en algunos sitios pegada al gel coat, no hay que darle la mínima importancia, ya que la escayola con una lija, la quitaremos en cuestión de segundos.



Aspecto de una de las piezas del carenado en fibra de vidrio al desmoldar

Hay piezas de la moto que por su forma no se pueden hacer todo a la vez ya que resulta imposible desmoldar. Entonces haremos el molde, y luego la cortamos por la mitad, que luego lo uniremos con fibra de vidrio.



Presentacion de las tres piezas

Ahora vamos a recortar lo que sobra, al aplicar la fibra de vidrio, veremos que se nos ha quedado sitios en los que la fibra sobresale mucho. Cogemos una radial y con mucho cuidado iremos recortando dándole la forma de la pieza.



Pieza de fibra de vidrio ya recortada

Para empezar a unir las piezas únicamente nos hace falta fibra de vidrio, que nos ha sobrado y masilla de carroceros de dos componentes y de dos tipos, una de relleno y otra de acabado.

Para unir varias piezas, una vez las tenemos recortadas, las presentamos en la moto como muestra la imagen de abajo y la atornillamos en su sitio, cuando estemos seguros de que la posición es correcta, le pegamos una pequeña tira de fibra de vidrio, con una sola tira por fuera será suficiente. Ahora cuando seque la pieza la quitaremos y el resto de fibra de vidrio para endurecer la pieza la pondremos por el interior.



Unión de piezas de fibra de vidrio

A las tiras que ponemos para unir las piezas ahora les aplicamos masilla de carroceros de relleno y de terminación para tapar los poros que queden.



Piezas con la masilla de carrocerero de relleno (verde) y masilla de acabado (gris)

Y como antes llega el momento de empezar a lijar para dejarlo fino, pasando la llema por encima de lo lijado sentiremos como va quedando el trabajo que estamos haciendo.

Cuando vemos que tenemos todo bien lijado, es hora de empezar a darle una manita de imprimacion, la imprimacion es una base para que la pintura agarre mejor.



Carenado con una mano de imprimación

Por último procederemos a pintar el carenado fabricado. Con un par de manos de pintura en spray será más que suficiente dejando unos 10 minutos entre mano y mano.



Pintura de la parte frontal y lateral del carenado

Una vez puesta la pintura le daremos una buena capa de laca brillante. Esa laca hay que pulirla 24 horas después, es decir compraremos una hoja de lija y lijamos el carenado haciendo círculos muy suaves sin hacer mucha fuerza. Una vez tengamos toda la moto lijada, la lavaremos con agua y jabón, y compraremos pulimento y con la ayuda de un disco de algodón, puliremos toda la moto.



Aspecto final del carenado fabricado

15 FABRICACION DEL CARENADO

Finalmente nuestro carenado se ha fabricado en fibra de vidrio debido a la notoria diferencia de precio entre ella y la fibra de carbono. Siguiendo los pasos anteriormente explicados fue exactamente como se fabricó el carenado diseñado por uno de los compañeros del equipo.



Imagen del colín de la motocicleta

Las imágenes que se muestran a continuación corresponden al carenado utilizado para el stan de la inauguración del circuito de Los Arcos, al cual le falta todavía el proceso de imprimación y pintura además del serigrafiado de los distintos logos de los patrocinadores del equipo.



Imagen del frontal y el lateral del carenado de la motocicleta

16 MONTAJE PROTOTIPO

El despiece completo de la motocicleta da como resultado la extensísima lista de piezas que se muestra a continuación:

SISTEMA DE FRENO

MANGUETAS
PINZAS
DISCOS DE FRENO
ZAPATAS
BOMBA DE FRENO
LATIGUILLOS DEL SISTEMA DE FRENADO
DEPOSITO DE LÍQUIDO DE FRENOS
PALANCA FRENO TRASERO
MANETA DE FRENO DELANTERO

SISTEMA DE CAMBIO DE MARCHAS

PALANCA DE CAMBIO
REENVIO DE CAMBIO
MANETA DE EMBRAGUE
CABLE DE EMBRAGUE

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

RADIADOR
TUBERIAS RADIADOR
BOMBA DE AGUA
DEPOSITO DEL AGUA DEL RADIADOR

DIRECCION

TOPES DE LA DIRECCION DE NYLON
AMORTIGUADOR DE LA DIRECCION
MANILLAR DE LA MOTO
TIJA
HORQUILLA
RETEN HORQUILLA
CONJUNTO PLETINAS DIRECCION
PUÑOS DE GOMA PARA MANILLAR (RENTAL)

PIECERÍO VARIADO

ESTRIBOS
SOPORTE ESTRIBOS
CADENA
LLANTAS
NEUMATICOS
GOMAS SOPORTE DEPOSITO GASOLINA
DEPOSITO DE GASOLINA
CONDUCTOS GASOLINA
GRIFO GASOLINA
RODAMIENTOS
EJES DE RUEDAS

CARENADO

CARENADO SUPERIOR E INFERIOR
PANTALLA DE CARENADO
SOPORTES CARENADO
ARAÑA PANTALLA CARENADO
COLIN
SOPORTES COLIN
ESPUMA COLIN
GUARDABARROS DELANTERO
GUARDABARROS TRASERO

MOTOR Y ESCAPES

MOTOR COMPLETO
ENCENDIDO
PLETINAS FIJACION MOTOR
PIÑÓN CAJA CAMBIOS
PIPA BUJIA
CONJUNTO CABLE GAS
CARBURADOR
TUBO DE ESCAPE
SOPORTE TUBO DE ESCAPE

CHASIS

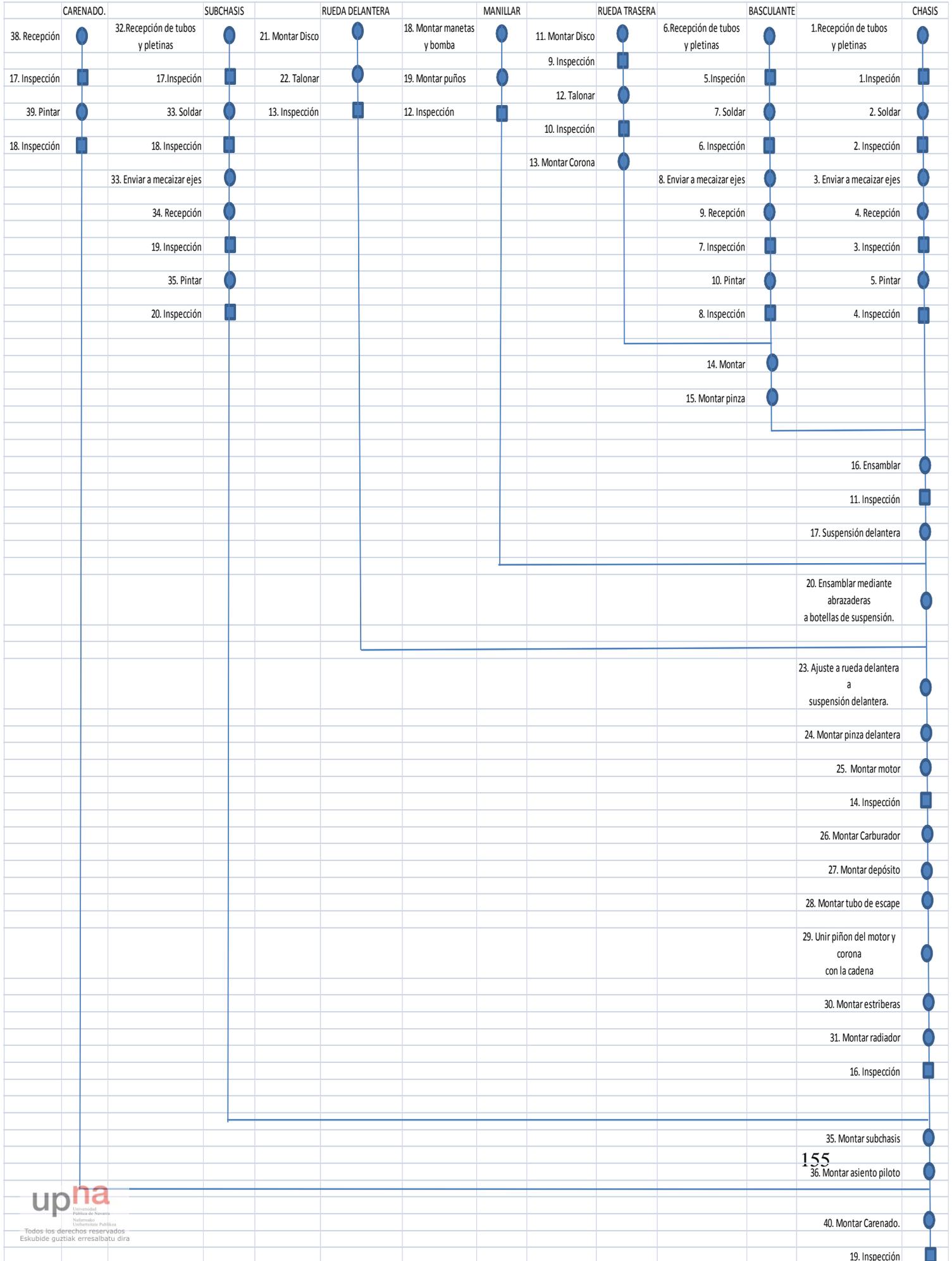
BASTIDOR
SUBCHASIS TRASERO

BASCULANTE

ESTRUCTURA RIGIDA
PROTECTOR BASCULANTE
PROTECTOR PASO CADENA
SUSPENSION TRASERA
SOPORTE SUSPENSION TRASERA
RODAMIENTO BASCULANTE
EJE DE BASCULANTE
TENSOR CADENA
CASQUILLO NYLON CABALLETE

SISTEMA ELECTRICO

LUZ TRASERA DE FRENADO
BOBINA ENCENDIDO DE LA BUJIA DEL MOTOR
CENTRALITA
CABLEADO DE ENCENDIDO
CUADRO DE INSTRUMENTOS
BOTON DE "PARO DE LA MOTO"



Se ha llevado a cabo un diagrama sinóptico del proceso de montaje de la motocicleta tal y como se puede llevar a cabo en una empresa de fabricación de motocicletas de competición para así llevar un orden durante el proceso de ensamblaje del prototipo.

16.1 Evolución maqueta 3D

Como ya se ha comentado anteriormente, para empezar a montar la motocicleta físicamente hay que primero montar la maqueta en el ordenador para lo cual hay un proyecto en el equipo dedicado exclusivamente a este proceso.

A día de hoy nos hayamos en un punto de la maqueta 3D de la moto en el cual tenemos perfectamente ensamblados los componentes que hacen que la moto pueda mantenerse en pie y andar, es decir, tenemos conectados el chasis con el motor (faltan solamente los tirantes que lo anclan por delante al chasis que están por decidir), el basculante y la horquilla además de la unión de la propia horquilla con la rueda delantera y del basculante con la rueda trasera.

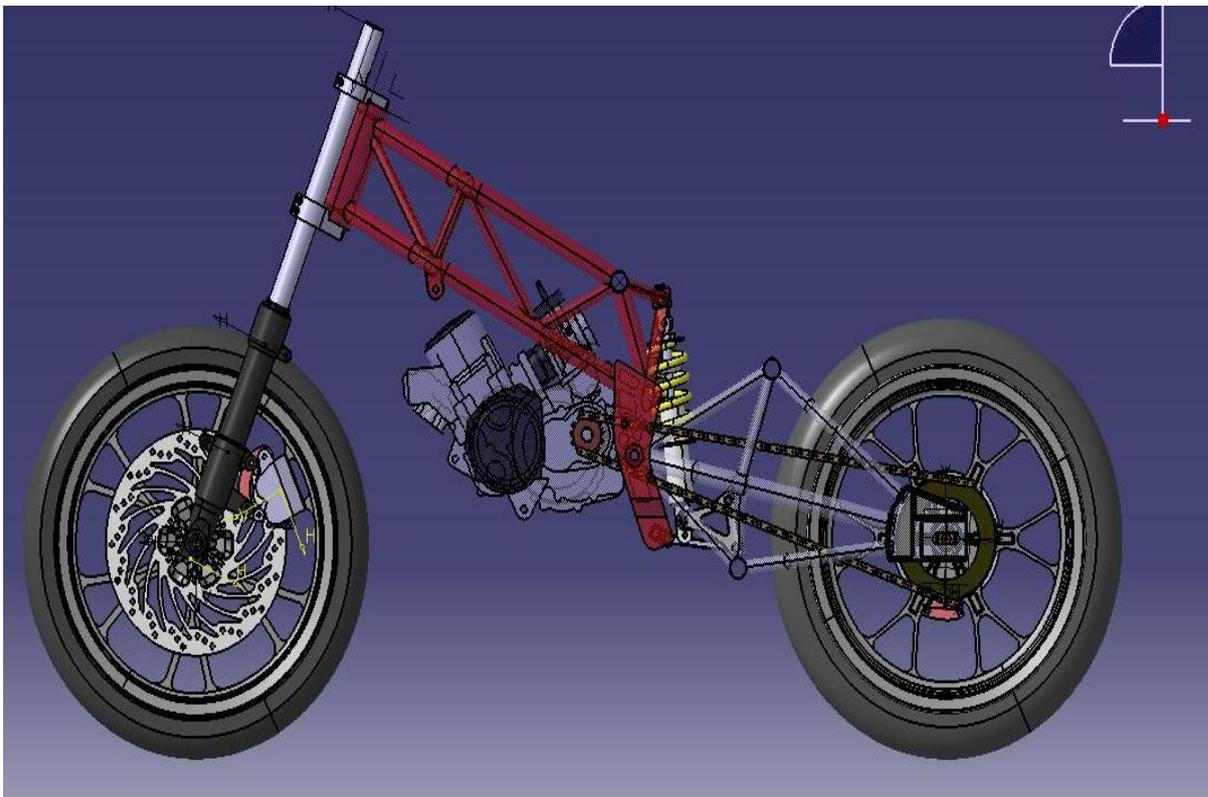
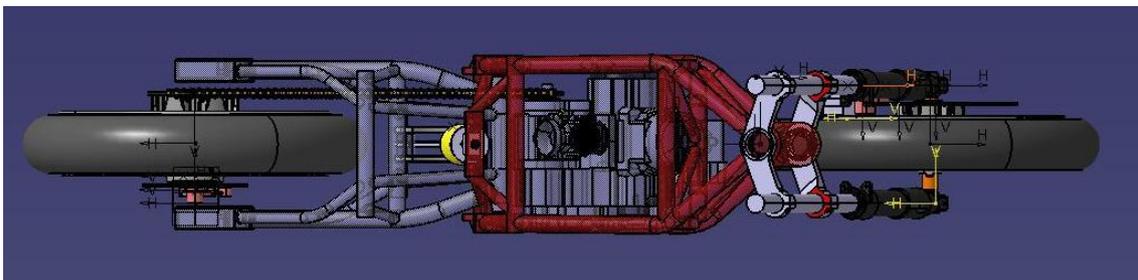
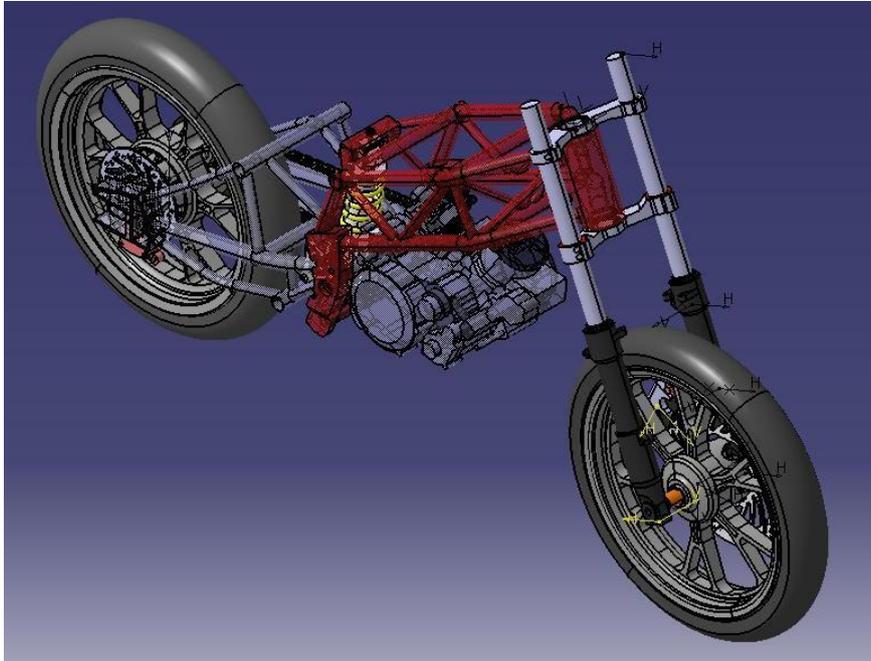


Imagen lateral de la maqueta 3D de la motocicleta

De todas formas faltarían todavía elementos constructivos fundamentales para el correcto funcionamiento de un prototipo de competición tales como:

- El carenado que está siendo dibujado.
- El subchasis con el colín.
- El depósito de gasolina.

- El radiador que ya ha sido dibujado y falta de ser ensamblado.
- Manillares, semimanillares, estriberas y piecerío auxiliar (tornillos, rodamientos, ejes...)



Imágenes de la maqueta 3D de la motocicleta en su estado actual

17 PLANOS DE FABRICACIÓN

A lo largo de mi proyecto se han llevado a cabo planos de fabricación de una serie de componentes de la motocicleta como son:

- Chasis. Planos de soldadura, de mecanizado, de curvado de los tubos, de numeración de los mismos, de premecanizado de las pletinas...
- Basculante: Planos de soldadura, de mecanizado, de plegado de los tubos, de premecanizado de las pletinas...
- Tijas: Tanto las superior como la inferior.
- Casquillos (para la tija, para el basculante...)
- Ejes: el de la dirección, el del basculante, ejes de las ruedas...

En el plano de soldadura para Imca las medidas las tomamos a partir del centro de la cara superior de la pipa de dirección mientras que para el plano de mecanizado del chasis para Codi las medidas las tomamos a partir del centro de la cara donde se asienta el rodamiento de la dirección.

17.1 AJUSTES Y TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN. GENERALIDADES.

17.1.1 ISO

Los símbolos ISO utilizados para representar las tolerancias dimensionales tienen tres componentes:

- Medida nominal.
- Una letra representativa de la diferencia fundamental en valor y en signo (minúscula para eje, mayúscula para agujero), que indica la posición de la zona de tolerancia.
- Un número representativo de la anchura de la zona de tolerancia (Calidad de la tolerancia).

Ejemplo: 30 H 6 -> Sería un agujero de diámetro 30 mm con posición H en la zona de tolerancias y calidad de la tolerancia 6.

17.1.2 Calidades IT

Las tolerancias dimensionales tienen en cuenta la calidad de la pieza. La calidad o índice de calidad es un conjunto de tolerancias que se corresponde con un mismo grado

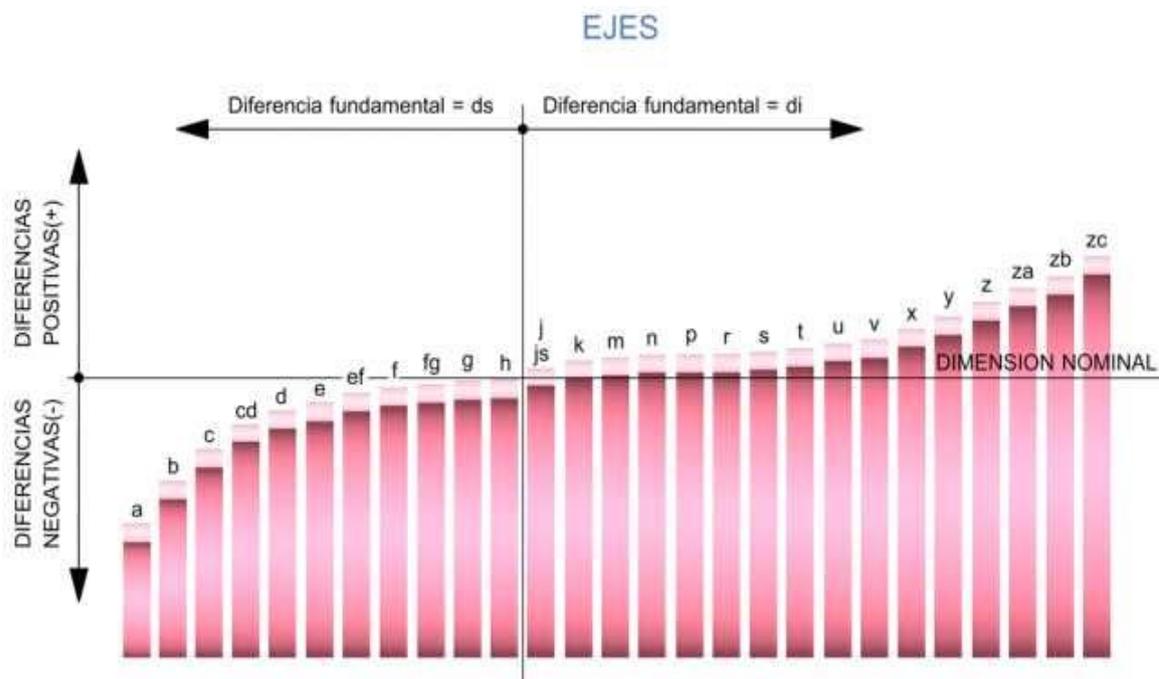
de precisión para cualquier grupo de diámetros. Cuanto mayor sea la calidad de la pieza, menor será la tolerancia.

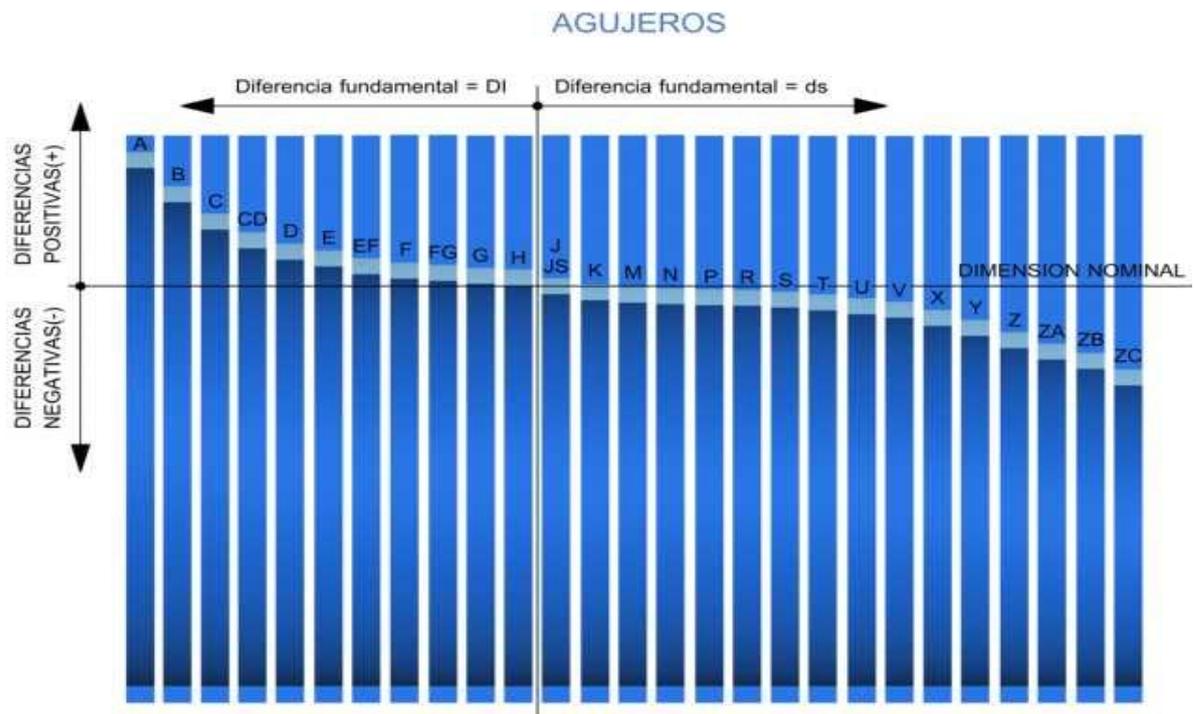
Norma ISO 286(I)-62

La norma ISO distingue 18 calidades designados como IT01, IT0, IT1, IT2, ..., IT16

17.1.3 Posición de la tolerancia

El Sistema ISO de tolerancias define veintiocho posiciones diferentes para las zonas de tolerancia, situadas respecto a la línea cero. Se definen por unas letras (mayúsculas para agujeros y minúsculas para ejes).





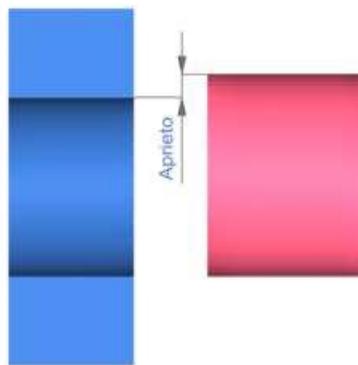
Dado que para cada grupo de diámetros nominales se pueden elegir un número elevado de zonas de tolerancia y de grados de calidad, se recomienda utilizar solamente algunas zonas de tolerancia, llamadas zonas de tolerancia preferentes.

17.1.4 Tipos de ajustes

17.1.4.1 Apriete

Apriete (A) es la diferencia entre las medidas efectivas de eje y agujero, antes del montaje, cuando ésta es positiva, es decir, cuando la dimensión real del eje es mayor que la del agujero:

$$A = d_e - D_e > 0$$



Apriete máximo (AM) es el valor de la diferencia entre la medida máxima del eje y la medida mínima del agujero:

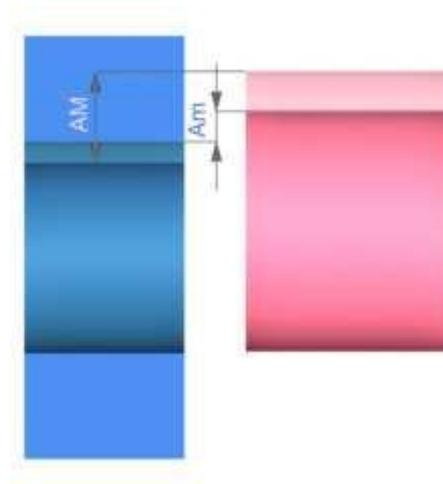
$$AM = dM - Dm$$

Apriete mínimo (Am) es el valor de la diferencia entre la medida mínima del eje y la máxima del agujero:

$$Am = dm - DM$$

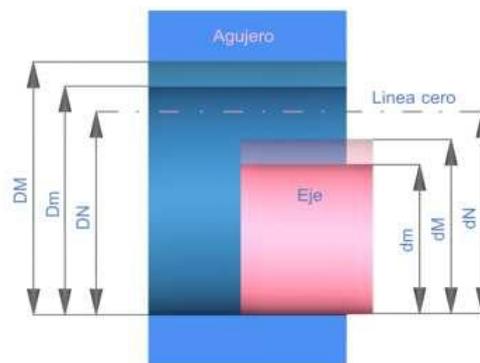
Se llama **tolerancia del Apriete (TA)** a la diferencia entre los apriete máximo y mínimo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje:

$$TA = AM - Am = T + t$$



17.1.4.2 Juego

Se denomina **juego (J)** a la diferencia entre las medidas del agujero y del eje, antes del montaje, cuando ésta es positiva, es decir, cuando la dimensión real del eje es menor que la del agujero: $J = De - de > 0$



Juego máximo (JM) es la diferencia que resulta entre la medida máxima del agujero y la mínima del eje:

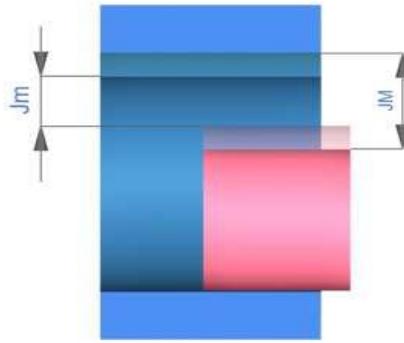
$$JM = DM - dm$$

Juego mínimo (Jm) es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la máxima del eje:

$$Jm = Dm - dM$$

Se llama **tolerancia del juego (TJ)** a la diferencia entre los juegos máximo y mínimo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje:

$$TJ = JM - Jm = T + t$$



17.1.4.3 Indeterminado

Se denomina **ajuste indeterminado (I)** a un tipo de ajuste en el que la diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje puede resultar positiva o negativa, dependiendo de cada montaje concreto:

$$I = De - de < 0 \quad \text{ó} \quad > 0$$

$$JM = DM - dm$$

$$AM = dM - Dm$$

Se llama **tolerancia del ajuste indeterminado (TI)** a la suma del juego máximo y del aprieto máximo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje:

$$TI = JM + AM = T + t$$

17.1.5 Criterios

Para determinar los juegos límites se tendrá en cuenta que:

- ◆ Se debe evitar todo exceso de precisión.
- ◆ Se debe adoptar siempre que sea posible mayor tolerancia para el eje que para el

agujero.

- ◆ Se deben elegir las tolerancias de forma que las calidades del eje y del agujero no varíen en más de dos índices.
- ◆ Se debe tener en cuenta la experiencia en ajustes análogos.
- ◆ Montaje de las piezas.

Al fijar los juegos límites de un acoplamiento se deben tener en cuenta:

- ◆ Estado superficial.
- ◆ Naturaleza del material.
- ◆ Velocidad de funcionamiento.
- ◆ Naturaleza, intensidad, dirección, sentido, variación y prioridad de los esfuerzos.
- ◆ Engrase.
- ◆ Desgaste.
- ◆ Geometría del conjunto.

18 PRESUPUESTO

El presupuesto del equipo se iba actualizando semana a semana. El presupuesto que se muestra a continuación corresponde a la primera semana del mes de Junio de 2010.

| | |
|-----------------------|--------------|
| PATROCINADORES | 12195 |
| Total previsto | 14891 |
| Total gastado | 2846 |
| Total por gastar | 11826 |

| | |
|---------------------|------------|
| Presupuestado | 14891 |
| Gastado+Porg gastar | 14672 |
| AHORRADO | 219 |

-2696 Diferencia entre lo presupuestado y los patrocinadores

-2477 Diferencia de lo que nos han dado los patrocinadores menos: lo que hemos gastado y lo que aún tenemos que gastar

Ahorros en las compras hechas, p.e., el carburador de segunda mano ha costado 223 y suponíamos 600

| | CONCEPTO | PREVISTO | REAL | POR GASTAR | FECHA PREVISTA |
|-----------------------|-----------------------------|----------|------|------------|----------------|
| CHASIS | Acero al Mn-Mo Reynolds 631 | 400 | 358 | 0 | 1-mar-10 |
| | Corte Laser Ebro | 250 | | 250 | 5-abr-10 |
| | Premecanizado chasis | 570 | | 570 | |
| | Mecanizar chasis | 640 | | 640 | |
| | Anclaje amortiguador | 65 | | 65 | |
| | Fabricar piezas eje trasero | 340 | | 340 | |
| | Fabricar tija | 628 | | 628 | |
| BASCULANTE | Programa Foale | 100 | 100 | 0 | 11-nov-09 |
| | Material | 400 | | 400 | 10-abr-10 |
| | Corte Laser Ebro | 250 | | 250 | 30-abr-10 |
| | Mecanizados CODI | 600 | | 600 | 7-may-10 |
| MOTOR y ESCAPE | Programa escape | 170 | 171 | 0 | 5-ago-09 |
| | Eje para banco de pruebas | | 35 | 0 | 25-nov-09 |

| | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----------|
| | Escape | 100 | 136 | 0 | 1-mar-10 |
| | Carburador | 600 | 223 | 0 | 23-dic-09 |
| | Pinza Embrague | 25 | 37 | 0 | 26-feb-10 |
| | Bomba Embrague | 75 | 78 | 0 | 26-feb-10 |
| | Maneta Embrague | 25 | 25 | 0 | 20-mar-10 |
| | Conjunto Cilindro | 695 | 0 | 695 | 1-jul-10 |
| | Piston B y C | 146 | 0 | 146 | 1-jul-10 |
| | Erosión piñon | | 21 | 0 | 4-mar-10 |
| | Reforma plato | | 39 | 0 | 30-mar-10 |
| | Tapón aceite | | 13 | 0 | 20-mar-10 |
| | Gasolina | 200 | | 200 | 1-jul-10 |
| | Radiador | 336 | 340 | 0 | |
| | Conjunto agujas y chiclés | 50 | 50 | 0 | |
| | Ejes, casquillos baiola | 160 | 160 | 0 | |
| | Silencioso | 50 | 48 | 0 | |
| CARENADO | Cursillo Timoteo | 360 | 364 | 0 | 25-sep-09 |
| | Papel calibrado para fotogrametría | 8 | | 8 | 29-oct-09 |
| | Carenado Honda RS | 245 | | 245 | 30-abr-10 |
| | Pantalla | 42 | | 42 | |
| | Colin | 120 | | 120 | |
| | Guardabarros | 54 | | 54 | |
| | Tapizado asiento | 10 | | 10 | |
| | Carenado competición | 471 | | 471 | 30-abr-10 |
| | Pintado patrocinadores en carenado | 800 | | 800 | 20-may-10 |
| | Araña carenado | 130 | | 130 | |
| PIECERIO | Maletin herramientas | 110 | 110 | 0 | 26-nov-09 |
| | Cntr.Pinza | 38 | 38 | 0 | 28-ene-10 |
| | Pinza | 34 | 34 | 0 | 29-ene-10 |
| | Offset | 96 | 96 | 0 | 30-ene-10 |
| | Offset +-2 | 110 | 110 | 0 | 31-ene-10 |
| | Caballete | 30 | | 30 | |
| | Rodamientos | | | 0 | |
| | Ejes | | | 0 | |
| | Tija | 628 | | 628 | |
| | Muelle horquilla | | | 0 | |
| | Acelerador | | | 0 | |
| | Subchasis | | | 0 | |
| | Depósito | | | 0 | |
| | Estriberas | 227 | 220 | 0 | |
| | Air box | 186 | | 186 | |
| Manillar y mandos | Abrazadera drcha | | | 0 | |
| | Abrazadra izqd | | | 0 | |
| | Semimanillar | 200 | | 200 | |

| | | | | |
|----------------------|-------------------------|------|----|------|
| | Amortiguador dirección | 350 | | 350 |
| | Conjunto puño gas | 30 | | 30 |
| | Conjunto cable gas | 5 | | 5 |
| | Bomba Freno delantera | x | | x |
| | Pinza Freno delantera | x | | x |
| | Maneta freno | 5 | | 5 |
| | Mando embrague | 130 | | 130 |
| | Cable embrague | | | 0 |
| | Botón de paro | 12 | | 12 |
| Ruedas | Neumáticos de repuesto | | | 0 |
| Freno trasero | Palanca de freno | | | 0 |
| | Soporte pinza freno | | | 0 |
| | Bomba freno traseo | | | 0 |
| | Pinza freno trasero | | | 0 |
| | Pastillas freno trasero | | | 0 |
| | Estribo | 300 | | 300 |
| | Rotula bomba freno | | | 0 |
| | Puntera palanca freno | | | 0 |
| Cambio | Palanca cambio | 15 | | 15 |
| | Reenvio cambio | | | 0 |
| | Caballetes | 120 | | 120 |
| Otros | Lona patrocinadores | | 40 | 0 |
| RESERVAS | IVA Patrocinadores | 1951 | | 1951 |
| | Motor Organización | 1200 | | 1200 |

19 CONCLUSIONES

- Motostudent es un verdadero desafío entre equipos universitarios que pretende la integración de los estudiantes en una empresa fabricante de motos de competición en un planteamiento similar a la Formula Student de SAE.
- Este proyecto me ha permitido integrar el trabajo académico con el desarrollo de las habilidades prácticas de forma que el Motostudent se trata de una herramienta de aplicación de las recomendaciones de Bolonia.
- Este proyecto ha sido totalmente multidisciplinar ya que me ha tocado realizar desde procesos de diseño y modificación de piezas a través de la realización de ensayos en elementos finitos en Marc hasta labores de búsqueda de patrocinio además de las propias tareas asociadas a la fabricación del prototipo como son la elección de los materiales y los medios de fabricación de cada componente, elaboración de los planos de fabricación de las piezas, diseño y fabricación de utillajes...
- A través de la experiencia de formar parte de alguna forma del equipo técnico de las empresas fabricantes de los componentes de nuestra motocicleta, uno se da cuenta de que hay una variación significativa entre los planos de fabricación (entre lo que se pretende que sea la pieza) y lo que realmente se fabrica finalmente debido a multitud de factores:
 - Imposibilidad de fabricar las piezas por restricciones técnicas.
 - Ausencia de tolerancias de fabricación en los planos lo que hace que posteriormente las piezas no encajen entre ellas...
- Los plazos de fabricación que las empresas ofrecen son totalmente orientativos y normalmente se sobrepasan en todos los casos.
- A la hora de diseñar una pieza es realmente fundamental tener en cuenta de qué manera se va a fabricar posteriormente ya que llevar a cabo un proceso de fabricación u otro puede encarecer enormemente el coste de la pieza en cuestión.
- Antes de fabricar un componente de la motocicleta es absolutamente vital ensamblar la pieza en cuestión en la maqueta 3D de la motocicleta y asegurarse de que encaja perfectamente y de que no interfiere con ningún otro componente.
- A lo largo de esta experiencia que ha durado más de año y medio, uno se da cuenta de que para optimizar tanto el proceso de fabricación como el coste asociado hay que barajar siempre varias opciones en cuanto a empresas fabricantes o proveedoras, solicitar varios presupuestos y decantarse finalmente por la mejor opción valorando no sólo el coste, sino también la confianza generada, los plazos de fabricación etc.
- El proyecto Motostudent no está ni mucho acabado ya que queda todavía la fabricación del subchasis y parte del piecerío auxiliar además del montaje del

prototipo y la puesta a punto en circuito del prototipo. Luego mi participación como miembro del equipo continuará exactamente como hasta ahora hasta la participación en el concurso propiamente dicho la primera semana de Octubre de 2010.

- En definitiva se trata de llevar a cabo un proyecto real con los compromisos del mundo industrial:
 - Trabajo en equipo, en competencia, bajo un presupuesto y en conexión con las empresas e instituciones del mundo de la máxima competición de carreras de motos de forma que se presenta a la Comunidad Foral de Navarra como una zona capaz y puntera en el desarrollo de prototipos de competición.

20 BIBLIOGRAFÍA

- Motocicletas: Comportamiento dinámico y diseño de chasis- Tony Foale
- Motocicletas- Arias Paz
- Motocicletas Chasis- John Robinson
- The racing motorcycle: A technical guide for constructors – John Bradley
- REGLAMENTO TÉCNICO. MotoStudent.
- Ducati chassis design: Simulation and experimental testing – Simone Di Piazza
- INGENIERÍA DE MOTOCICLETAS. Cesar Diaz de Cerio y José Sancho. Apuntes formativos.
- REGLAMENTO FUNCIONAL. MotoStudent.
- www.bottpower.com
- www.wikipedia.com
- www.moto22.com
- www.catiav5.com

Pamplona, Junio de 2010

H G F E D C B A

4

4

3

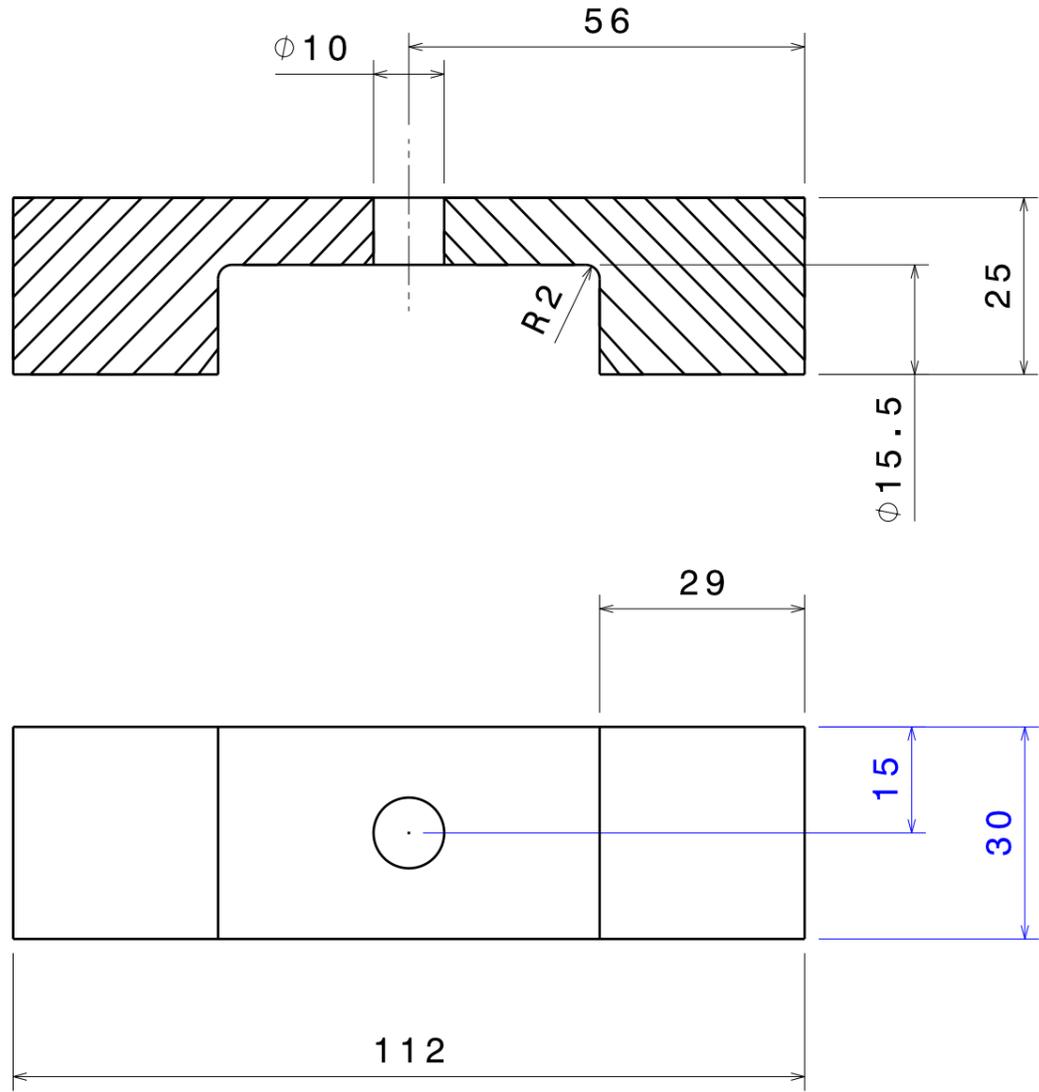
3

2

2

1

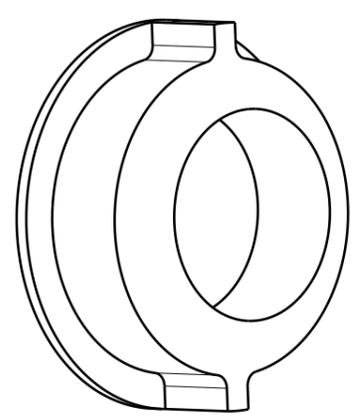
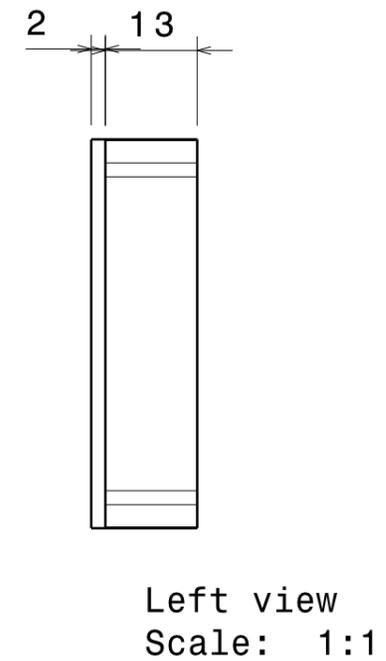
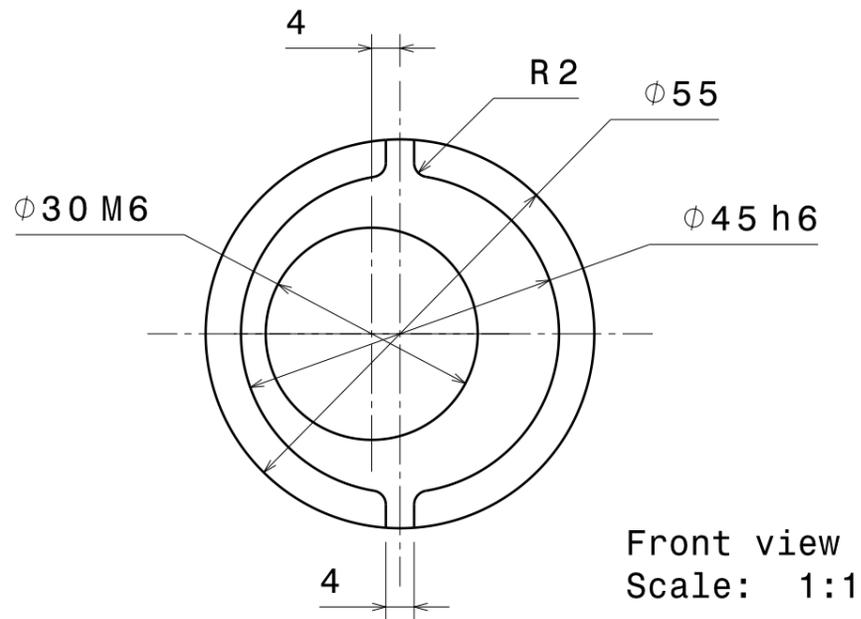
1



MATAR ARISTAS RADIO 2 MM

| | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| PROYECTO MOTOSTUDENT 1 | | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| PLANO ANCLAJE AMORTIGUADOR EN EL CHASIS | | | FECHA | ESCALA | Nº PLANO |

H G B A



Material Aluminio 6082

| | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | APELLIDOS, NOMBRE ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| PROYECTO MOTOSTUDENT 1 | | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| PLANO CASQUILLO OFFSET +-4 TIJA SUPERIOR | | | FECHA 30/3/2010 | ESCALA 1:1 | Nº PLANO 1 |

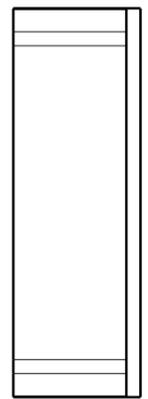
H G F E D C B A

4

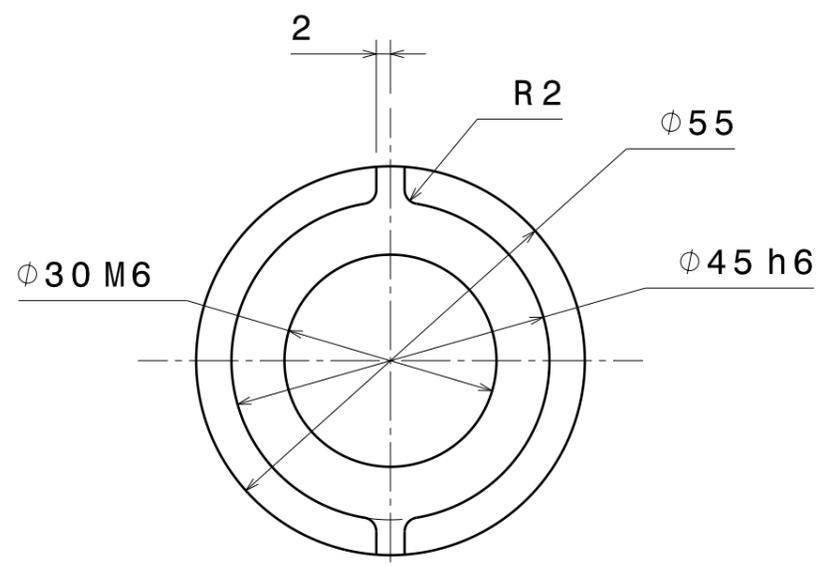
4

3

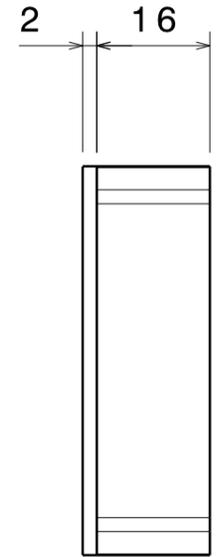
3



Right view
Scale: 1:1



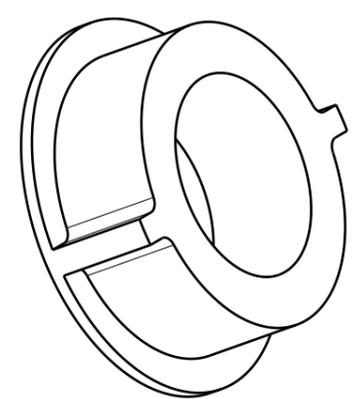
Front view
Scale: 1:1



Left view
Scale: 1:1

2

2



Isometric view
Scale: 1:1

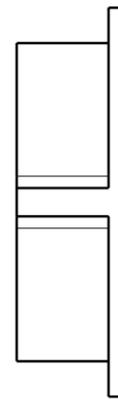
1

1

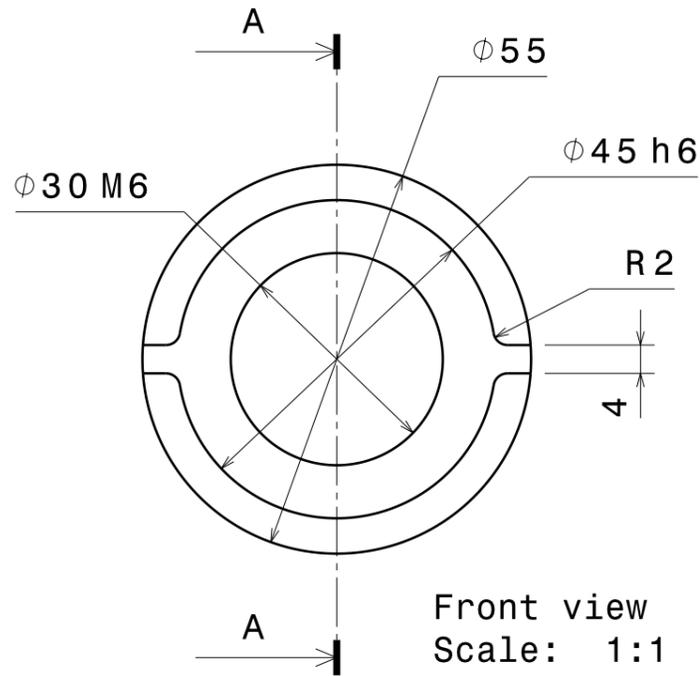
| | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------|--|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| | PROYECTO MOTOSTUDENT 1 | | APELLIDOS, NOMBRE ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| PLANO CASQUILLO OFFSET TIJA INFERIOR | | FIRMA | REVISADO | APROBADO | |
| | | FECHA 30/3/2010 | ESCALA 1:1 | Nº PLANO 1 | |

H G F E D C B A

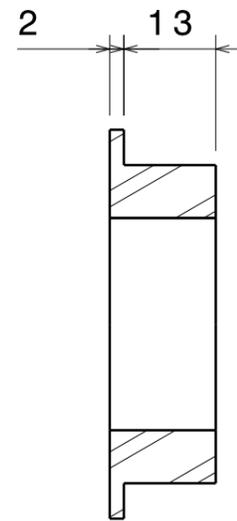
H G F E D C B A



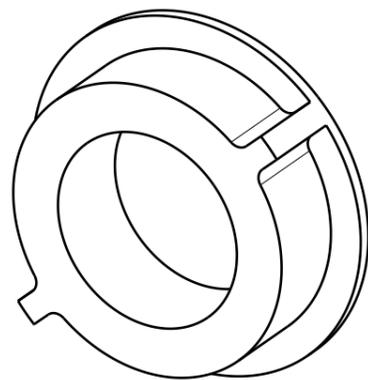
Right view
Scale: 1:1



Front view
Scale: 1:1



Section view A-A
Scale: 1:1



Isometric view
Scale: 1:1

Material Aluminio 6082



E.T.S.I.I.T

INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

PROYECTO

MOTOSTUDENT 1

APELLIDOS, NOMBRE
ARTETA ERVITI, XABIER

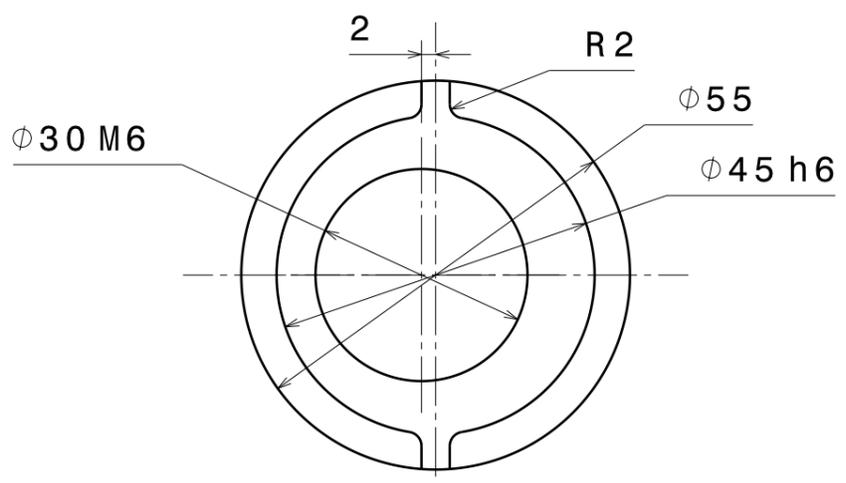
| | | |
|-------|----------|----------|
| FIRMA | REVISADO | APROBADO |
|-------|----------|----------|

PLANO

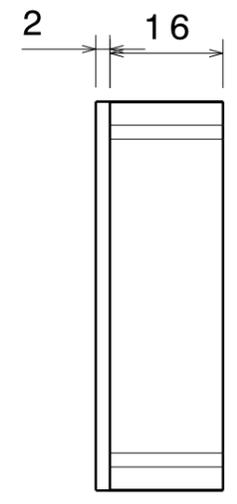
CASQUILLO OFFSET TIJA SUPERIOR

| | | |
|--------------------|---------------|---------------|
| FECHA 30/3/2010 | ESCALA 1:1 | Nº PLANO 1 |
|--------------------|---------------|---------------|

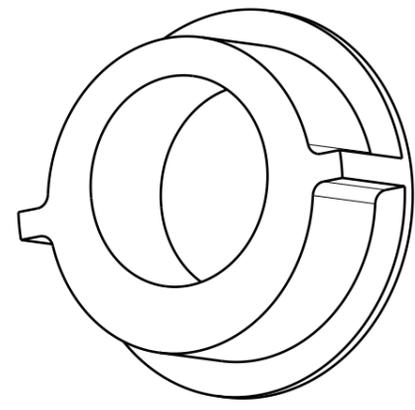
H G B A



Front view
Scale: 1:1



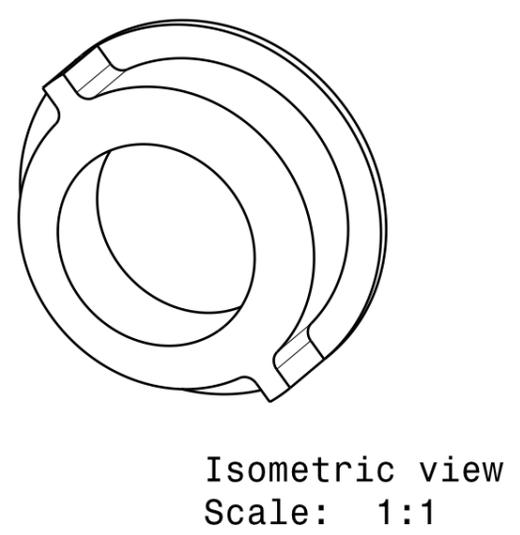
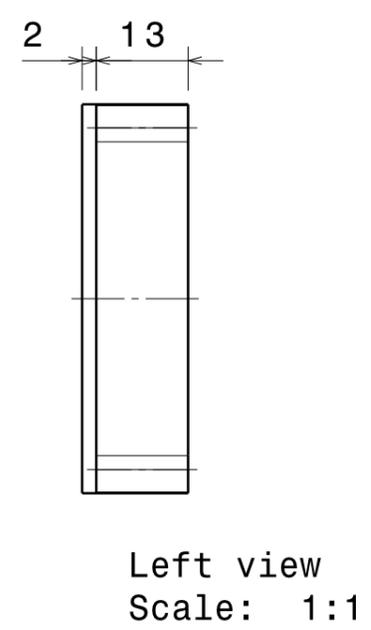
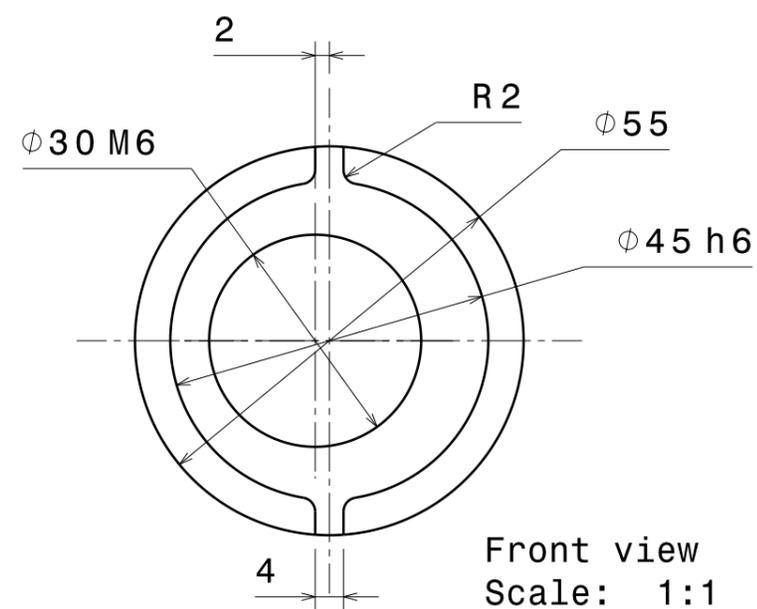
Left view
Scale: 1:1



Isometric view
Scale: 1:1

Material Aluminio 6082

| | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|  | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | APELLIDOS, NOMBRE ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| PROYECTO MOTOSTUDENT 1 | | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| PLANO CASQUILLO OFFSET +-2 tija inferior | | | FECHA 30/3/2010 | ESCALA 1:1 | Nº PLANO 1 |



Material Aluminio 6082

| | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | APELLIDOS, NOMBRE ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| PROYECTO MOTOSTUDENT 1 | | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| PLANO CASQUILLO OFFSET +-2 tija superior | | | FECHA 30/3/2010 | ESCALA 1:1 | Nº PLANO 1 |

4

3

2

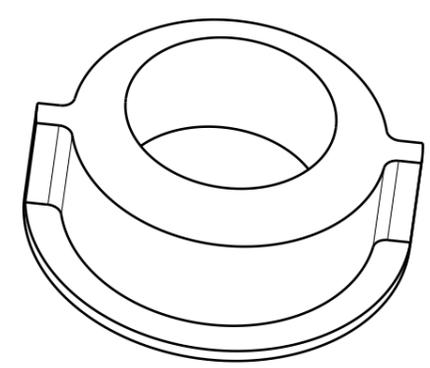
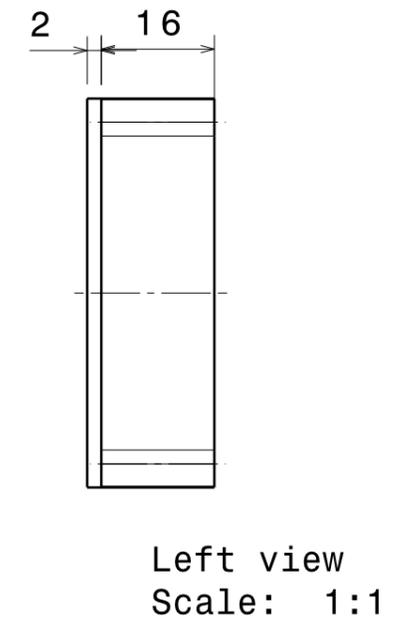
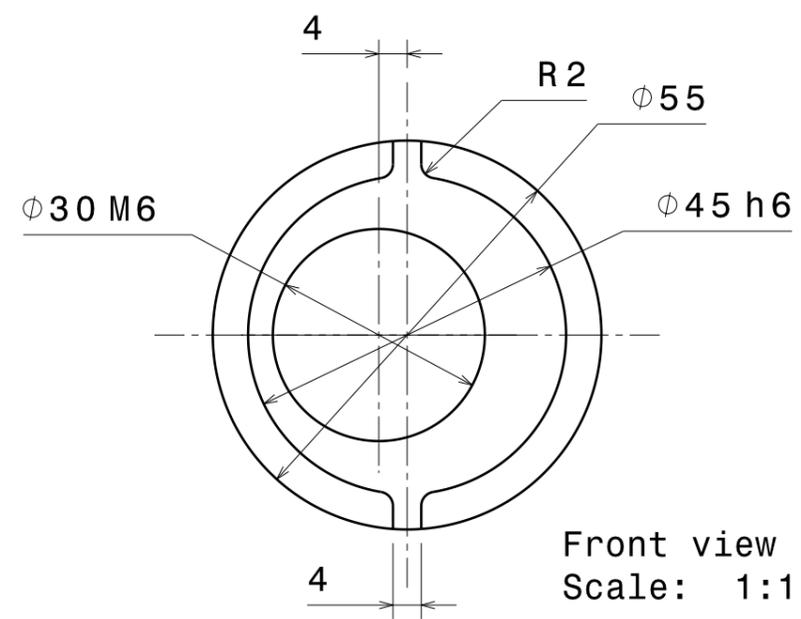
1

4

3

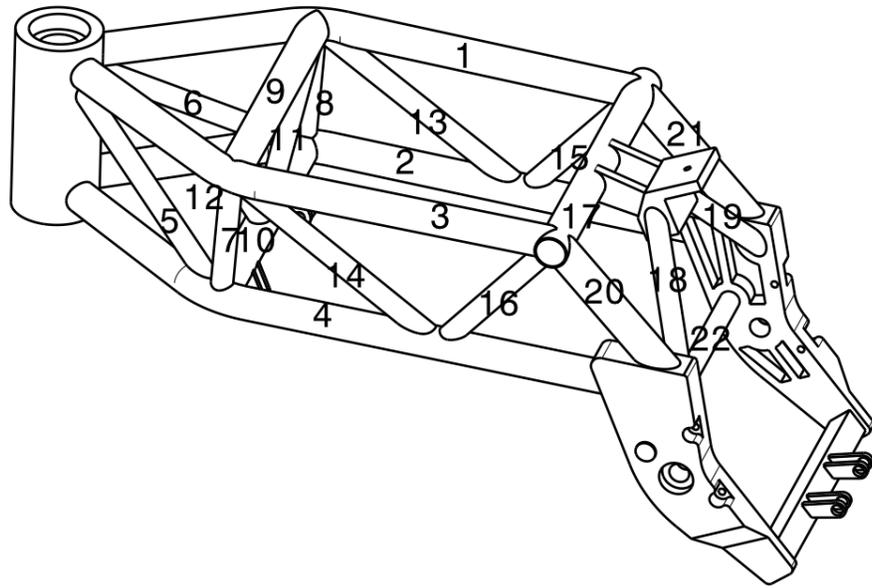
2

1



Material Aluminio 6082

| | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | APELLIDOS, NOMBRE ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| PROYECTO MOTOSTUDENT 1 | | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| PLANO CASQUILLO OFFSET +-4 TIJA INFERIOR | | | FECHA 30/3/2010 | ESCALA 1:1 | Nº PLANO 1 |

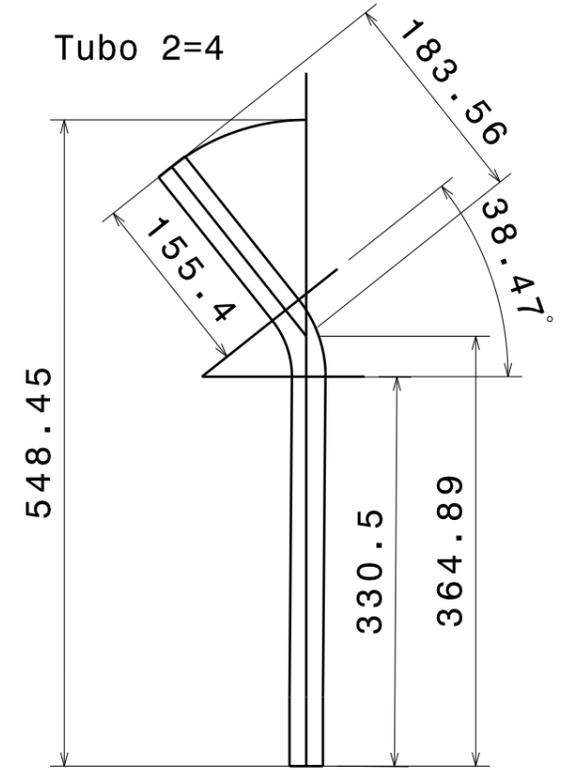
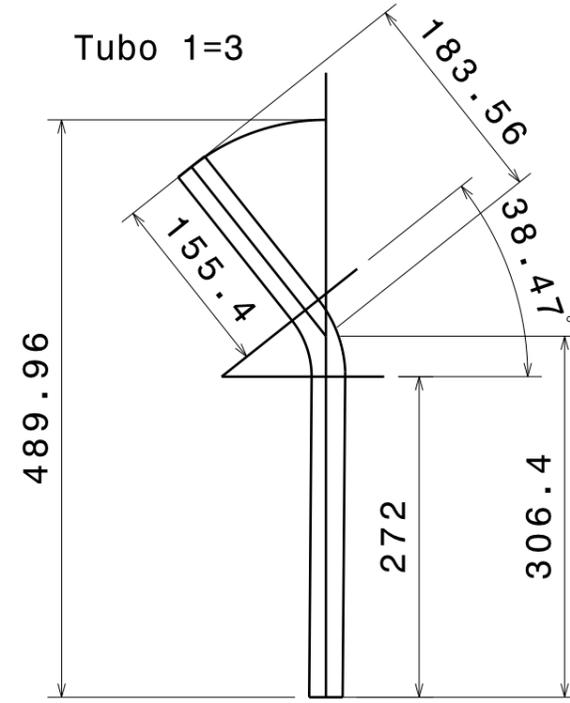
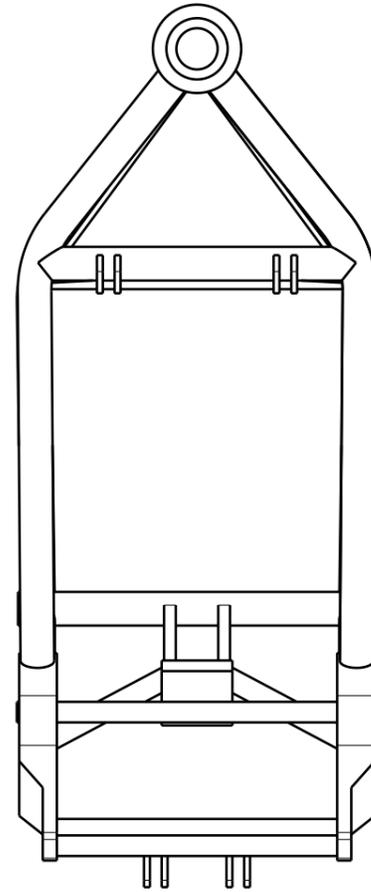
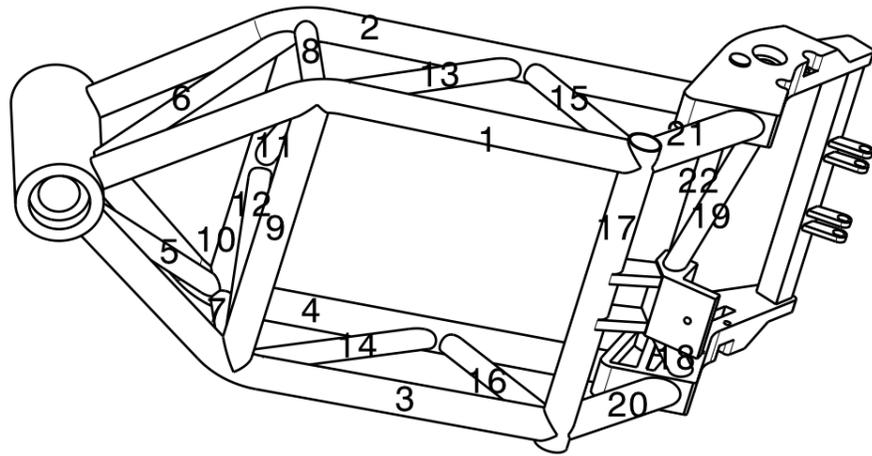


Isometric view
Scale: 1:6

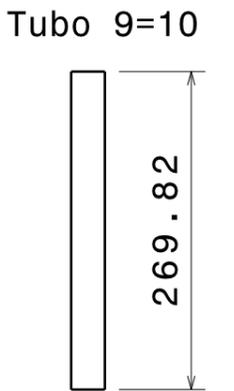
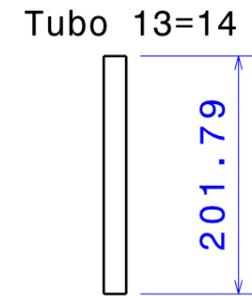
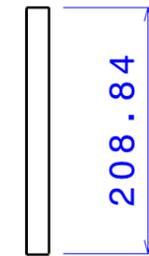
Espesor de los tubos:

Tubos 1,2,3,4,9,10,17,20,21->28,6 mm

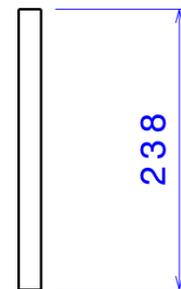
Tubos 5,6,7,8,11,13,14,15,16,18,19->19,05 mm



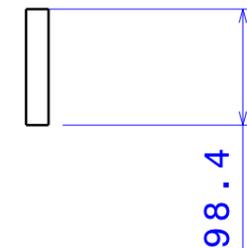
Tubo 5=6



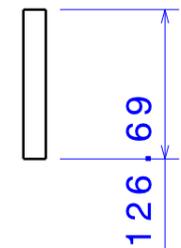
Tubo 22



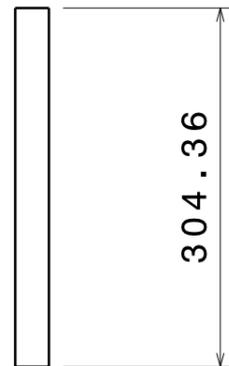
Tubo 7=8



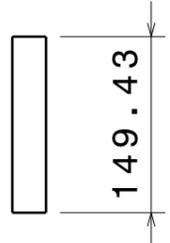
Tubo 15=16



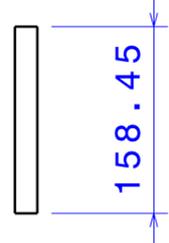
Tubo 17



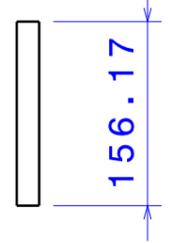
Tubo 20=21



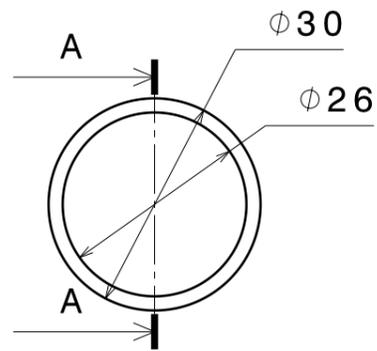
Tubo 18=19



Tubo 11=12



| | | | |
|----------|---------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| | E.T.S.I.I.T | DEPARTAMENTO | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL | |
| PROYECTO | Fabricación motocicleta 125 | | APELLIDOS, NOMBRE ARTETA ERVITI, XABIER |
| PLANO | Dimensiones tubos chasis | | FIRMA |
| | FECHA 7/4/2010 | ESCALA | Nº PLANO 1 |

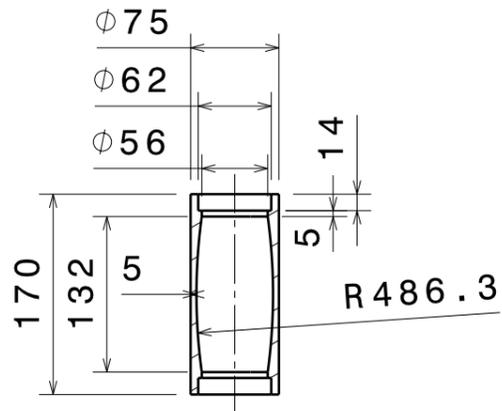


Front view
Scale: 1:1

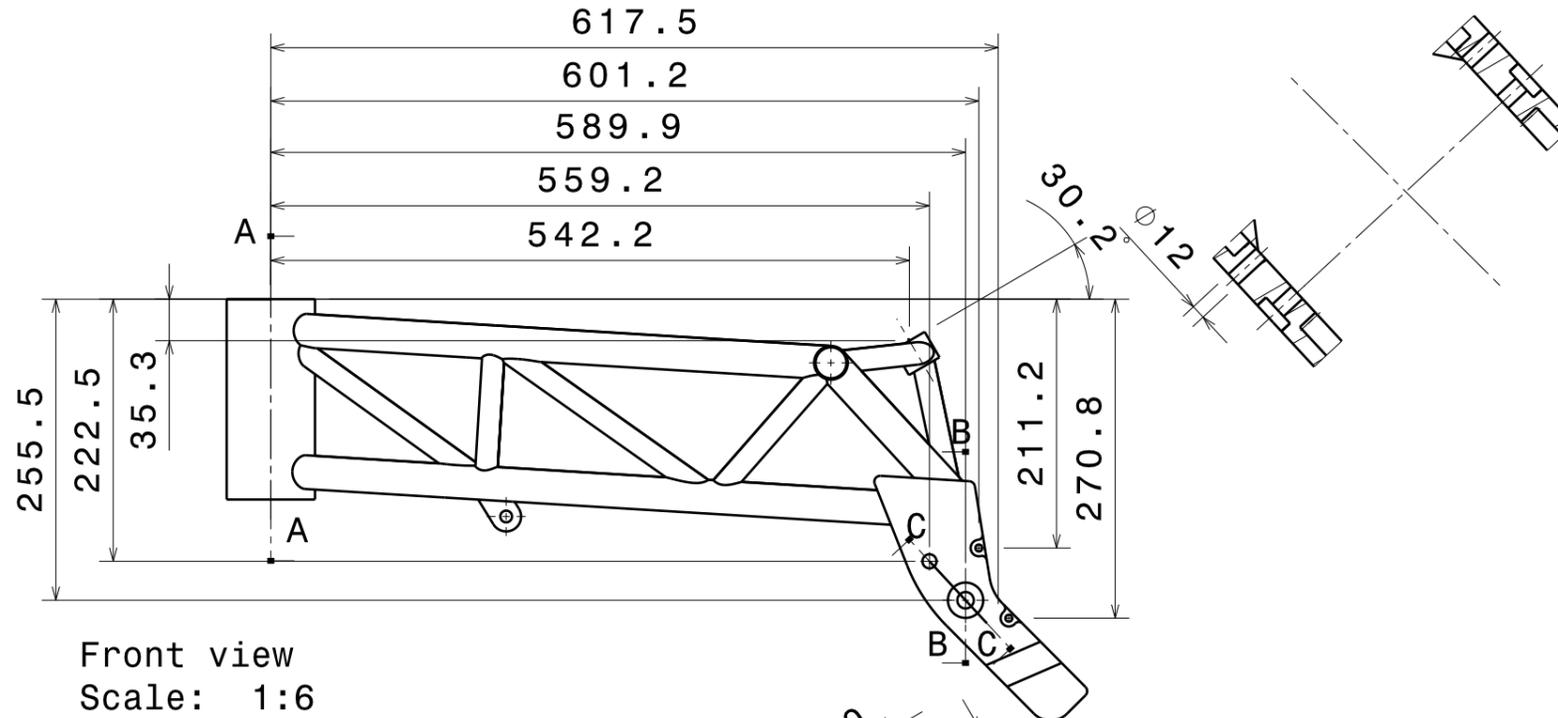


Section view A-A
Scale: 1:1

| | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|  | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | APELLIDOS, NOMBRE ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| PROYECTO MOTOSTUDENT 1 | | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| PLANO EJE DE LA DIRECCIÓN | | | FECHA 30/3/2010 | ESCALA 1:1 | Nº PLANO 1 |

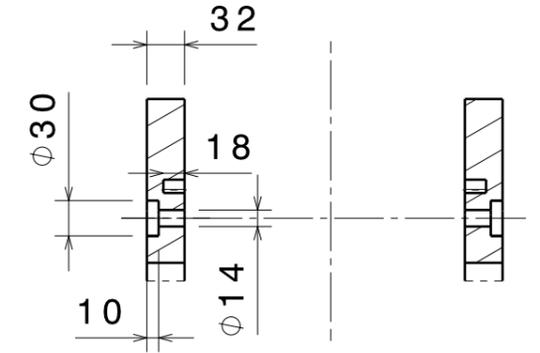


Section view A-A
Scale: 1:6

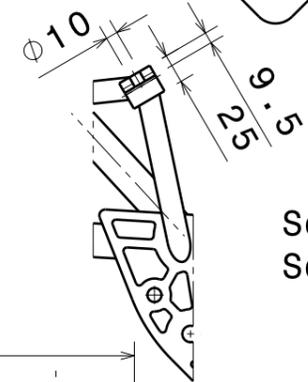


Front view
Scale: 1:6

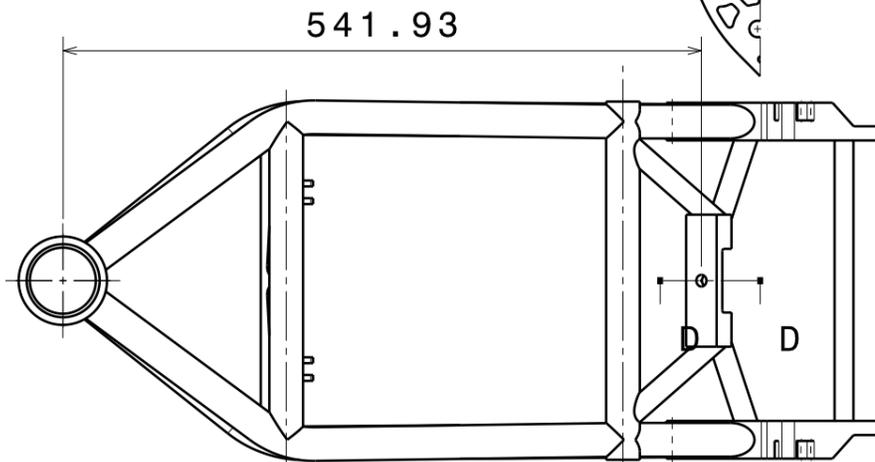
Section view C-C
Scale: 1:6



Section view B-B
Scale: 1:6

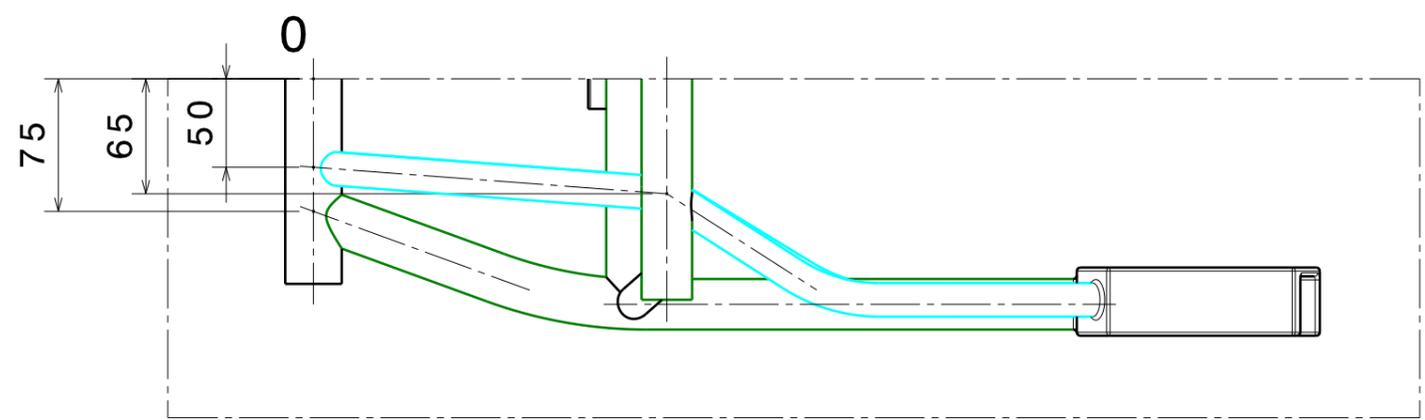
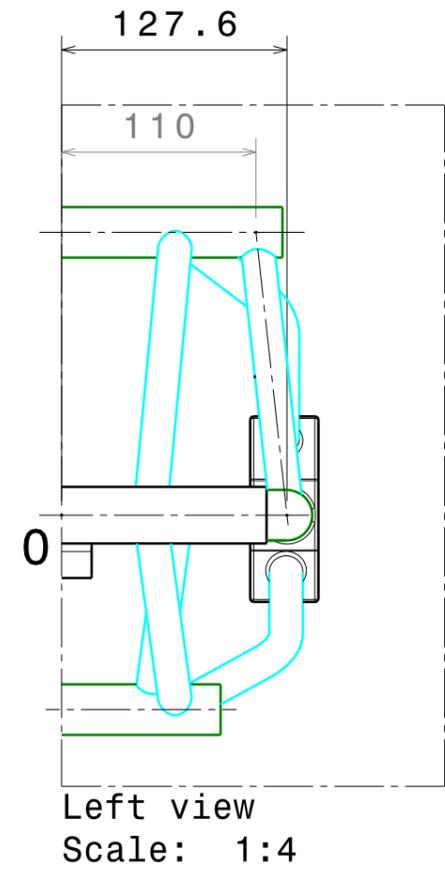
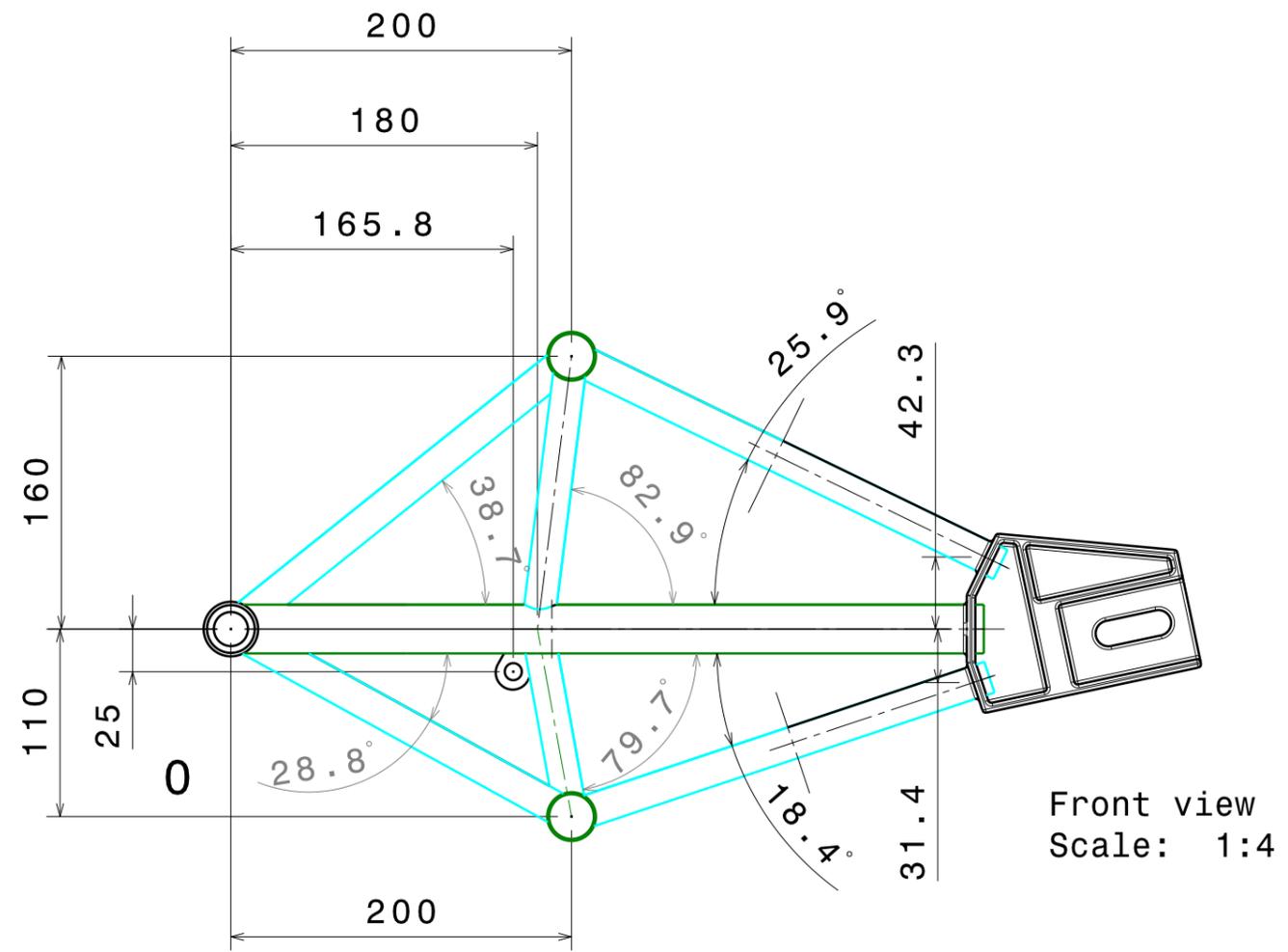


Section view D-D
Scale: 1:6



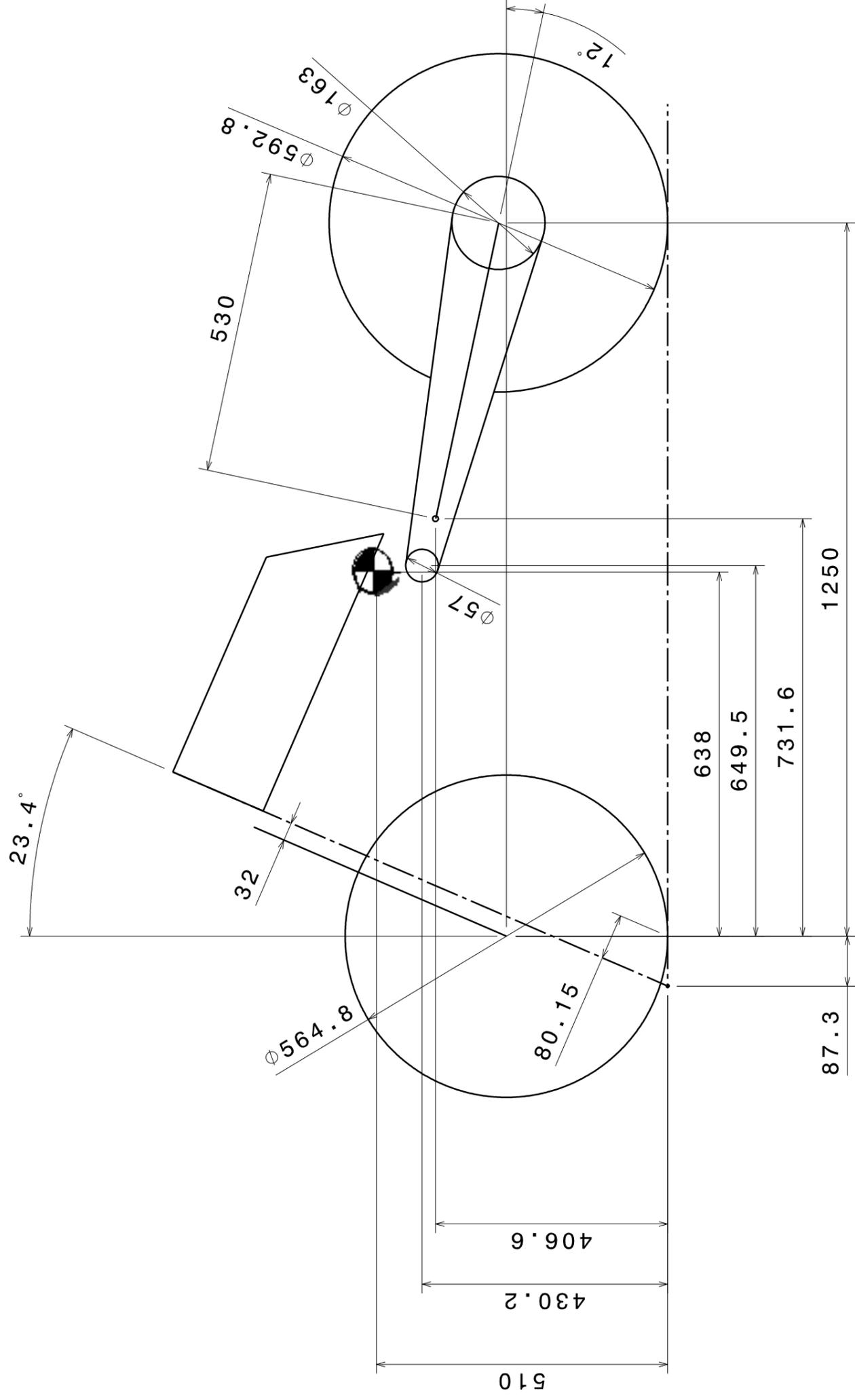
Top view
Scale: 1:6

| | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
|  | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| PROYECTO | | | ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| MOTOSTUDENT 1 | | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| | | | FECHA | ESCALA | Nº PLANO |
| PLANO | | | PLANO MECANIZADO CHASIS PARA CODI | | |



| Color | Diametro exterior | Espesor |
|----------|-------------------|---------|
| Verde | 28,6 mm | 1,2 mm |
| Turquesa | 19,05 mm | 1,2 mm |

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | APELLIDOS, NOMBRE ARTETA ERVITI, XABIER | |
| PROYECTO | MOTOSTUDENT 1 | FIRMA | REVISADO |
| PLANO | SOLDADURA DEL BASCULANTE | FECHA 30/3/2010 | ESCALA 1:4 |
| | | APROBADO | Nº PLANO 1 |



Todas las dimensiones en mm
 Masa mínima 90 kg.
 CDG en orden de marcha con piloto
 Tolerancias generales según ISO 2768

| | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|----------|
|  Universidad Pública de Navarra Universitatea Pública de Navarra | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | |
| PROYECTO | | MOTOSTUDENT 1 | | 1 |
| | | APELLIDOS, NOMBRE | | |
| | | APESTEGUIA AMORENA, MAITE | | |
| | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| PLANO | | FECHA | ESCALA | Nº PLANO |
| DATOS DE PARTIDA EN ORDEN DE MARCHA | | 27/3/10 | | 1 |

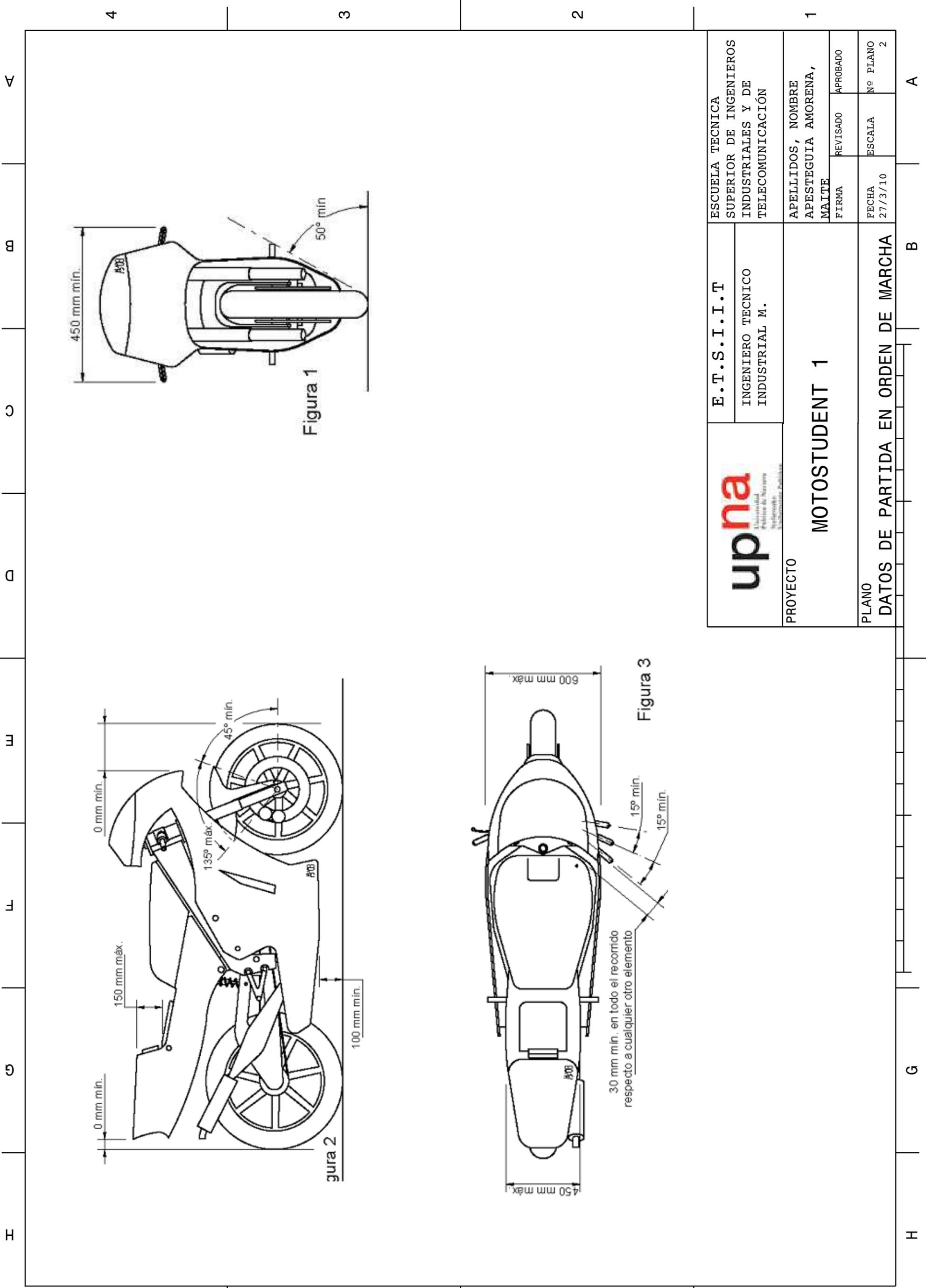
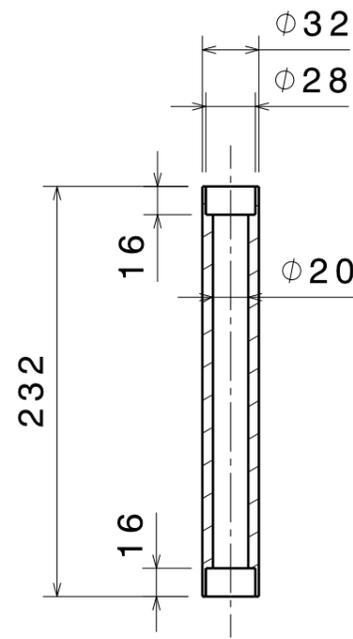
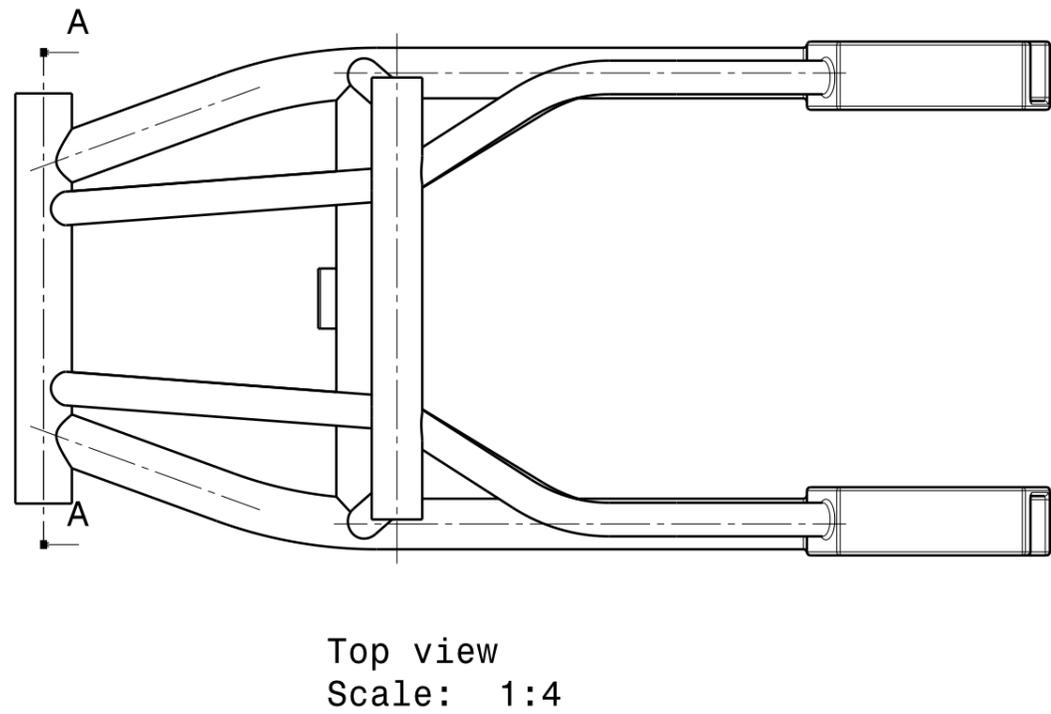
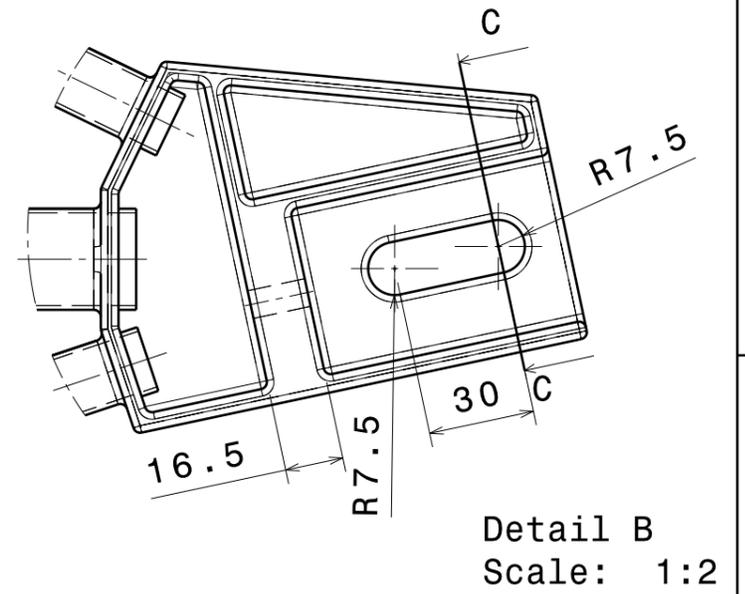
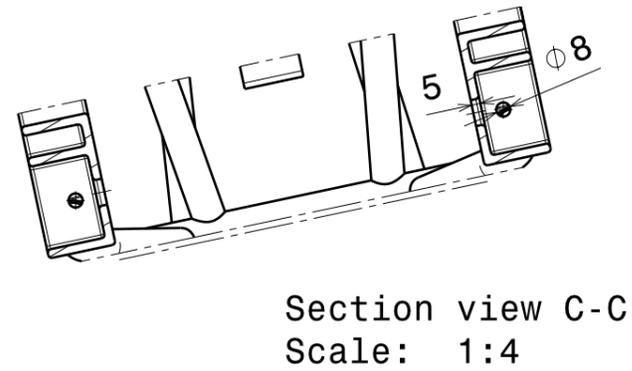
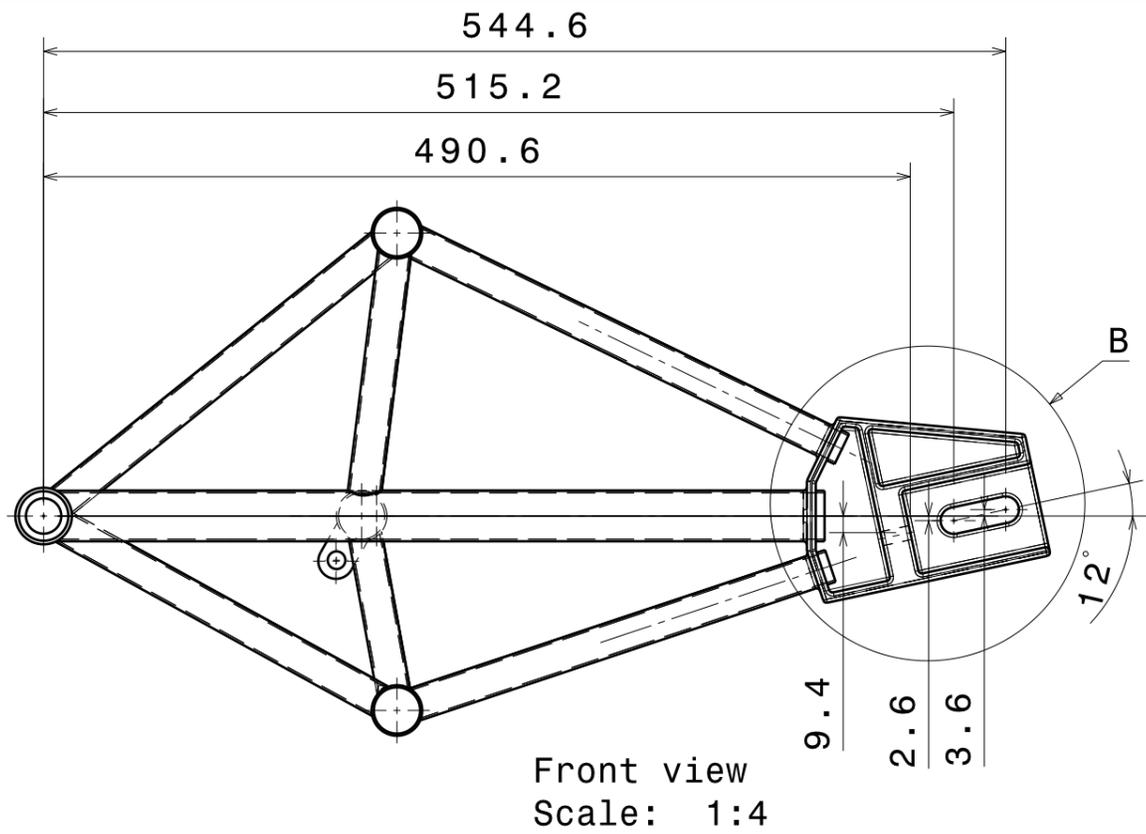


Figura 1

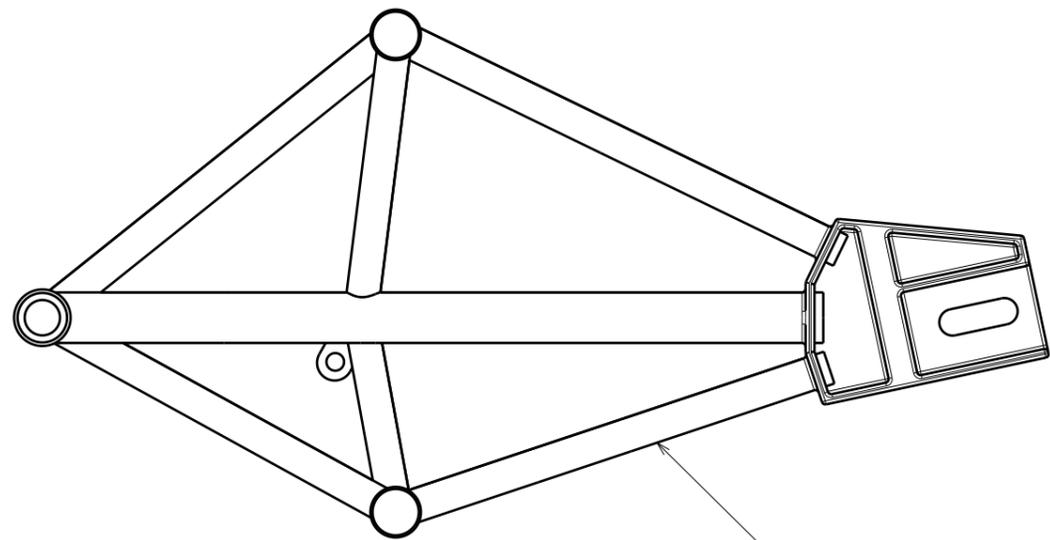
Figura 2

Figura 3

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|  | E.T.S.I.I.T | ESCUOLA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | |
| PROYECTO MOTOSTUDENT 1 | APELLIDOS, NOMBRE APESTEGUIA AMORENA, MAITE | |
| | FIRMA | REVISADO APROBADO |
| | FECHA | ESCALA Nº PLANO |
| PLANO DATOS DE PARTIDA EN ORDEN DE MARCHA | 27/3/10 | 2 |

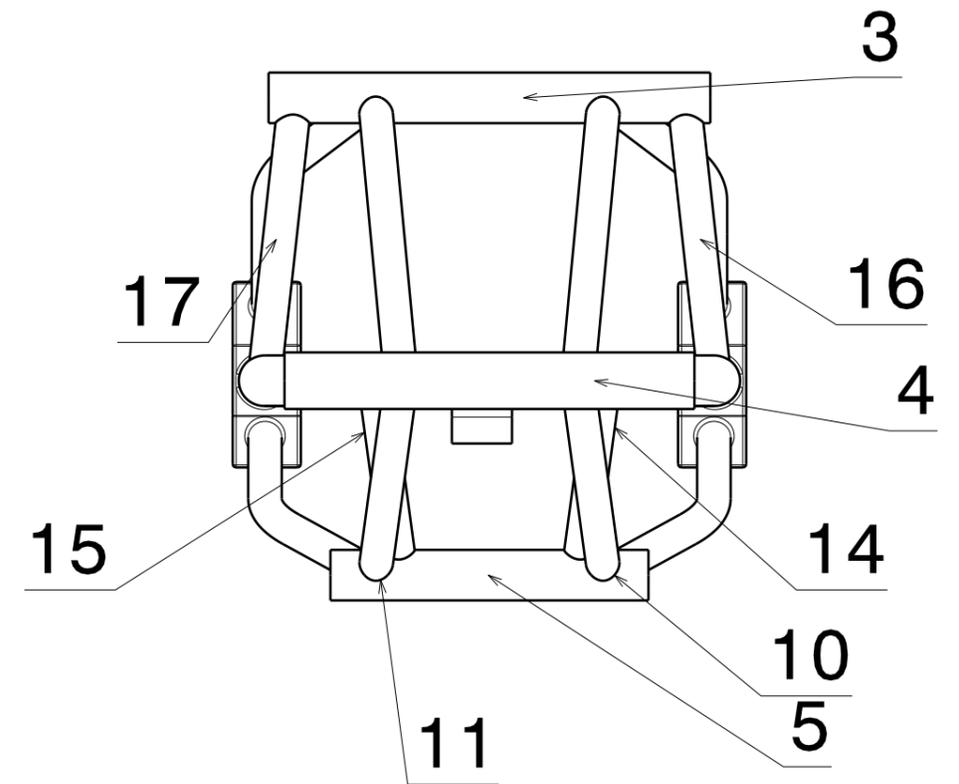


| | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|---------------|
|  upna <small>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</small> | E.T.S.I.I.T | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | | | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | APELLIDOS, NOMBRE ARTETA ERVITI, XABIER | | | |
| PROYECTO | MOTOSTUDENT 1 | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| PLANO | MECANIZADO DEL BASCULANTE | | FECHA 30/3/2010 | ESCALA 1:4 | Nº PLANO 1 |

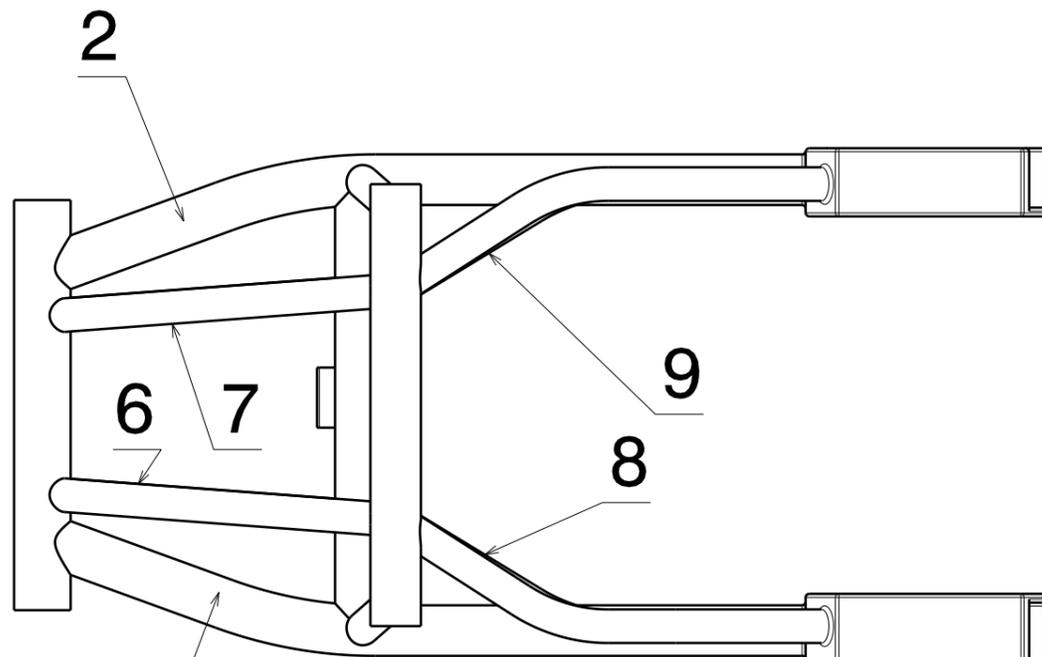


12, 13

Front view
Scale: 1:4



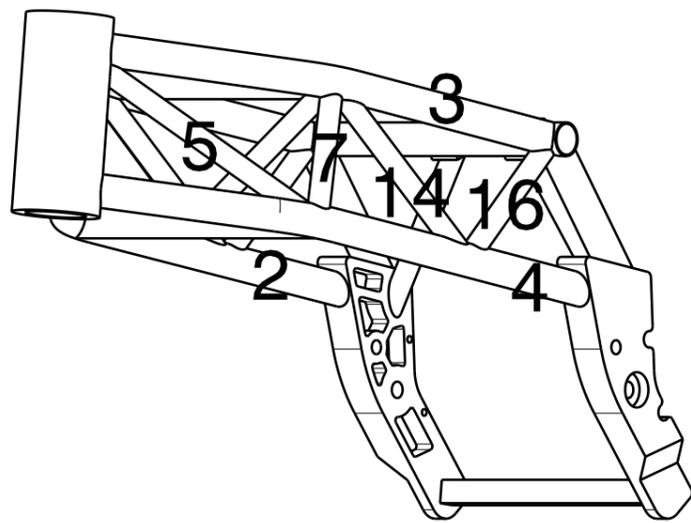
Left view
Scale: 1:4



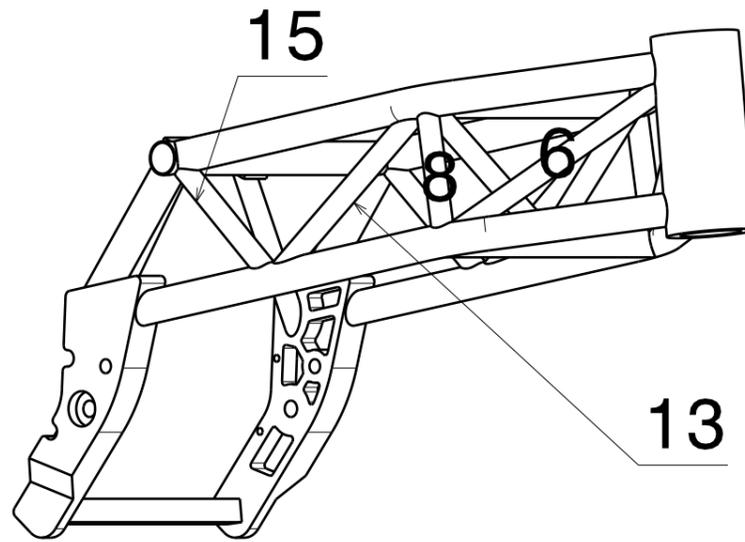
1

Top view
Scale: 1:4

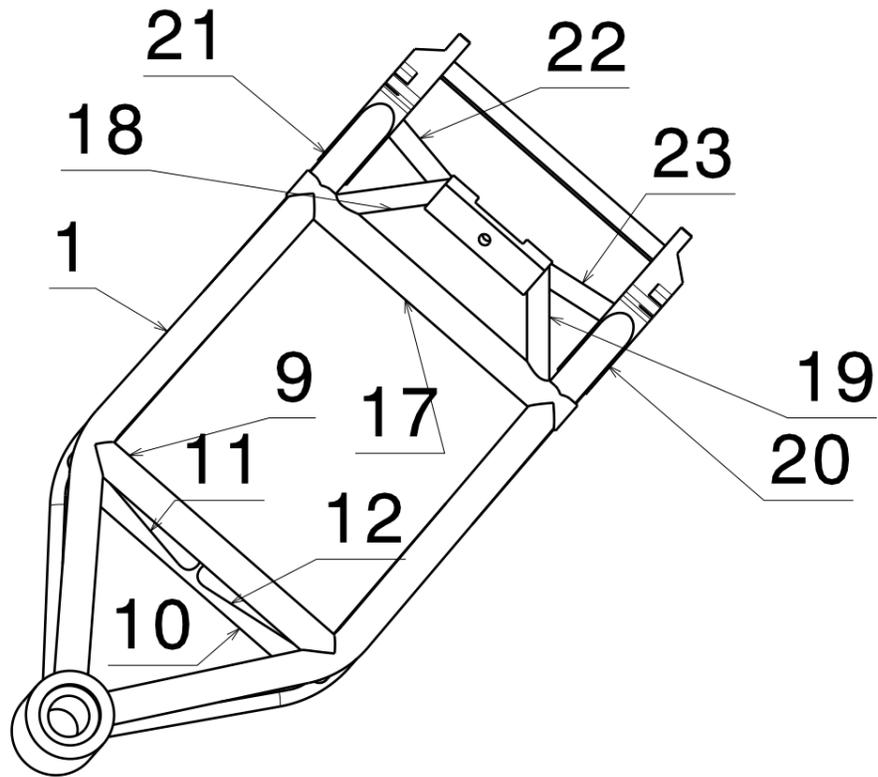
| | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------|--|
|  | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | APELLIDOS, NOMBRE ARTETA ERVITI, XABIER | |
| PROYECTO | | | FIRMA | |
| MOTOSTUDENT 1 | | | REVISADO | |
| | | | APROBADO | |
| PLANO | | | FECHA | |
| TUBOS BASCULANTE | | | 30/3/2010 | |
| | | | ESCALA | |
| | | | 1:4 | |
| | | | Nº PLANO | |
| | | | 1 | |



Front view
Scale: 1:6

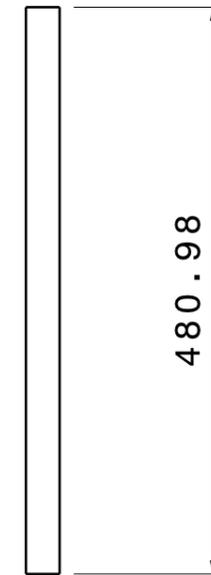


Left view
Scale: 1:6

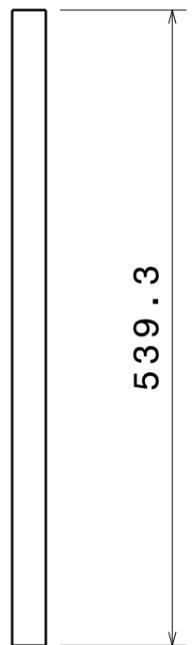


Top view
Scale: 1:6

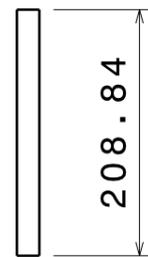
TUBO 1=3



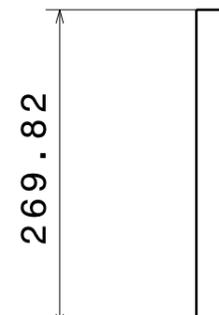
TUBO 2=4



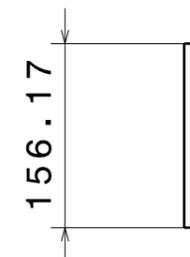
TUBO 5=6



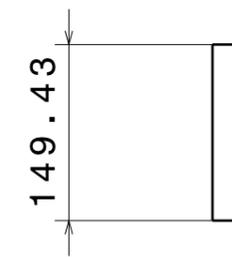
TUBO 9=10



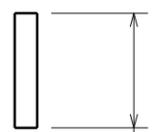
TUBO 11=12



TUBO 20=21



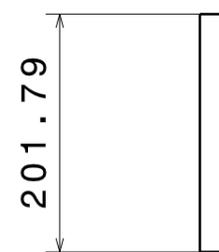
TUBO 18=19



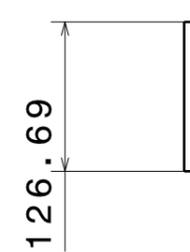
TUBO 7=8



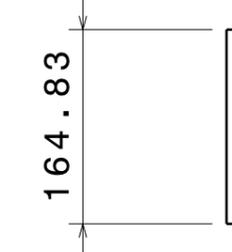
TUBO 13=14



TUBO 15=16



TUBO 22=23



TUBO 17



Espesor de los tubos:

Tubos 1,2,3,4,9,10,17,20,21->28,6 mm

Tubos 5,6,7,8,11,13,14,15,16,18,19->19,05 mm

| | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------|----------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | ARTETA ERVITI, XABIER | |
| PROYECTO | | | | |
| MOTOSTUDENT 1 | | | | |
| PLANO | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| PLANOS CORTE DE TUBOS LASER EBRO | | FECHA | ESCALA | Nº PLANO |

4

3

2

1

A

B

C

D

E

F

G

H

4

3

2

1

A

B

C

D

E

F

G

H

4

3

2

1

A

B

C

D

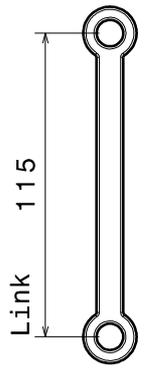
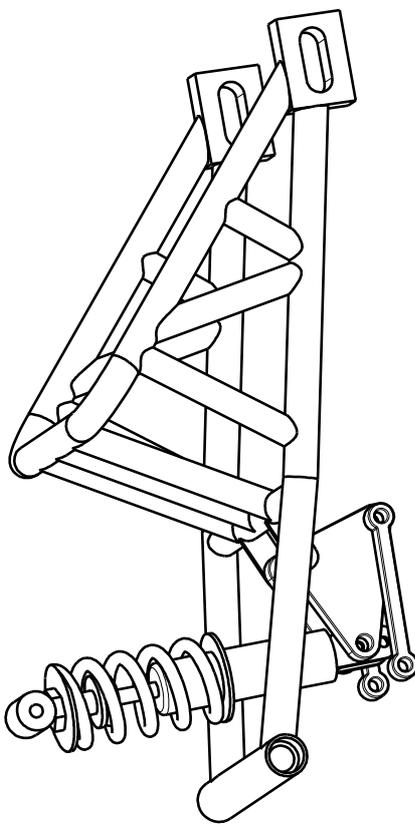
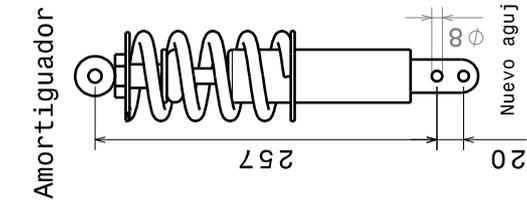
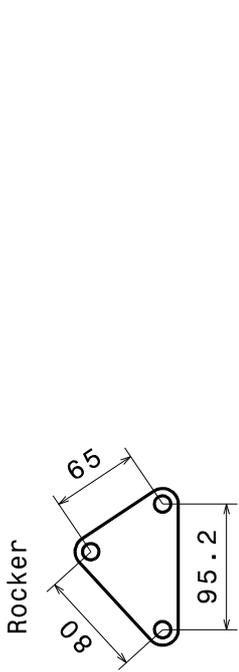
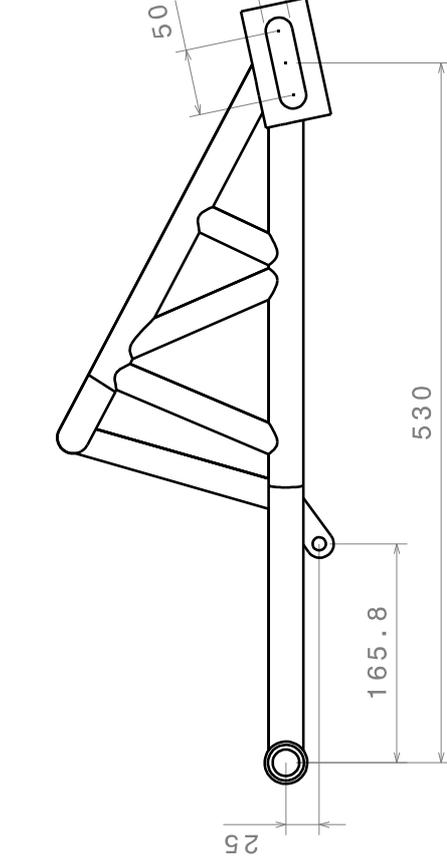
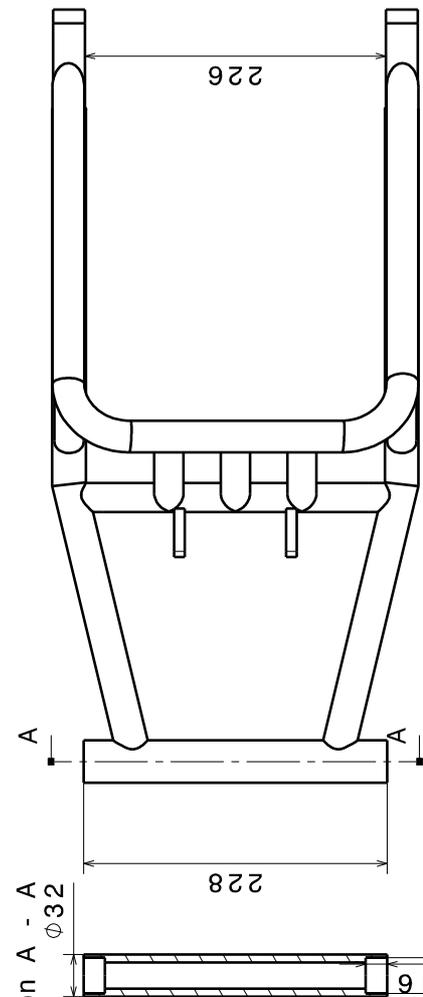
E

F

G

H

Vista sección A - A



E.T.S.I.I.T
INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL M.

ESCUELA TECNICA
SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE
TELECOMUNICACION

PROYECTO

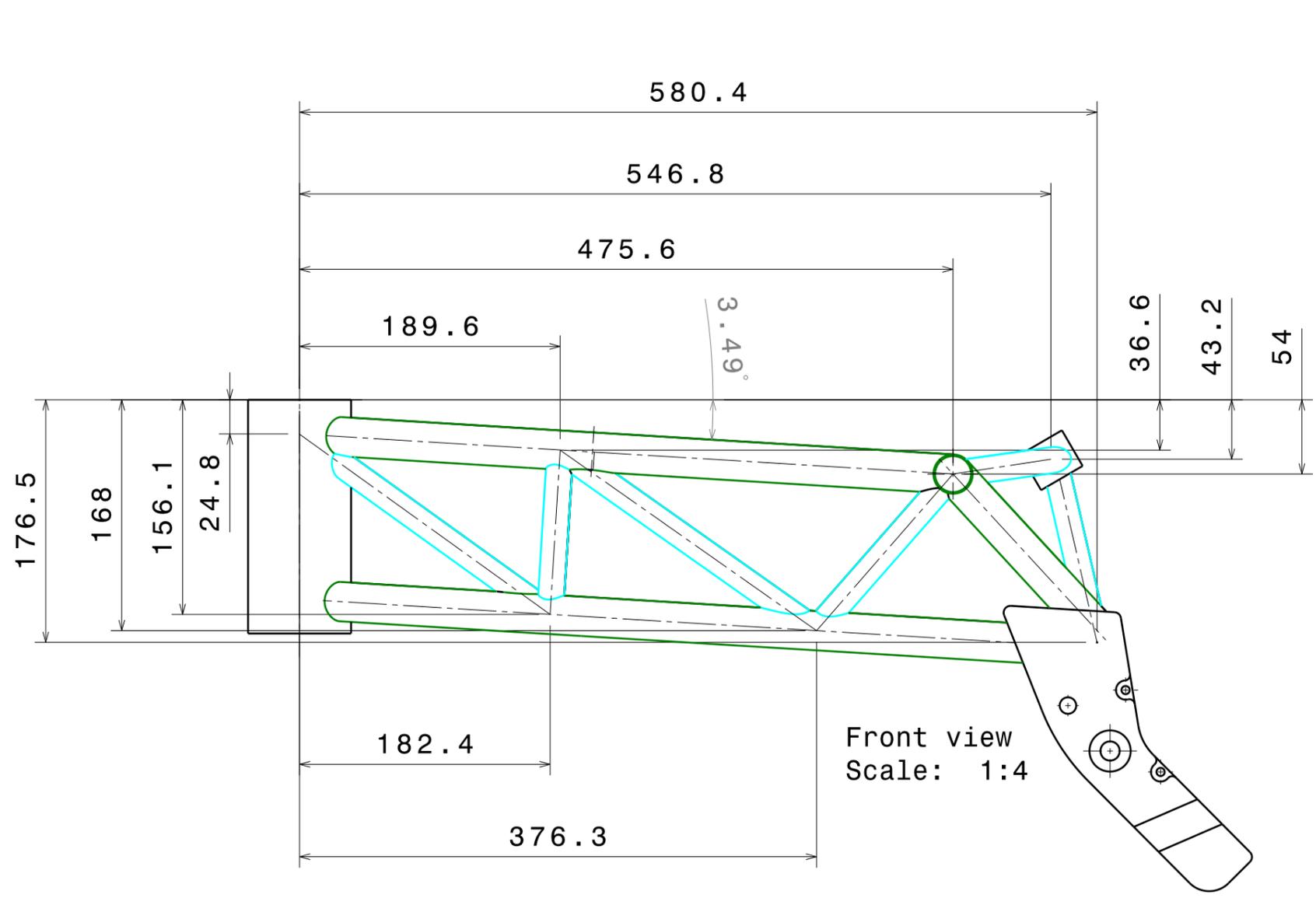
MOTOSTUDENT 1

APELLIDOS, NOMBRE
ARENAZA BORJA, IGNACIO

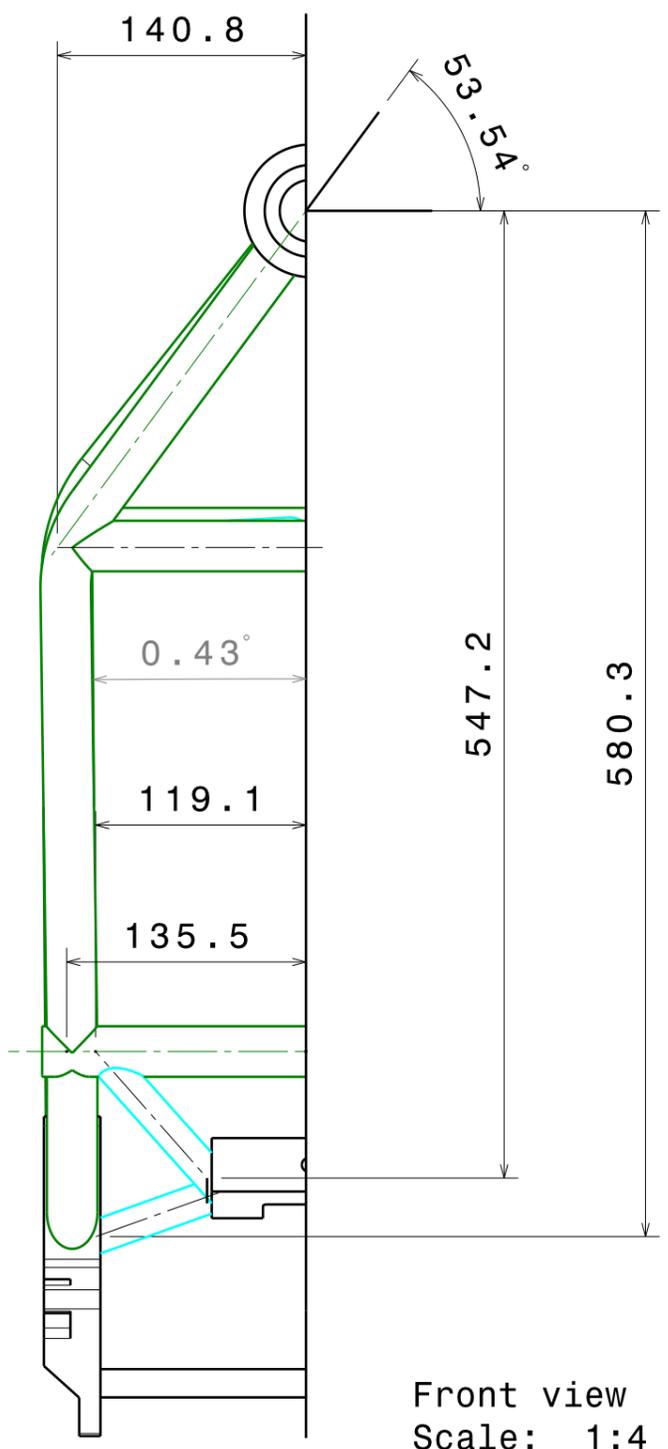
FIRMA REVISADO APROBADO
GDC JSR

FECHA ESCALA Nº PLANO
30/03/10 MS5

PLANO
BASCULANTE Y AMORTIGUACIÓN TRASERA



Front view
Scale: 1:4



Front view
Scale: 1:4

| Color | Diametro exterior | Espesor |
|----------|-------------------|---------|
| Verde | 28,6 mm | 1,2 mm |
| Turquesa | 19,05 mm | 1,2 mm |

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | ARTETA ERVITI, XABIER | |
| PROYECTO | MOTOSTUDENT 1 | | |
| PLANO | PLANO DE SOLDADURA | FIRMA | REVISADO |
| | | FECHA | ESCALA |
| | | | APROBADO |
| | | | Nº PLANO |

H G F E D C B A

4

3

2

1

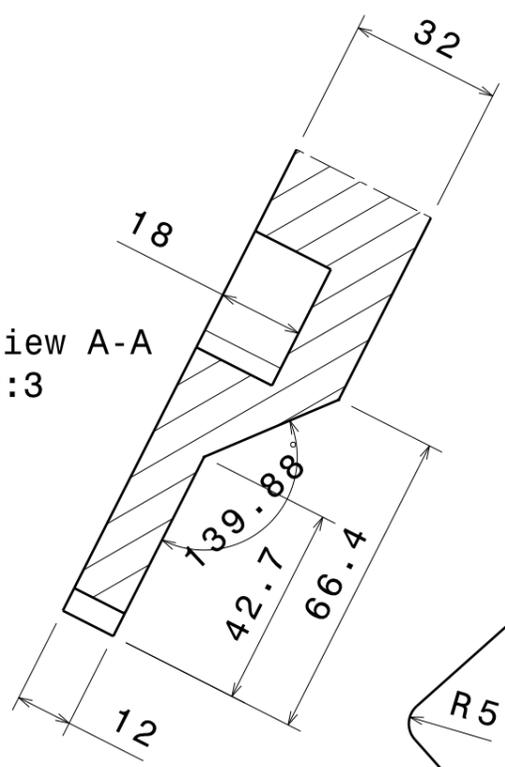
4

3

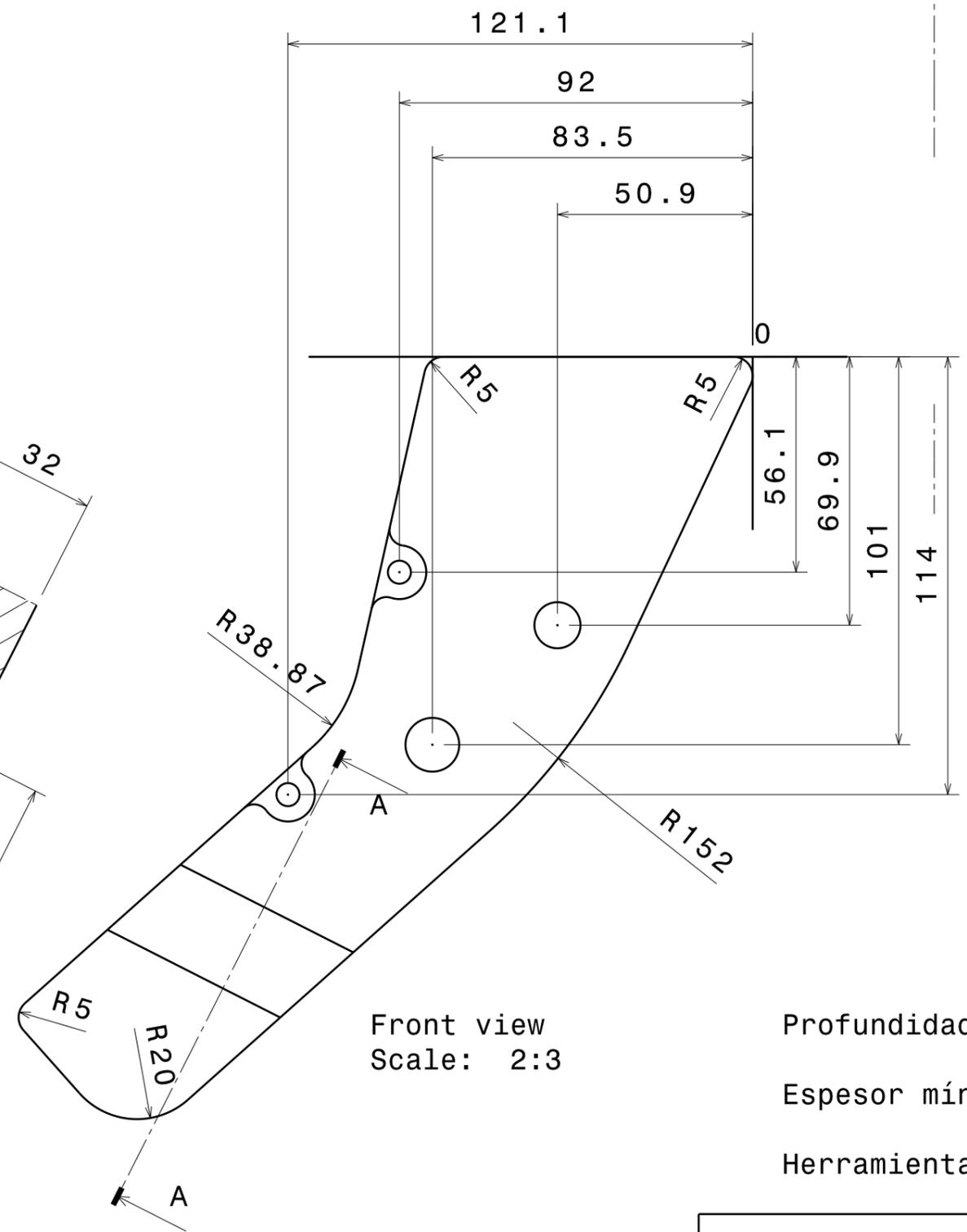
2

1

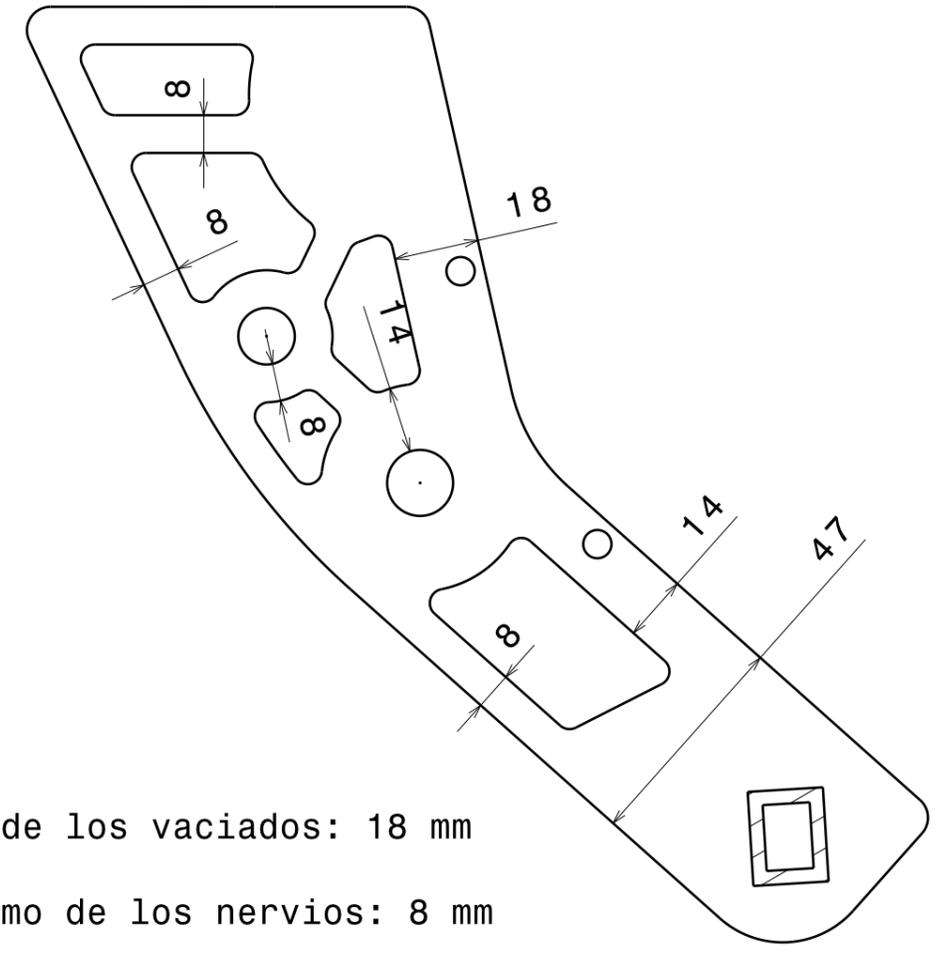
Section view A-A
Scale: 2:3



Front view
Scale: 2:3



Section view B-B
Scale: 2:3



Profundidad de los vaciados: 18 mm
 Espesor mínimo de los nervios: 8 mm
 Herramienta de radio: 3 mm

| | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------|------------|----------|
|  upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| PROYECTO | | | ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| MOTOSTUDENT 1 | | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| | | | FECHA | ESCALA 2/3 | Nº PLANO |
| PLANO | | | | | |
| PREMECANIZADO PLETINA DERECHA | | | | | |

H G F E D C B A

H G F E D C B A

4

4

3

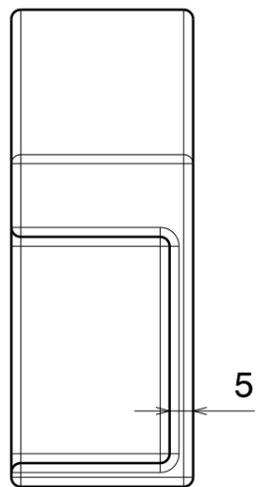
3

2

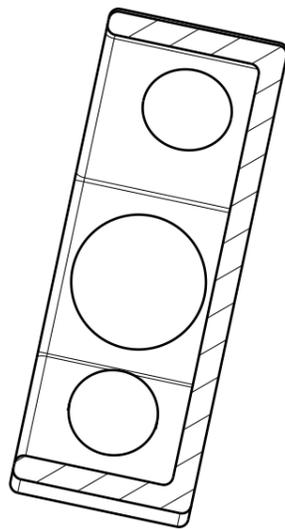
2

1

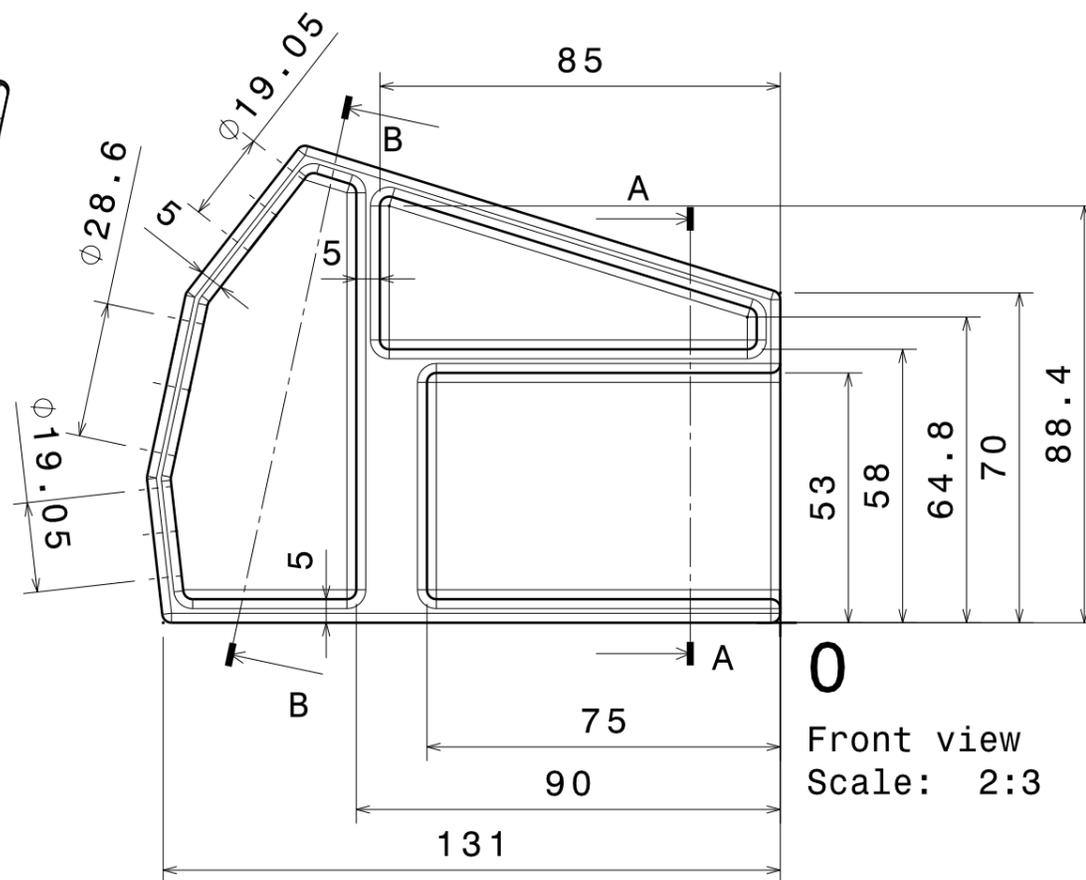
1



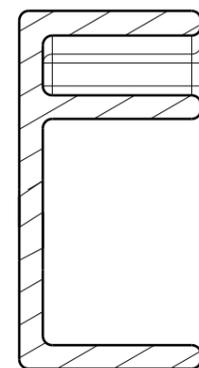
Right view
Scale: 2:3



Section view B-B
Scale: 2:3



0
Front view
Scale: 2:3

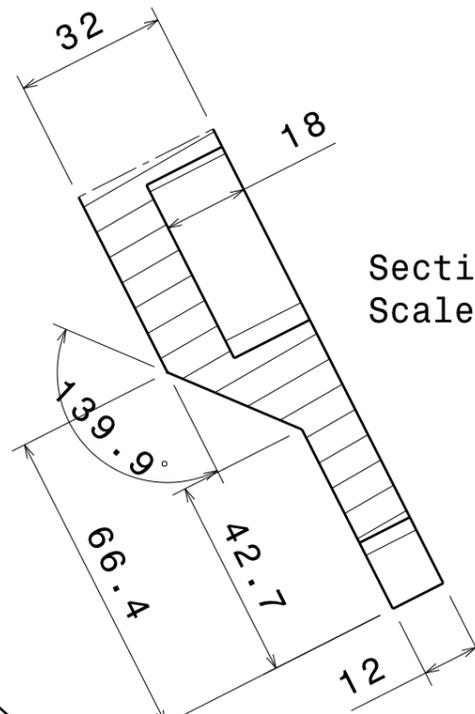
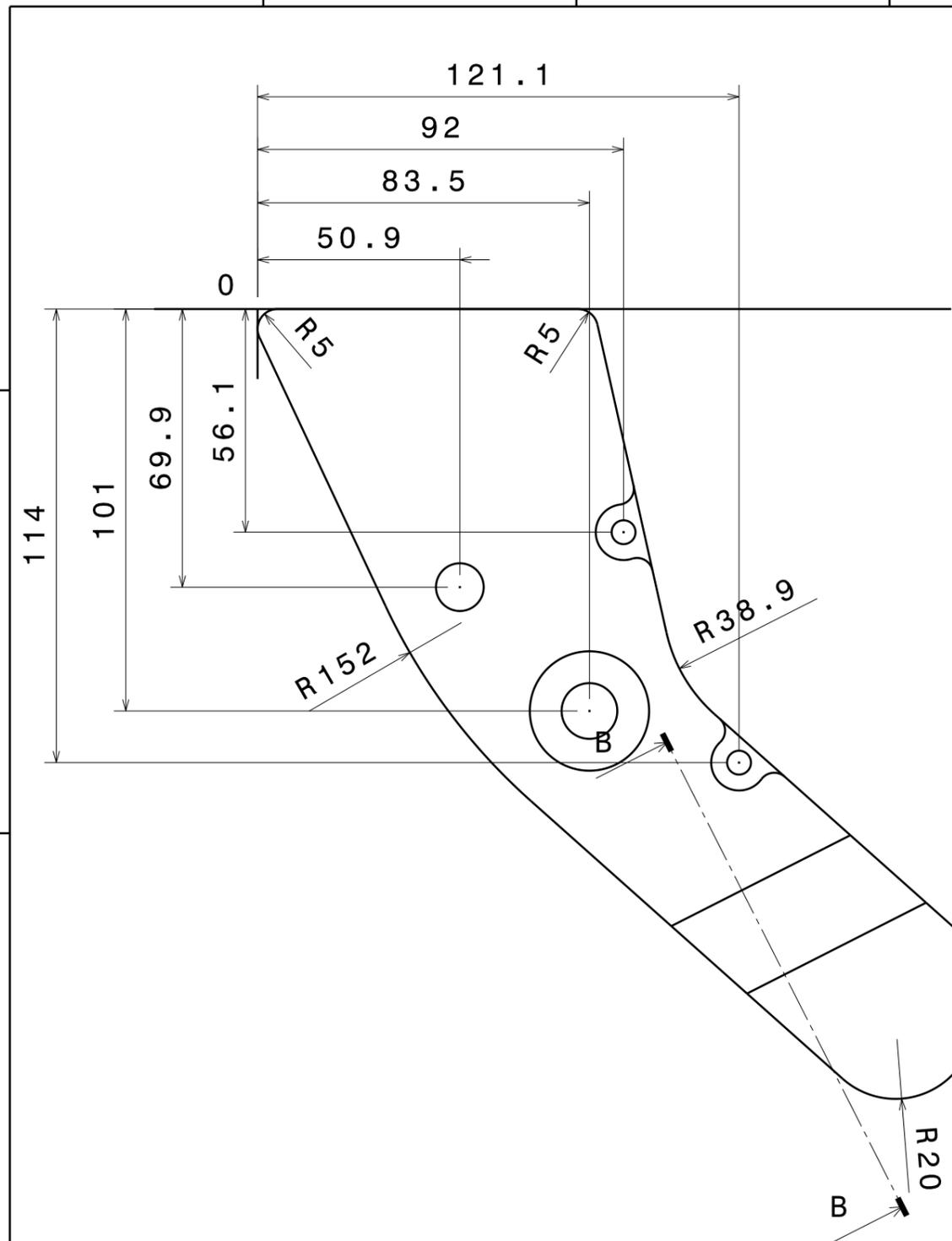


Section view A-A
Scale: 2:3

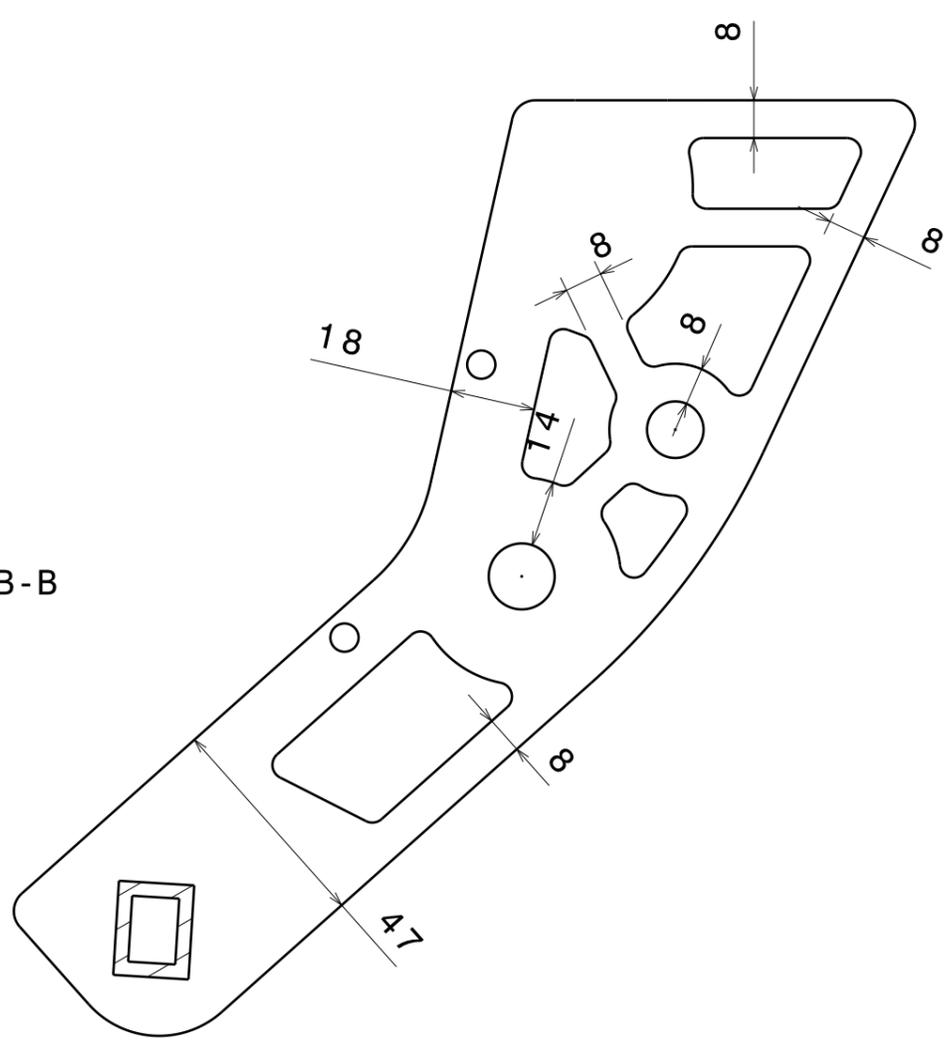
ARISTAS REDONDEADAS CON HERRAMIENTA DE DIAMETRO 2 MM.
NERVIADO MÍNIMO 5 MM.

| | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|  | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | APELLIDOS, NOMBRE ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| PROYECTO MOTOSTUDENT 1 | | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| PLANO Premecanizado pletina izda basculante | | | FECHA 30/3/2010 | ESCALA 2:3 | Nº PLANO 1 |

H G F E D C B A

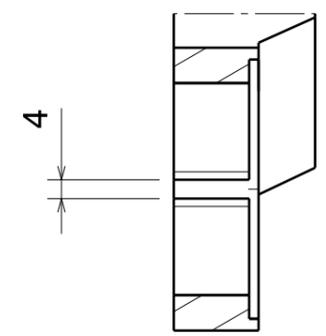
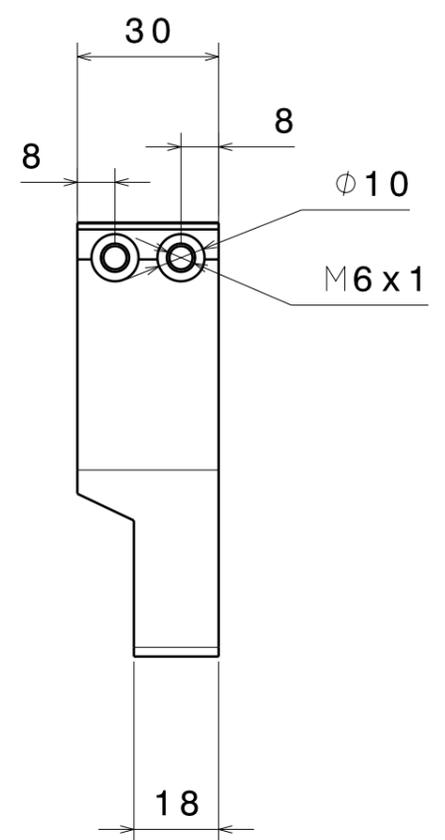
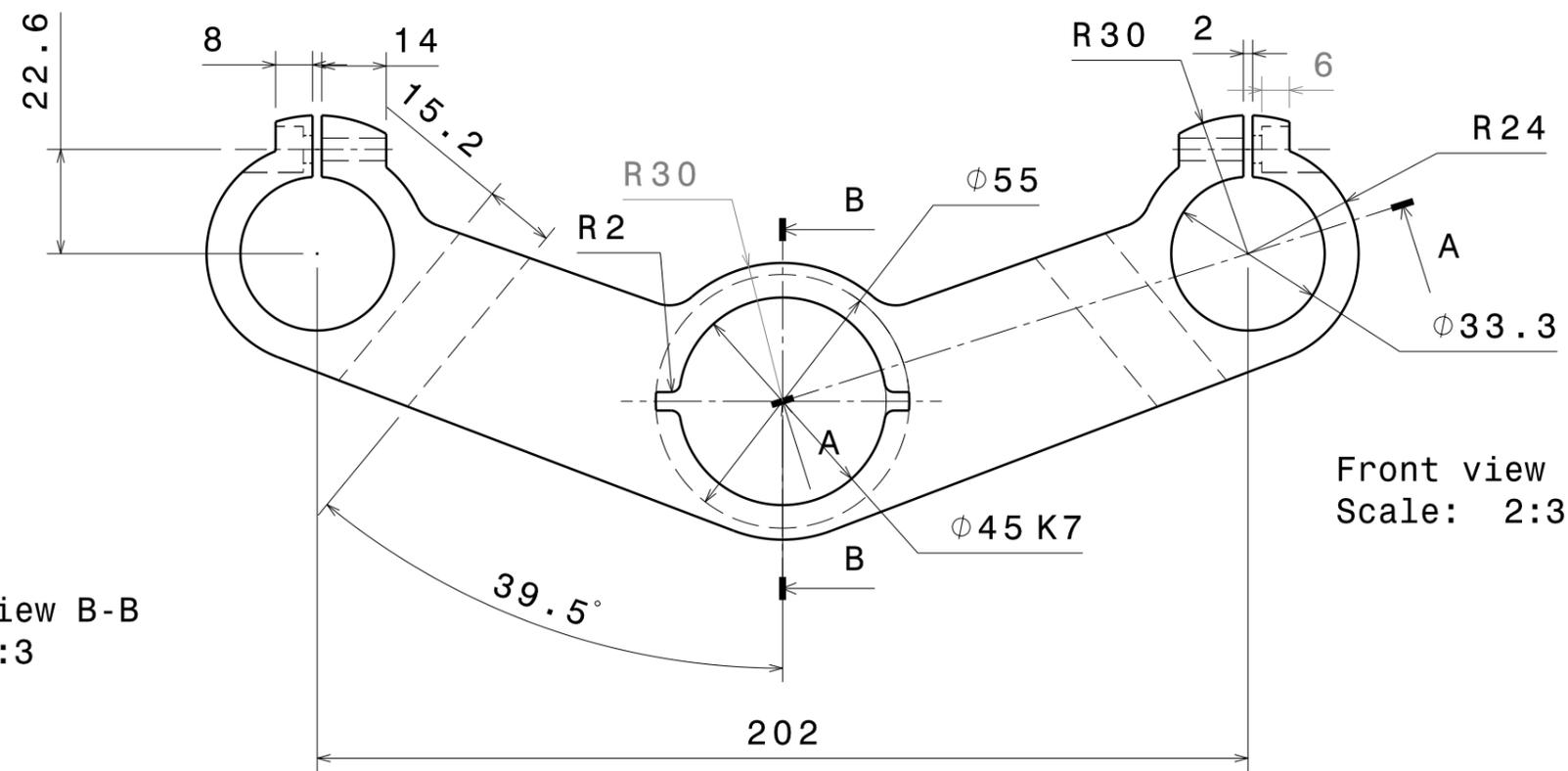
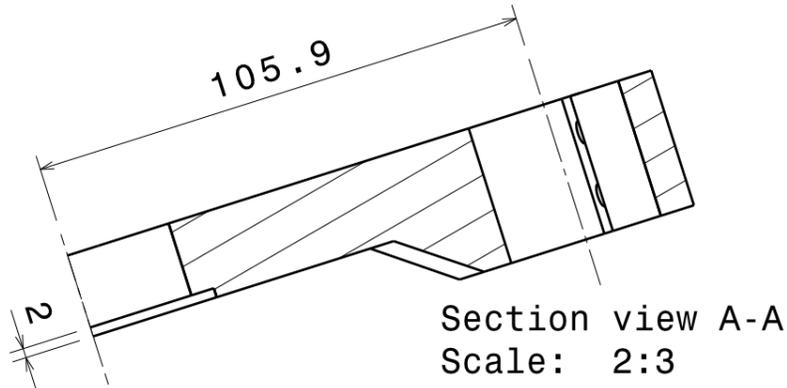


Section view B-B
Scale: 2:3

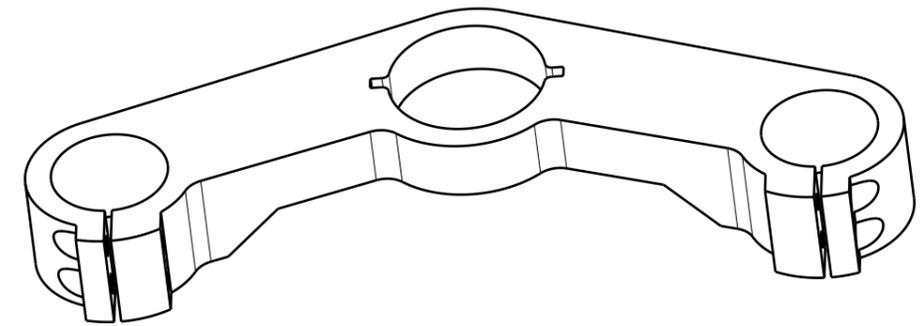


Profundidad de los vaciados: 18 mm
 Espesor mínimo de los nervios: 8mm
 Herramienta de radio 3 mm.

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | ARTETA ERVITI, XABIER | |
| PROYECTO | MOTOSTUDENT 1 | | FIRMA |
| PLANO | PREMECANIZADO PLETINA IZQUIERDA | | REVISADO |
| | | | APROBADO |
| | | FECHA | Nº PLANO |
| | | ESCALA 2/3 | |



Material Aluminio 6082
Rugosidad superficial interiores Ra=0,8



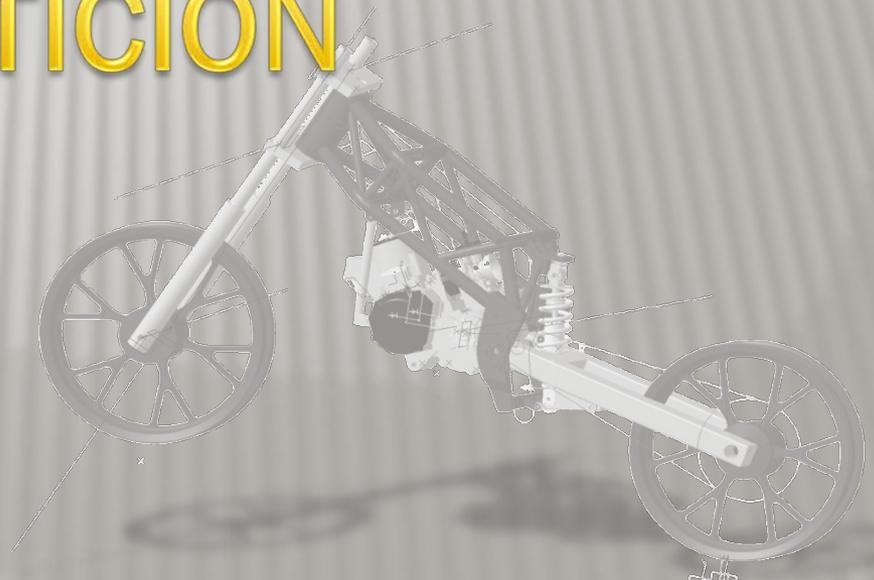
| | | | | | |
|---------------|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| | E.T.S.I.I.T | | ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| | INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M. | | APELLIDOS, NOMBRE ARTETA ERVITI, XABIER | | |
| PROYECTO | | | FIRMA | REVISADO | APROBADO |
| MOTOSTUDENT 1 | | | | | |
| PLANO | | | FECHA | ESCALA | Nº PLANO |
| TIJA INFERIOR | | | 30/3/2010 | 2:3 | 1 |



FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN

XABIER ARTETA ERVITI

Ingeniería Industrial

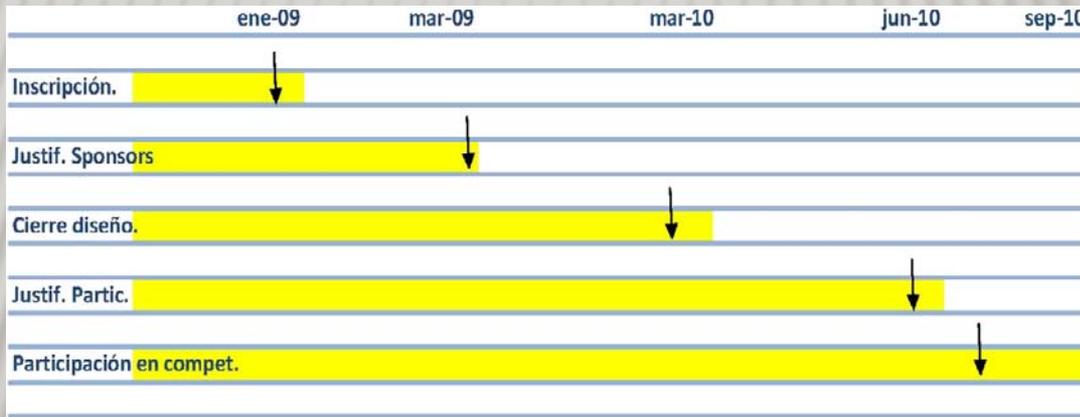




MOTOSTUDENT



- Competición entre equipos universitarios
- Diseño y desarrollo de una moto de competición de 125cc
- Equipo de la UPNa (ETSIT-UPNaRacing) está constituido por 14 alumnos de II e ITI-M; dirigida por 2 profesores: César Díaz de Cerio y Pepe Sancho.



Página web:
www.upnaracing.com

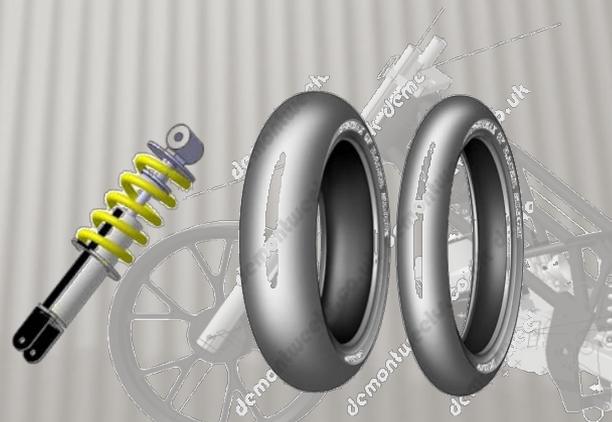


DATOS DE PARTIDA

Reglamento técnico

- Es la normativa técnica reguladora de la competición
- Establece las restricciones en el diseño de la moto: chasis, basculante, carenado, pesos, dimensiones...

Piezas de competición





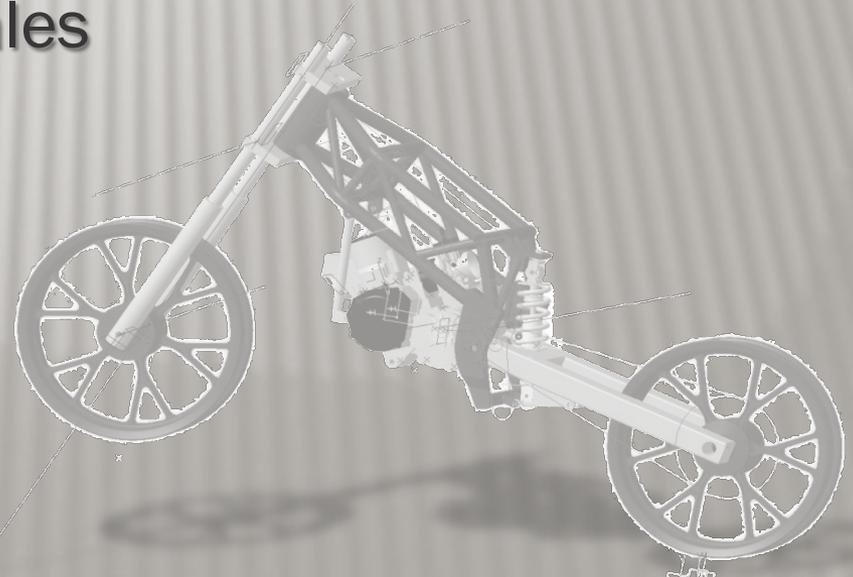
CONTENIDOS PROYECTO

× Elementos Constructivos:

- + Chasis
- + Basculante
- + Carenado
- + Subchasis
- + Piecerío auxiliar

× Aspectos:

- + Aprovisionamiento materiales
- + Medios de fabricación
- + Utillajes
- + Planos de fabricación
- + Montaje prototipo





1. RIESGOS FABRICACIÓN PROTOTIPO

| | TIPO DE RIESGO (s/impacto) | PROBABILIDAD | IMPACTO | TIPO DE RIESGO | PLAN DE MITIGACIÓN |
|---|----------------------------------------------------------------|--------------|---------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | FALLO DE PIEZAS DE PROTOTIPO QUE SUPONGA EXTRA COSTE | M | M | Significativo | Varias piezas en funcion del coste |
| 2 | NO DISPONIBILIDAD DE TALLER | B | A | Significativo | Buscar talleres alternativos. |
| 3 | FALTA DE RECURSOS ECONÓMICOS PARA LA FABRICACIÓN | M | A | Crítico | Contactar YA con los patrocinadores. INJ hablar para las facturas.Presupuesto, y ver cuanto falta. |
| 4 | ACERO NO DISPONIBLE CHASIS | B | A | Significativo | Proveedores alternativos |
| 5 | DIFICULTAD EN LA FABRICACIÓN DEL CHASIS (MALA SOLDABILIDAD...) | B | A | Significativo | Elegir bien el material y el soldador. Soldadores alternativos. |
| 6 | FALLO EN LA FABRICACIÓN DEL CHASIS POR PARTE DE IMCA | B | A | Significativo | Elegir bien el material y el soldador. Soldadores alternativos. |
| 7 | RETRASO EN PROVEEDOR DE ACERO | M | M | Significativo | Proveedores alternativos |
| 8 | INCUMPLIMIENTO EN LOS PLAZOS DE FABRICACIÓN DEL CHASIS | M | A | Crítico | Trabajar paralelamente con IMCA en el diseño del chasis |
| 9 | TRANSPORTE INADECUADO AFECTA AL CHASIS | B | M | Bajo | |



Controlar todos los aspectos





2. PROVEEDORES DE MATERIAL Y FABRICANTES

Microsoft access  lista contactos, ubicación, teléfonos, historial pedidos

FORMULARIO DE PROVEEDORES

Agregar nuevo registro Registro anterior **Registro siguiente** Buscar registro Imprimir registro

Id:

Empresa:

Dirección: Numero: Piso: Letra:

Localidad: Provincia: CP:

CIF:

Observaciones:

Contactos **Historial** Pedidos

Listado de Contactos

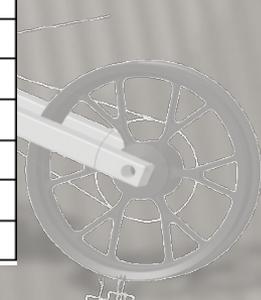
| Nombre | Apellido | Departamento | Cargo | Email | Movil |
|--------|----------|--------------|-------|----------------------------------------------------------------------|-------|
| Peter | Jones | | | petejones@reynoldstechi | |
| Keith | | | | keith@reynoldstechnolog | |
| Marian | Reid | | | | |
| * | | | | | |

3. ACONDICIONAMIENTO TALLER DE TRABAJO

- Acuerdo con Irigaray
 - + Prioridad 1: Artículos para montar el taller.
 - + Prioridad 2: Artículos montaje motocicleta.
 - + Prioridad 3: Artículos específico.
 - + Prioridad 4: Artículos de catálogo desechados.



| Capítulo | Categoría | Ref Catalogo | Nº | Pág | Prioridad 1/2/3 |
|-----------------|-----------------------------------------------|--------------|----|-----|-----------------|
| HTA DE CORTE | Juego de brocas | 1012662 | 1 | 48 | 1 |
| HTA ELECTROPORT | Taladro con percusión | 2010010 | 1 | 152 | 1 |
| HTA ELECTROPORT | Amoladora | 2010070 | 1 | 156 | 1 |
| MAQ.AUXILIAR | Electro-esmeriladora con soporte | 3070001 | 1 | 196 | 1 |
| HTA DE MANO | Juego de llaves de 2 bocas | 6010050 | 1 | 310 | 1 |
| HTA DE MANO | Juego de llaves de estrella acodadas | 6010278 | 1 | 315 | 1 |
| HTA DE MANO | Juego de llaves allens | 6010546 | 1 | 322 | 1 |
| HTA DE MANO | Juego de vasos hexagonal con puntas. | 6020063 | 1 | 326 | 1 |
| HTA DE MANO | Llave Dinamométrica de disparo (FACOM) | 6040002 | 1 | 345 | 1 |
| HTA DE MANO | Juego destornilladores planos y Philips(cruz) | | 1 | 349 | 1 |
| HTA DE MANO | Alicate universal plano | 6060001 | 1 | 354 | 1 |
| HTA DE MANO | Alicate cortante diagonal | 6060015 | 1 | 355 | 1 |
| HTA DE MANO | Alicate de manipulación boca plana | 6060027 | 1 | 357 | 1 |
| HTA DE MANO | Tenacillas de abertura múltiple de cremallera | 6070009 | 1 | 362 | 1 |
| HTA DE MANO | Tenazas Grip de bocas curvas | 6070018 | 1 | 363 | 1 |
| HTA DE MANO | Lima | 6080105 | 1 | 366 | 1 |





3. ACONDICIONAMIENTO DEL TALLER DE TRABAJO

- Fabricar y montar:
 - Mesa de trabajo.
 - Estanterías.
 - Banco de montaje moto.





4. FABRICACIÓN DEL CHASIS

4.1. Tipos de chasis

| | Rigidez | Peso | Fabricación | Imagen |
|----------------------|------------|-------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Espina central | Alta | Alto | Coste bajo Útiles caros |  |
| Doble viga | Media/Alta | Medio | Soldadura Mecanizado |  |
| Monocasco | Media | Medio | Alto coste |  |
| Tubular convencional | Media/Baja | Medio | Tubos curvados |  |
| Tubular triangulado | Alta | Bajo | Muchas soldaduras |  |
| Motor estructural | Alta | Bajo | Soldadura |  |

Elección

➔ **CHASIS TUBULAR TRIANGULADO**

- Simplicidad en diseño, cálculo y construcción.
- Elevada resistencia estructural.
- Espesores bastante finos.



4. FABRICACIÓN DEL CHASIS

4.2. Materiales para el chasis

- Fundamental tener en cuenta:
 - × Modulo de Young.
 - × Resistencia estática y a fatiga.
 - × Técnicas de unión bien desarrolladas.
 - × Coste del material.
- Tipos:

ACERO

- Chasis tubulares convencionales y triangulados.
- Módulo Young alto.
- Coste bajo.
- Técnicas de unión desarrolladas.

ALUMINIO

- Chasis espina central, doble viga, monocasco y tubular convencional.
- Modulo Young bajo.
- - peso.
- Soldadura complicada.

TITANIO

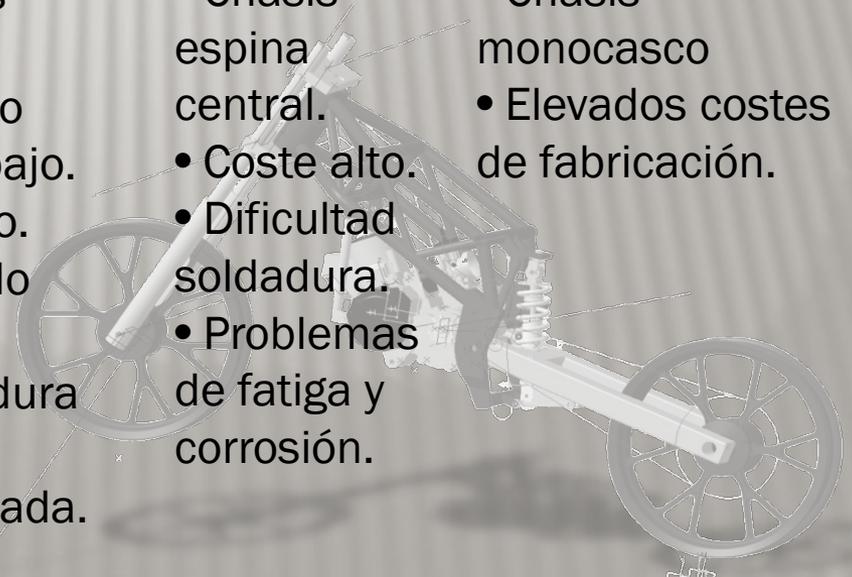
- Chasis tubular.
- Modulo Young bajo.
- - - peso.
- Elevado coste.
- Soldadura muy complicada.

MAGNESIO

- Chasis espina central.
- Coste alto.
- Dificultad soldadura.
- Problemas de fatiga y corrosión.

FIBRA CARBONO

- Chasis monocasco
- Elevados costes de fabricación.





4. FABRICACION DEL CHASIS

4.2. Materiales para el chasis

| | <u>Nivel de importancia</u> | <u>Peso</u> |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------|
| Módulo de Young | Muy importante | 4/5 |
| Resistencia estática y a fatiga | Muy importante | 4/5 |
| Técnicas de unión (soldadura) | Vital | 5/5 |
| Coste del material | Poco importante | 1/5 |
| Peso | Importante | 2/5 |

| | Acero | Aluminio | Titanio | Magnesio |
|---------------------------------|-------|----------|---------|----------|
| Modulo de Young | 40 | 16 | 24 | 12 |
| Resistencia estática y a fatiga | 40 | 28 | 32 | 16 |
| Técnicas de unión (soldadura) | 50 | 25 | 5 | 5 |
| Coste del material | 10 | 5 | 1 | 1 |
| Peso | 4 | 12 | 8 | 20 |
| SUMA | 144 | 86 | 70 | 54 |

| Material \ Parámetro | Acero | Aluminio | Titanio | Magnesio |
|---------------------------------|-------|----------|---------|----------|
| Modulo de Young | 10 | 4 | 6 | 3 |
| Resistencia estática y a fatiga | 10 | 7 | 8 | 4 |
| Técnicas de unión (soldadura) | 10 | 5 | 1 | 1 |
| Coste del material | 10 | 5 | 1 | 1 |
| Peso | 2 | 6 | 4 | 10 |

ACERO: Mejor opción

- Mayor resistencia
- Facilidad de soldadura (IMCA-> expertos en soldadura en acero)
- < Variaciones con T^a.
- Mayor capacidad de amortiguación intrínseca.

4.FABRICACIÓN DEL CHASIS

4.2 Materiales para el chasis

| | | Reynolds | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------------------------|---------------------|-------------|-------------------|-----------|------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|--|
| Tipo de acero Parámetro | Acero 355 | Maraging stainless steel(953) | Air-hardening steel | | Chrome-Moly steel | | 531 | 753 | T45 | 4130 | 25CrMo4 | 15 CDV 6 | |
| | | | 631 | 853 | 525 | 725 | | | | | | | |
| Tensión de rotura mínima (MPa) | 470 | 1650 | 800 | 1250 | 750 | 1050 | 772 | 1080-1280 | 700 | 655 | 650 | 980 | |
| Límite elástico mínimo (MPa) | 355 | 1450 | 650 | 1000 | 600 | 800 | 694 | 900 | 620 | 517 | 520 | 790 | |
| Rango de diámetros de tubo (mm) | Todos | [16-41,3] | [22,2-41,3] | [22,2-41,3] | [19-41,3] | [19-41,3] | Reynolds ya no lo suministra | Muy restringidos pero sin especificar | Sin especificar | Sin especificar | Sin especificar | Sin especificar | |
| Rango de espesores de tubo (mm) | Todos | [0,3-0,7] | [0,5-1,7] | [0,5-1,7] | [0,5-1,2] | [0,5-1,2] | | | | | | | |
| % Elongación mínima | 17% | 8% | 10% | 8% | 10% | 8% | 10% | 8% | Sin especificar | 12% | 13% | 10% | |
| Precio (respecto al 631) | 0,85 €/kilo | 3X | X | 1,5X | No disponible ya | X | Sin datos | No disponible ya | Sin datos | Sin datos | Sin datos pero muy caro | Sin datos | |
| Soldabilidad | Optima | Inviable | Muy buena | Buena | Regular | Regular | Difícil | Difícil | Buena | Regular | Buena | Mala | |



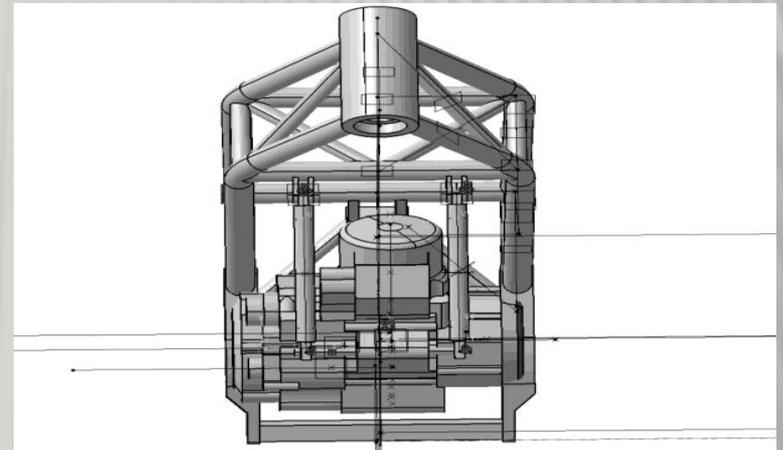
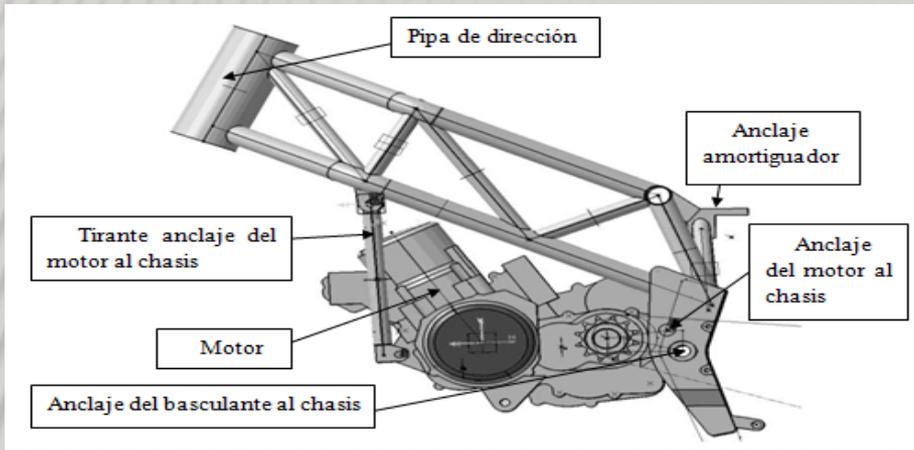
Elección

ACERO REYNOLDS 631

- Límite elástico y tensión de rotura altas
- Muy buena soldabilidad
- Buena capacidad de doblado

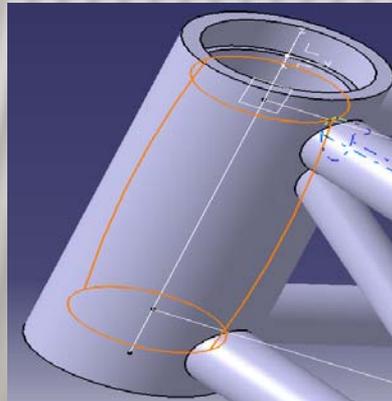
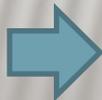
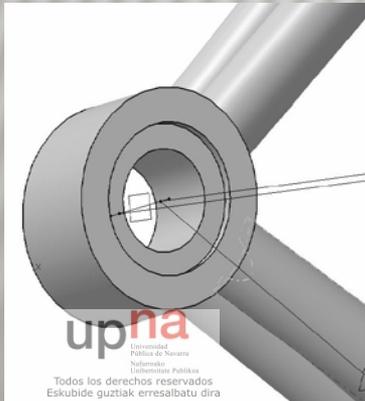
4. FABRICACIÓN DEL CHASIS

4.3 Diseño preliminar del chasis

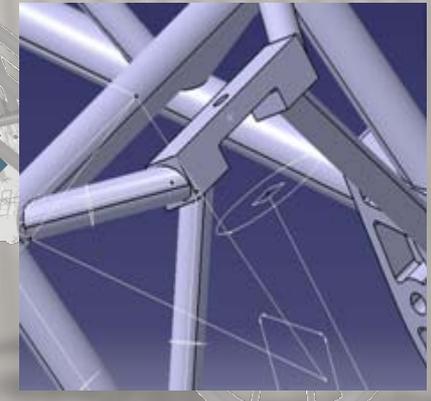
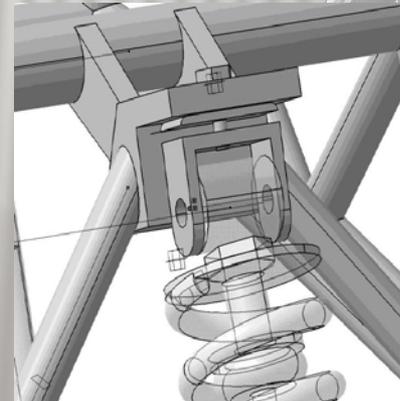


4.4 Modificaciones en el chasis

- Pipa de dirección



- Anclaje del amortiguador





4. FABRICACIÓN DEL CHASIS

4.5 AMFE de proceso de fabricación del chasis

- Evaluación de puntos críticos del proceso de fabricación.

**ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E)
DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CHASIS**

| Descripción de la fase | Modo/s potencial/es de fallo | Efecto/s potencial/es del fallo | Gravedad | Causa(s) potencial(es) del fallo(s) | Ocurrencia | Detección | NPR | Acción(es) recomendada(s) | Área(s) / persona(s) responsable(s) y fecha de realización |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Corte de los tubos a láser | Corte erróneo | Mal comportamiento de la moto por asimetría del chasis. | 9 | Mala acotación de los planos y/o fallo en la interpretación de los planos por parte del operario. | 7 | 5 | 315 | Supervisar el proceso de cortado | XAE |
| Vaciado de las pletinas | Mecanizado excesivo o insuficiente. Mecanizar sobre la zona del eje del basculante o del anclaje del motor. | Cambio del comportamiento del chasis. Imposibilidad de andar el motor y el basculante. | 8 | Fallo del operario o de los planos de mecanizado. | 2 | 2 | 32 | Supervisar los planos de mecanizado. Supervisar el proceso de mecanizado | XAE |
| Mecanizado pletinas y anclaje del amortiguador | Mecanizado incorrecto en dimensiones y/o forma | Dejar aristas vivas (concentración de tensiones...) La pieza no cumple los requisitos. | 5 | Mala interpretación de planos, cotas incorrectas, fallo operario... | 6 | 3 | 90 | Revisar los planos de mecanizado y supervisar el proceso de mecanizado. | XAE |
| Diseño del utillaje necesario para la soldadura | Diseño no óptimo del utillaje. | El utillaje fija de manera incorrecta los tubos. El operario no puede acceder a los puntos de soldadura (imposibilidad para soldar ciertas partes) Dificultad para desmontar el chasis. Aumento de los tiempos de soldadura (Retardos en los plazos de fabricación del chasis.) | 9 | Falta de utilización del concepto de ingeniería simultánea, es decir, diseñar el chasis sin pensar en cómo se va a fabricar. | 8 | 8 | 576 | Diseñar paralelamente a la empresa un utillaje y supervisar su diseño propio. Para próximas ediciones de motostudent utilizar el concepto de ingeniería simultánea. | XAE |
| Material de aportación en la soldadura del bastidor | Varillas no apropiadas al material del chasis. Mala calidad o condiciones de las varillas. | Propiedades inadecuadas del cordón de soldadura. | 10 | Error en la selección de las varillas. Negligencia en el distribuidor. | 4 | 10 | 400 | Preguntar especificaciones de las varillas de aportación apropiadas para el material | XAE |

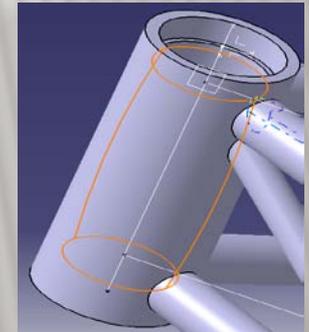
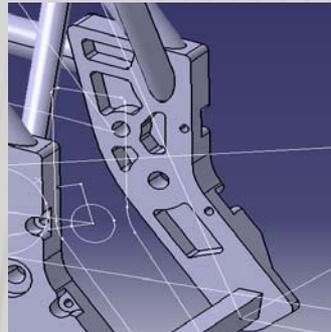
4. FABRICACIÓN DEL CHASIS

4.6 Secuencia de fabricación del chasis

1º) Corte de los tubos a láser



1º) Premecanizado pletinas del chasis, anclaje del amortiguador y pipa



1º) Diseño y fabricación del utillaje para soldar el chasis

1º) Material de aportación → ER 80SG CARBOROD CrMo.

1º) Fuente de alimentación e intensidad de soldadura

1º) Elección del electrodo de soldadura → Electrodo 1,5% Lanthano-Amarillo- Dorado

1º) Doblado de los tubos del bastidor



4. FABRICACIÓN DEL CHASIS

4.6 Secuencia de fabricación del chasis

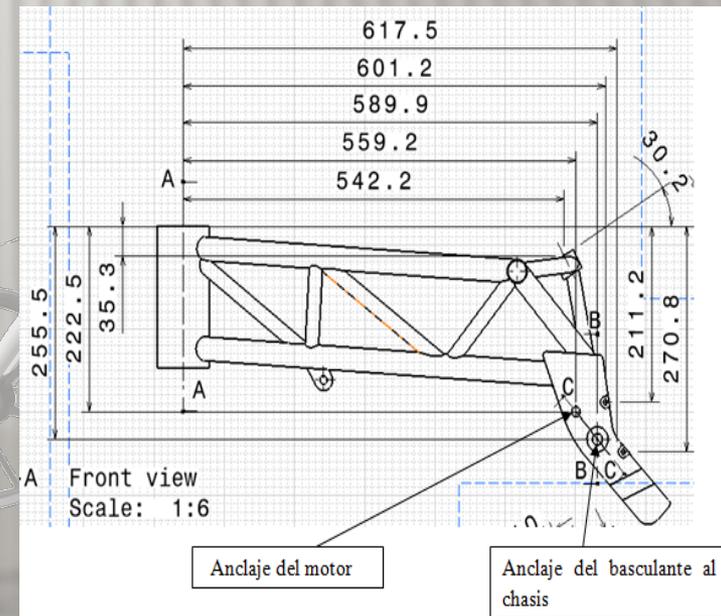
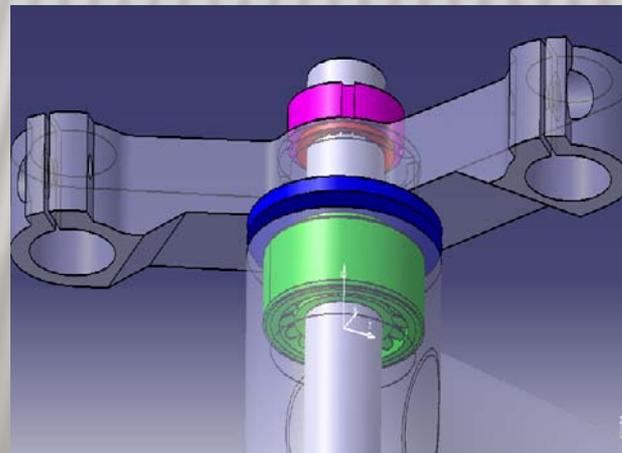
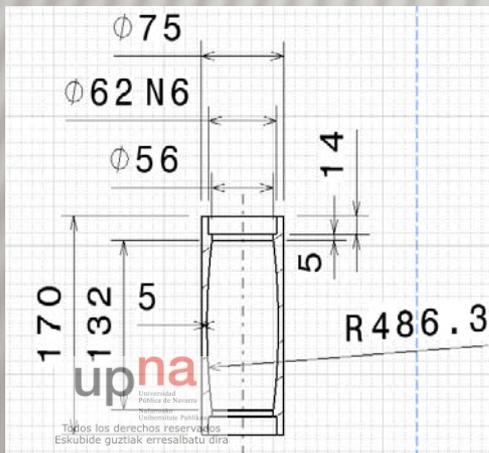
2º Soldadura del chasis



3º Estabilizado del chasis

4º Granallado suave.

5º Mecanizado del chasis





4. FABRICACIÓN DEL CHASIS

4.6 Secuencia de fabricación del chasis

6º) Imprimación y pintura del chasis

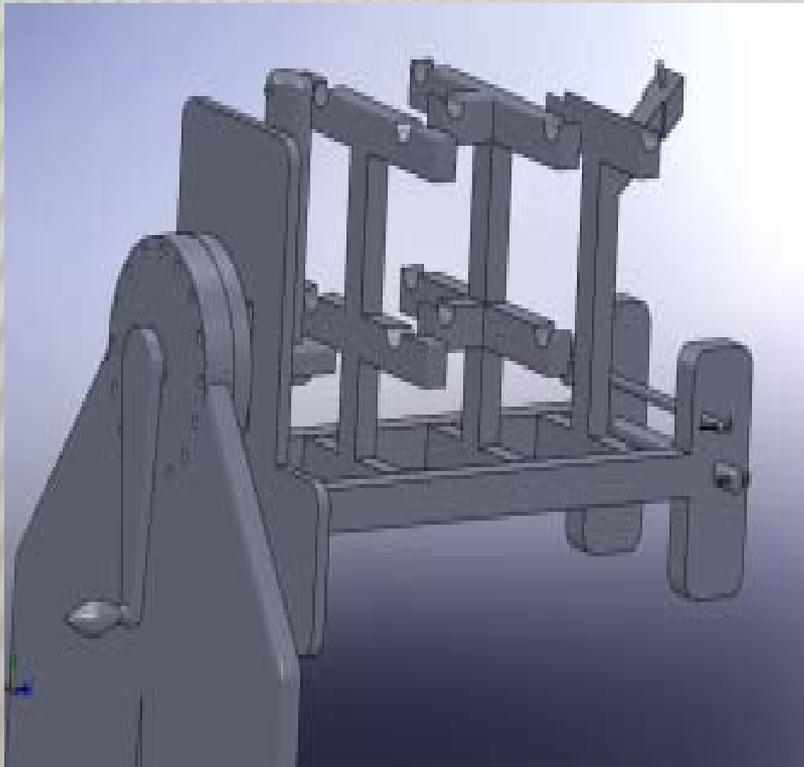
ASPECTO ACTUAL DEL CHASIS



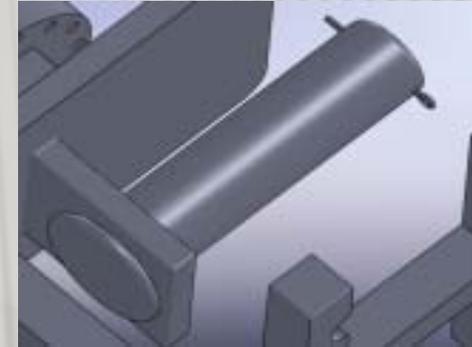
4.FABRICACIÓN DEL CHASIS

4.7 Utillaje para soldadura del chasis

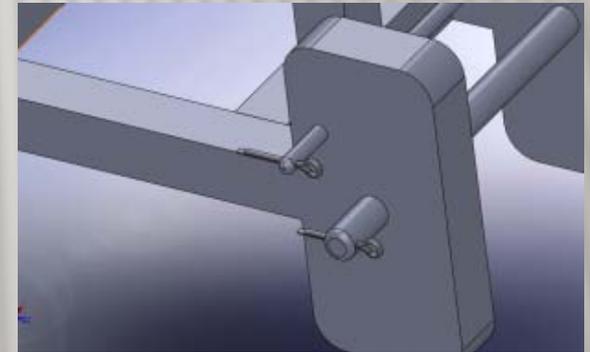
× 1ª Opción



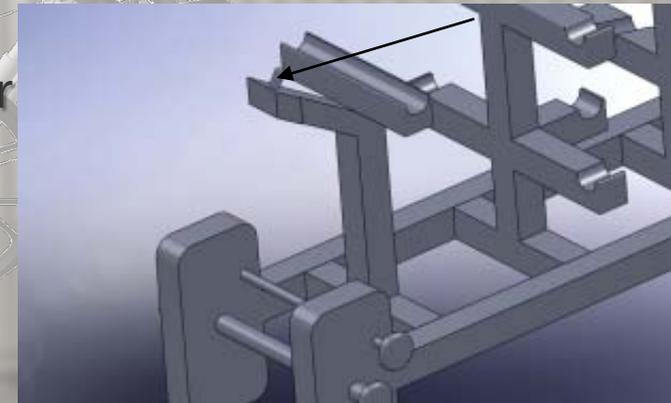
Fijar pipa



Fijar
pletinas



Fijar
anclaje
amortiguador



4. FABRICACIÓN DEL CHASIS

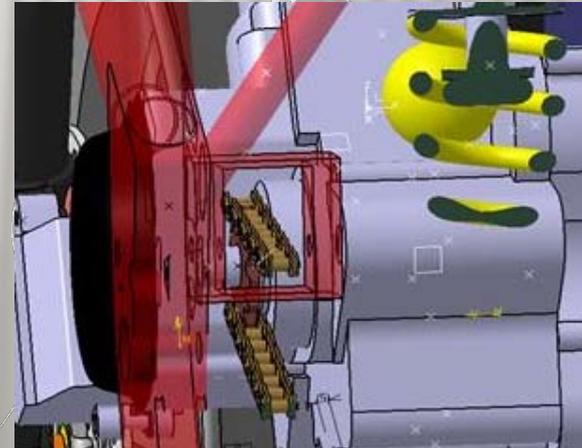
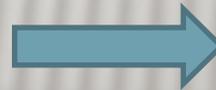
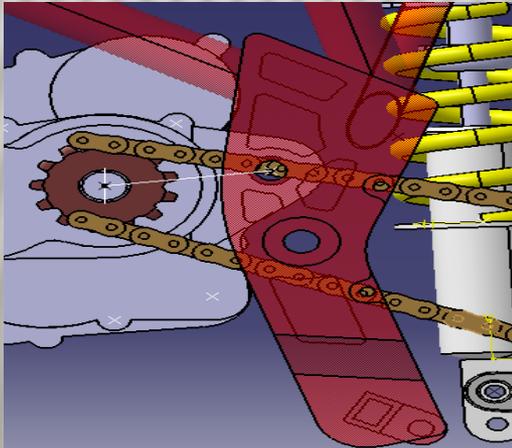
4.7 Utilillaje para soldadura del chasis

× 2ª Opción



4.8 Problemas en la fabricación del chasis

Ejemplo



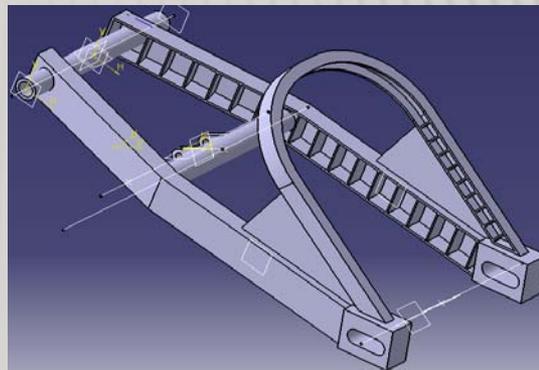
5. FABRICACIÓN DEL BASCULANTE



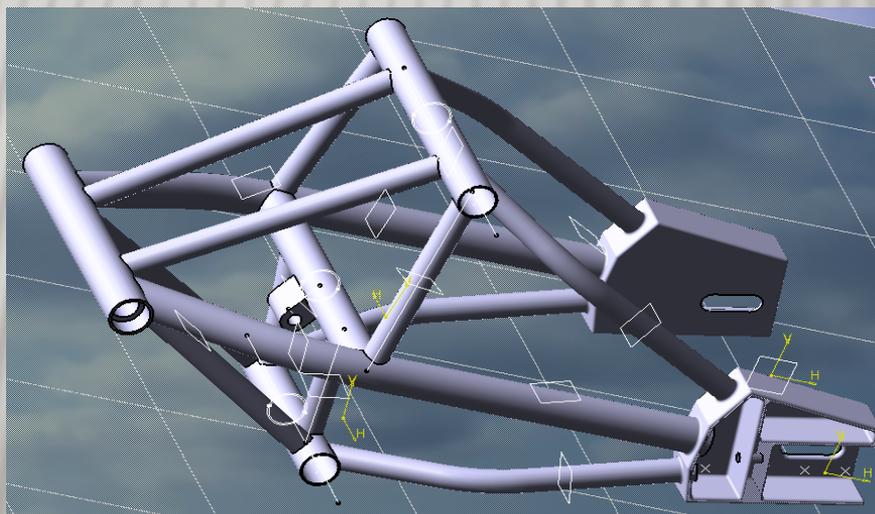
Diseño en fibra de carbono



Elección



Diseño en aluminio



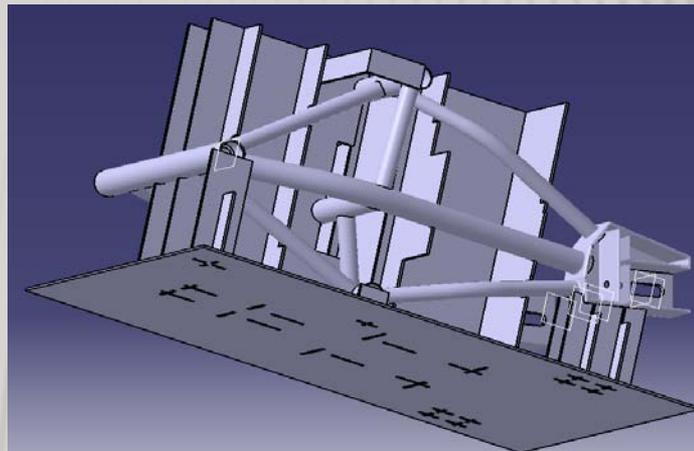
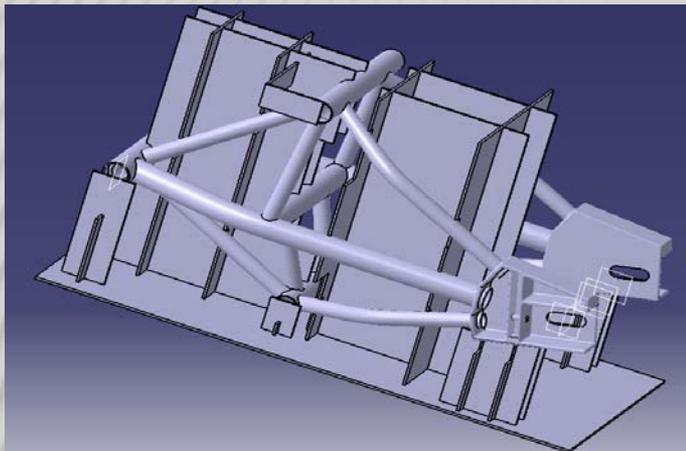
Diseño final en tubos de acero

Razones:

- Robusted.
- Simplicidad de fabricación.
- Experiencia muy positiva con Imca

5. FABRICACIÓN DEL BASCULANTE

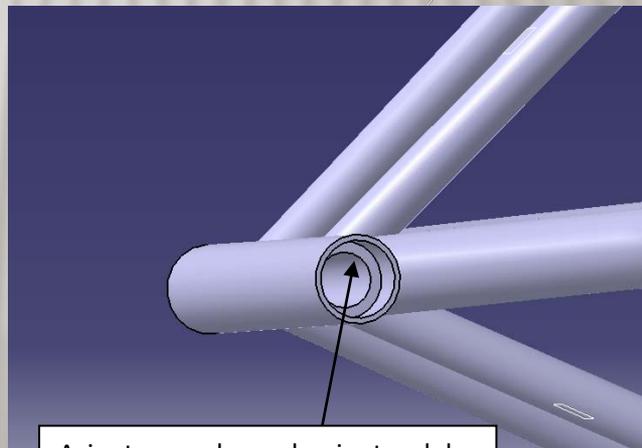
Utilillaje para soldar el basculante



Mecanizado del basculante



Coliso eje trasero

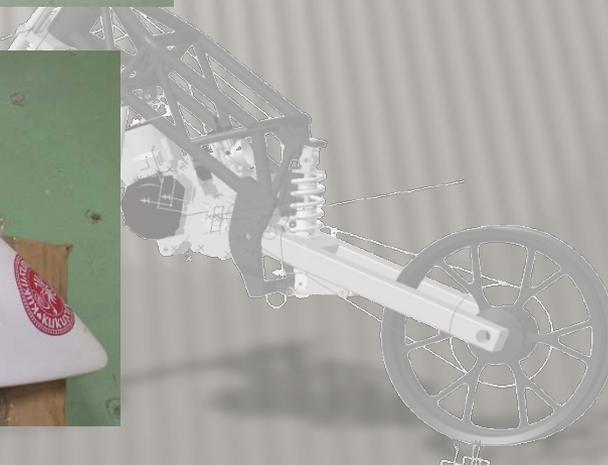


Asiento para los rodamientos del tubo del basculante



7. FABRICACIÓN DEL CARENADO

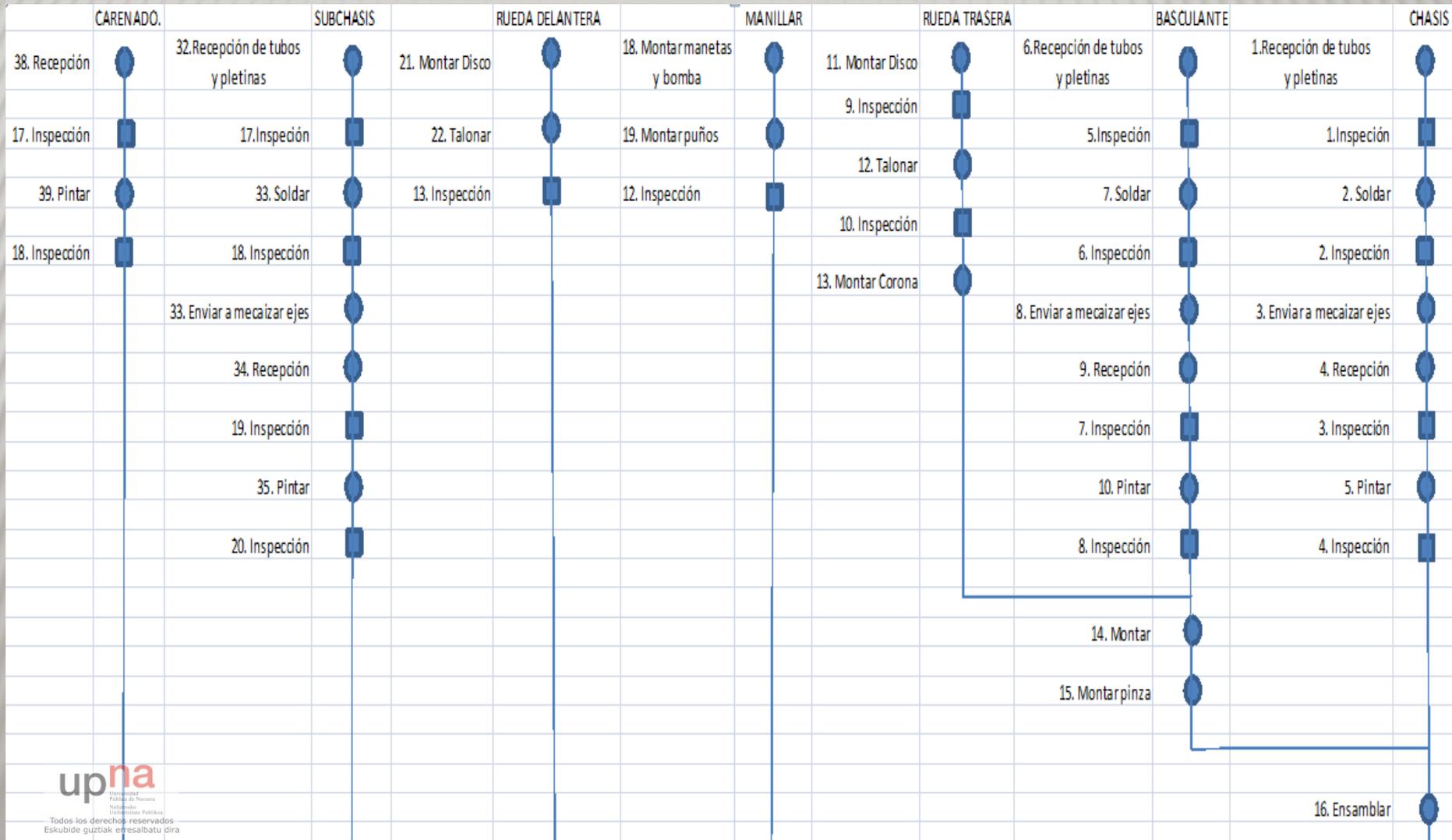
× Fibra de carbono carísima → Fabricación definitiva en **FIBRA DE VIDRIO**





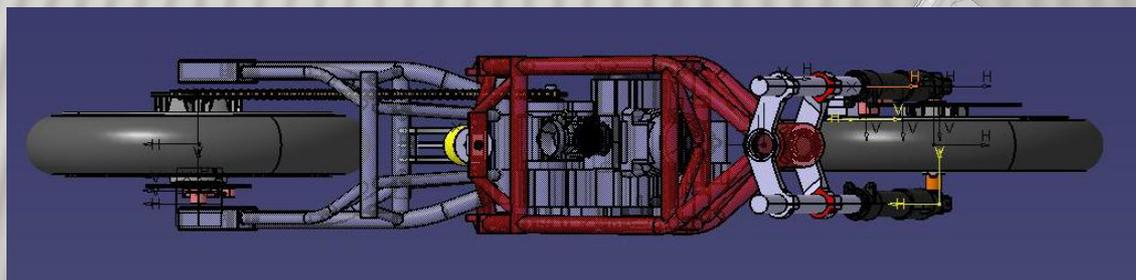
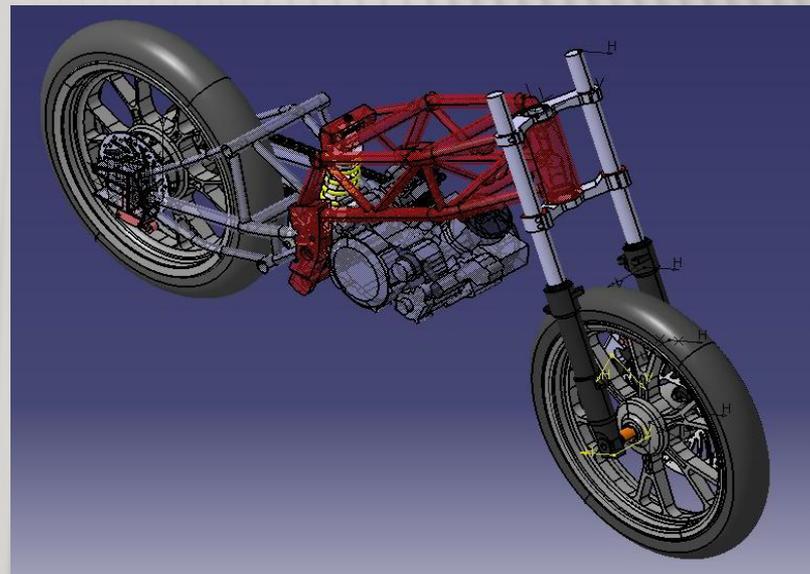
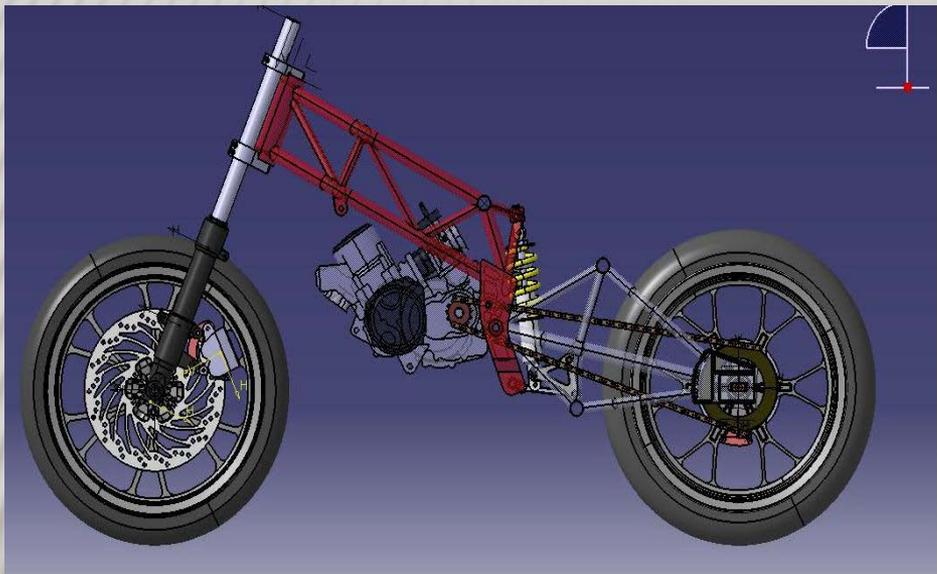
8. MONTAJE DEL PROTOTIPO

- Diagrama sinóptico del proceso de montaje.



9. MAQUETA 3D

- ✘ Estado actual de la maqueta 3D de la motocicleta.



- ✘ Falta el ensamblaje de manillares, semimanillares, estriberas, Subobasis, depósito de gasolina, radiador y carenado.



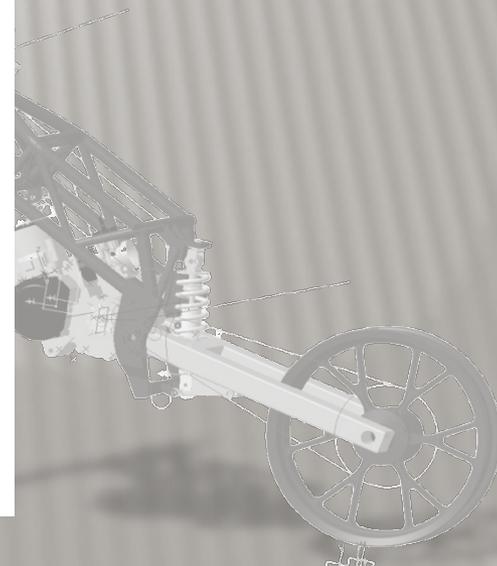
10. PRESUPUESTO

| | CONCEPTO | PREVISTO | REAL | POR GASTAR | FECHA PREVISTA |
|----------------|------------------------------------|----------|------|------------|----------------|
| CHASIS | Acero al Mn-Mo Reynolds 631 | 400 | 358 | 0 | 1-mar-10 |
| | Corte Laser Ebro | 250 | | 250 | 5-abr-10 |
| | Premecanizado chasis | 570 | | 570 | |
| | Mecanizar chasis | 640 | | 640 | |
| | Anclaje amortiguador | 65 | | 65 | |
| | Fabricar piezas eje trasero | 340 | | 340 | |
| | Fabricar tija | 628 | | 628 | |
| BASCULANTE | Programa Foale | 100 | 100 | 0 | 11-nov-09 |
| | Material | 400 | | 400 | 10-abr-10 |
| | Corte Laser Ebro | 250 | | 250 | 30-abr-10 |
| | Mecanizados CODI | 600 | | 600 | 7-may-10 |
| MOTOR y ESCAPE | Programa escape | 170 | 171 | 0 | 5-ago-09 |
| | Eje para banco de pruebas | | 35 | 0 | 25-nov-09 |
| | Escape | 100 | 136 | 0 | 1-mar-10 |
| | Carburador | 600 | 223 | 0 | 23-dic-09 |
| | Pinza Embrague | 25 | 37 | 0 | 26-feb-10 |
| | Bomba Embrague | 75 | 78 | 0 | 26-feb-10 |
| | Maneta Embrague | 25 | 25 | 0 | 20-mar-10 |
| | Conjunto Cilindro | 695 | 0 | 695 | 1-jul-10 |
| | Piston B y C | 146 | 0 | 146 | 1-jul-10 |
| | Erosión piñón | | 21 | 0 | 4-mar-10 |
| | Reforma plato | | 39 | 0 | 30-mar-10 |
| | Tapón aceite | | 13 | 0 | 20-mar-10 |
| | Gasolina | 200 | | 200 | 1-jul-10 |
| | Radiador | 336 | 340 | 0 | |
| | Conjunto agujas y chiclés | 50 | 50 | 0 | |
| | Ejes, casquillos bajola | 160 | 160 | 0 | |
| Silencioso | 50 | 48 | 0 | | |
| CARENADO | Cursillo Timoteo | 360 | 364 | 0 | 25-sep-09 |
| | Papel calibrado para fotogrametría | 8 | | 8 | 29-oct-09 |

| | |
|-----------------------|--------------|
| PATROCINADORES | 12195 |
| Total previsto | 14891 |
| Total gastado | 2846 |
| Total por gastar | 11826 |



Estado del Presupuesto a 5 de Junio de 2010.





CONCLUSIONES

- × Proyecto totalmente multidisciplinar
 - + Búsqueda patrocinio
 - + Diseño y modificación de piezas
 - + Fabricación del prototipo
- × Variaciones planos de fabricación vs pieza fabricada
- × Diseño tiene que pensar en la fabricación
- × Antes de fabricar verificar maqueta 3D
- × Plazos de fabricación orientativos
- × Proyecto no acabado
- × Proyecto real con los compromisos del mundo industrial:
 - + Trabajo en equipo, en competencia, bajo un presupuesto y en conexión con las empresas e instituciones del mundo de la máxima competición de carreras de motos.
 - + De forma que se presenta a la Comunidad Foral de Navarra como una zona capaz y puntera en el desarrollo de prototipos de competición.

FIN

