



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**

etsii UPCT

# Diseño y fabricación de un chasis de una motocicleta de 125cc 2T para la I competición internacional Motostudent

**Titulación:** I.T.I. Mecánica

**Alumno:** José Antonio Cano Corbalán

**Director:** Horacio Sánchez Reinoso

Cartagena, 05 de Julio de 2013



## INDICE

Antecedentes.....	3
Objeto.....	5
Agradecimientos.....	6
1. Introducción.....	7
1.1. Fases de la competición.....	9
1.2. Descripción de las pruebas.....	10
1.2.1. Fases previas.....	10
1.2.2. Fase MS1.....	11
1.2.3. Fase MS2.....	12
1.2.4. Carrera.....	13
2. Conceptos básicos de diseño de una motocicleta.....	15
2.1. Distancia entre ejes.....	16
2.2. Avance.....	20
2.3. Lanzamiento .....	26
2.4. Centro de gravedad.....	37
2.5. Squat.....	42
2.6. Hundimiento.....	51
2.7. Altura del centro de gravedad.....	57
3. Diseño.....	65
3.1. El chasis.....	65
3.2. Chasis tubular triangulado.....	65
3.3. Chasis doble viga de aluminio.....	72
3.4. Criterios generales de diseño.....	73
4. Cálculos de esfuerzos sobre la motocicleta.....	76
4.1. Esfuerzos en aceleración máxima.....	77
4.2. Esfuerzos en frenada máxima.....	80
4.3. Esfuerzos en curva.....	82
5. Análisis por elementos finitos.....	84



**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 2 de 112

5.1.	Geometría inicial de los componentes.....	84
5.2.	Materiales.....	86
5.3.	Método de trabajo.....	88
5.4.	Análisis.....	89
5.4.1.	Chasis tubular.....	89
5.4.2.	Chasis doble viga.....	91
5.4.3.	Chasis doble viga optimizado.....	93
5.5.	Conclusiones.....	96
6.	Proceso de fabricación del chasis.....	97
6.1.	Proceso de mecanizado.....	97
6.2.	Proceso de soldadura.....	102
7.	Presupuesto.....	108
8.	Bibliografía.....	111
	Anexo I: Planos.....	113
	Anexo II: Hojas de proceso.....	124
	Anexo III: Normativa general Motostudent.....	129
	Anexo IV: Reglamento técnico Motostudent.....	143



## **ANTECEDENTES**

En este proyecto se presenta el diseño y análisis tanto del conjunto del chasis como de la suspensión delantera para la competición MotoStudent, la cual consiste en diseñar una motocicleta de 125cc y 2T para uso en circuito y en la que participaran universidades de toda España y una de Italia.

La organización de MotoStudent proporciona el motor, las llantas con los neumáticos, los frenos, el amortiguador trasero y la horquilla, esta ultima puede ser utilizada o no, dependiendo si se utiliza suspensión alternativa.

El diseño del proyecto se ha realizado con el programa SolidWorks, y el estudio por elementos finitos se ha realizado con el modulo SimulationXpress del mismo programa.

La idea no es construir un diseño final para la fabricación, sino un prototipo sobre el cual hacer las pruebas oportunas y posteriormente realizar cambios y mejoras para posteriores ediciones. Así pues, se trata de un proyecto íntegramente de diseño con la ayuda de programas de simulación que nos permitirán optimizar la idea inicial.

No solo se trata obtener un conjunto lo más rígido posible, como ya veremos más adelante tenemos que tener cierta flexión en ciertos puntos del chasis a la vez de ser lo más ligero posible.

Dicha competición se divide en dos fases: la fase MS1 y la fase MS2. En la primera de ellas se valorarán los proyectos industriales presentados, tanto la parte de diseño como la viabilidad económica. Mientras que en la segunda fase se realizarán pruebas dinámicas a la motocicleta, tales como pruebas de aceleración, frenada o agilidad. Por último, y dentro de esta segunda fase, se realiza una carrera en la que todos los prototipos fabricados por las universidades compiten por ser la moto ganadora.



**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 4 de 112

El presente proyecto marcará las pautas de diseño y el proceso a seguir durante la fabricación del chasis que empleará en la futura competición el equipo representante de la Universidad Politécnica de Cartagena.

En España, Antonio Cobas fue el precursor a principios de los 80 del chasis de doble viga en aluminio. En 1982 fundó su propia marca y en 1984 logró su primera victoria en una carrera del mundial de motociclismo con Sito Pons como piloto. Esto era sólo un precedente de los logros que conseguiría en los años siguientes, entre ellos varios títulos mundiales con Alex Crivillé al frente. Así fue como a partir de finales de los 80 el mercado de motocicletas deportivas, tanto para calle como para circuito, quedaría dividido en dos tipos de chasis; el chasis de doble viga en aluminio (principalmente en fabricantes japoneses) y el chasis tubular de acero (normalmente en fabricantes italianos como Ducati o MvAgusta).

Los fabricantes de motocicletas invierten un enorme esfuerzo en I+D+i con el fin de optimizar las líneas de producción e inspección en las diferentes etapas de fabricación (mecanizado, soldadura, ensamblaje, pintado, etc.) con el fin de obtener un producto que cumpla los estándares y pueda competir con suficientes garantías en los mercados.

En objeto del presente proyecto de investigación es la optimización en el modelado de un prototipo de moto de competición de 2T y de las tecnologías de fabricación puestas en juego para la obtención de los distintos sistemas de la que forman parte.

El desarrollo del presente proyecto está enfocado en la optimización de las etapas de diseño y fabricación mediante dos tipos de modelos teórico y experimental. En el modelado teórico es necesario emplear técnicas de elementos finitos para el análisis estructural. El modelado del prototipo de motocicleta viene restringido por una serie de requisitos relativos a dimensiones, materiales, etc. demandadas por la categoría de motocicleta con motor de 125cc y 2T en la que está enmarcado este proyecto de investigación. Por otro lado, los resultados obtenidos en los modelos teóricos han sido validados por un estudio experimental basado fundamentalmente en pruebas en circuito cerrado relativas a maniobrabilidad, estabilidad, velocidad y seguridad.



En los siguientes apartados se describirán las distintas etapas necesarias para abordar las fases de diseño, análisis, planificación de la producción y cálculo de costes empleados para la producción de los componentes previamente diseñados para el prototipo de motocicleta de competición, con el objetivo de proveer un producto de alta calidad y fiabilidad y al menor coste posible.

## **OBJETO**

El presente proyecto tiene como objeto, el diseño y fabricación de un chasis de una motocicleta para la competición MotoStudent.

El proyecto incluirá:

- Elaboración de la fase de prediseño con programa de modelado sólido en 3D.
- Selección de alternativas para la obtención del prototipo final.
- Cálculo, análisis y dimensionamiento de los elementos estructurales de la motocicleta.
- Elaboración de planos finales en 2D y selección de componentes normalizados y comerciales, que hagan viable la fabricación del prototipo.
- Realización de presupuesto de los costes de material y mano de obra.

El proyecto incluye todos los planos necesarios para su fabricación, los cálculos justificativos, el análisis ante las solicitaciones críticas de los elementos diseñados, así como la justificación de todos aquellos componentes comerciales seleccionados.



No solo se trata de hacer el mejor diseño posible, hay que tener en cuenta que los medios tanto económicos como técnicos están muy limitados, por lo que el diseño debe ceñirse a ellos, lo que se diseñe tiene que poder fabricarse.

## **AGRADECIMIENTOS**

El equipo MOTOUPCT agradece especialmente a los patrocinadores (Motos Cano S.L., Italkit, S.L., Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de la Región de Murcia, Rectificados Levante y Circuito de Velocidad de Cartagena) por su colaboración y confianza en este equipo, por permitirnos participar en este proyecto. También a la Universidad Politécnica de Cartagena por su apoyo técnico y económico. En segundo lugar, también dar las gracias a todos los profesores (con mención especial a Francisco Vera, José Pérez, Mariano Saura, M<sup>a</sup> Dolores Ojados y Horacio Sánchez) así como resto de personal de la universidad que ha colaborado y participado en esta actividad para ampliar nuestra formación como ingenieros.



## **1. INTRODUCCION**

El objetivo del proyecto es el de obtener un primer diseño del chasis de una motocicleta de 125cc y 2T de competición para la construcción de un primer prototipo que servirá de referencia para el diseño de los posteriores prototipos que participen en esta competición. Se realizará un primer modelado en 3D del conjunto, y a continuación se estudiará por el método de elementos finitos para su optimización, es decir, una vez calculado el primer análisis computacional se estudiarán los resultados para analizar los posibles puntos débiles del chasis y rediseñarlos para obtener más rigidez y menos peso. El objetivo principal de construcción de un conjunto chasis siempre es el de conseguir mayor rigidez con el menor peso posible para que la motocicleta obtenga el mejor comportamiento posible en pista y así conseguir unos buenos tiempos por vuelta.

La competición MotoStudent promovida por la fundación Moto Engineering Foundation (MEF) es un desafío entre equipos universitarios de distintas UNIVERSIDADES españolas, europeas y del resto del mundo.

Consiste en diseñar y desarrollar un prototipo de moto de competición de pequeña cilindrada 125 cm<sup>3</sup>, 2 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, donde estos 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.





**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 8 de 112

El análisis computacional ha avanzado de manera vertiginosa durante los últimos años, por lo que se ha convertido en una herramienta casi imprescindible a la hora de diseñar piezas sometidas a sollicitaciones mecánicas. No obstante, no se trata de una herramienta que proporcione resultados reales y definitivos, siempre presentará una aproximación del comportamiento real del producto acabado, ya que en la realidad intervienen una gran cantidad de factores que no pueden ser simulados.

Así, solo la construcción y prueba de un prototipo por parte de un piloto experimentado podrá validar el diseño para su fabricación en serie o mostrará los resultados correspondientes que obligaran a realizar cambios de nuevo. El estilo de conducción del piloto influirá también en el diseño del chasis; mientras que algunos pilotos optan por chasis lo más rígidos posibles, otros prefieren chasis con cierta flexión lateral, ya que ésta puede ayudar a amortiguar movimientos debido a irregularidades de la pista. Es principalmente éste último factor el que exige una parte artística e intuitiva a la ciencia del estudio de un chasis.

El análisis por elementos finitos nos permite realizar unas primeras optimizaciones sobre el diseño inicial proporcionando unos mejores resultados en la primera prueba de prototipo. Reducir la construcción de prototipos mediante el análisis computacional disminuye los costes de manera muy significativa, siendo éste el principal motivo de demanda de programas de simulación por parte de las empresas de diseño.

En el presente proyecto se presenta el diseño y fabricación de una motocicleta de 125cc 2T de pista. El diseño del proyecto se ha realizado con el software SolidWorks, el estudio por elementos finitos de chasis se ha realizado con el módulo SimulationXpress de SolidWorks.

Con estas herramientas se han obtenido unas primeras optimizaciones sobre el diseño inicial proporcionando unos mejores resultados en la primera prueba de prototipo, con la consiguiente reducción significativa de costes.



## 1.1. FASES DE LA COMPETICIÓN

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

Para que las motos y proyectos entren en competición o concurso deberán cumplir los requisitos previos de resistencia seguridad y funcionamiento indicados en el reglamento técnico.

Los equipos, que superen estos requisitos, competirán en la fase MS1 en la cual se evaluará el proyecto bajo el punto de vista industrial con especial atención a los aspectos estético, técnico y económico. Esta evaluación, con sus criterios, jurado y premios se indican más adelante.

Las motos que superen estas pruebas participarán en la fase de pruebas dinámicas denominada MS2.

Estas pruebas consistirán en una evaluación de cualidades de pilotaje efectuadas por probadores expertos. Para la valoración final se desarrollará una carrera en la que los participantes serán pilotos federados de copas de promoción, seleccionados por la organización.

Niveles a superar por los equipos participantes:

	Excluyente	Puntuable
Requisitos mínimos	SI	NO
Fase MS1 (Proyecto)	SI	SI
Fase MS2 (Seguridad)	SI	NO
Fase MS2 (Pruebas dinámicas)	SI	SI
Fase MS2 (Carrera)	SI	SI



Todos los equipos participantes para ser evaluados en cualquiera de las categorías deben superar el nivel mínimo tanto en MS1 como en MS2, es decir ningún equipo puede fijarse como objetivo participar en una sola de las categorías ya que este hecho conculca el espíritu mismo de la competición.

## **1.2. DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS**

Como se ha indicado anteriormente los equipos participantes tendrán que someterse a una serie de pruebas sucesivas eliminatorias agrupadas en dos fases MS1 y fase MS2.

### **1.2.1. Fases previas a las jornadas competitivas**

Presentación de justificación de patrocinadores. En la que los equipos participantes debían justificar de forma clara que empresas e instituciones sufragan la construcción del prototipo. Se formalizara a través del formulario correspondiente y esta justificación debía presentarse antes del 1 de Abril del 2009. Tras esta justificación, al mes siguiente los equipos recibirían los componentes reglamentarios.

Presentación de diseño cerrado. Antes del 31 de Marzo del 2010 los equipos participantes presentarían a la organización información gráfica de detalle del chasis y basculante o equivalente con cotas principales que será guardada por la organización. Esta información debía permitir a los jurados sin manipulación informática alguna verificar los futuros prototipos. La organización fijó como formato específico documentos pdf de los planos de conjunto y/o detalle con tamaño máximo A3. Esta documentación solo sería analizada por los jurados en las jornadas de competición y validarán que el prototipo presentado responde a esa información gráfica. Como es lógico se pueden aceptar modificaciones pero no de carácter sustancial.

El incumplimiento de estos hitos acarrea la separación de la competición.



### **1.2.2. Fase MS1**

La fase MS1 es una fase demostrativa en la que los equipos participantes deberán mostrar y explicar el prototipo realizado y el proyecto de industrialización del citado prototipo.

#### **1.2.2.1. Demostración del prototipo**

Los grupos presentarán un prototipo para que sea revisado por los inspectores conforma los aspectos dimensionales y de seguridad que indica el reglamento técnico.

Los equipos pueden disponer de los elementos de recambio (cualquier componente o parte de la moto) que consideren oportunos. Estos recambios deberán ser presentados a la organización simultáneamente con el prototipo para su verificación, validación y sellado. La utilización de componentes no sellados por la organización significara la expulsión inmediata de la competición.

Por otra parte realizara 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.

También presentaran en el stand preparado por la organización los paneles informativos que consideren convenientes.

#### **1.2.2.2. Presentación del proyecto industrial**

El proyecto industrial será defendido ante un jurado de expertos elegidos por la organización y deberá contener la información siguiente:

El proyecto se desarrollara sobre los siguientes condicionantes:

Moto de circuito, con una serie anual de 500 unidades y un costo de fabricación máximo de 4500€. En es-te concepto se contemplan los conceptos siguientes: componentes (compras exteriores), amortización de utillajes en 5 años, mano de obra directa, repercusión infraestructura de empresa y gastos financieros. Esta moto de serie será derivada de la moto prototipo con las mínimas diferencias exigidas por el proceso de



fabricación en la serie y por las adaptaciones a los componentes de la serie que no deben porque ser los mismos que en la moto prototipo.

El proyecto constará de cuatro apartados independientes, con las siguientes puntuaciones máximas.

- ✓ Diseño del vehículo (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 proceso industrial de fabricación de la serie (100 puntos).

Cada apartado del proyecto industrial de los distintos equipos se presentará ante un mismo jurado de expertos, elegidos por la organización.

Para la exposición de cada apartado los equipos designaran uno o dos alumnos diferentes.

### **1.2.3. Fase MS2**

La fase MS2 es una fase de validación experimental en la que las motos prototipo de los equipos participantes que hayan superado la Fase MS1 deberán demostrar su calidad de actuación superando distintas pruebas en banco y en circuito.

#### **1.2.3.1. Pruebas de seguridad en banco**

Estas pruebas pretenden ser una garantía de robustez, fiabilidad y seguridad ante las pruebas en circuito.

Así las motos deberán superar las siguientes pruebas:

- ✓ Prueba de resistencia de chasis según especificaciones de reglamento técnico
- ✓ Prueba de frenada en banco de rodillos según especificaciones de reglamento técnico
- ✓ Prueba de ruidos



La sistemática de presentación y prueba de las motos se realizara mediante un proceso de verificación que se dará a conocer a los equipos con suficiente antelación.

#### **1.2.3.2. Evaluación de prestaciones**

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 en una vuelta al circuito.

Cada moto será probada por un mínimo de tres pilotos, los cuales evaluarán:

- ✓ Capacidad de frenada (80 puntos)
- ✓ Capacidad de aceleración (80 puntos)
- ✓ Maniobrabilidad (80 puntos)
- ✓ Estabilidad (80 puntos)
- ✓ Velocidad punta (80 puntos)

La organización facilitará a los equipos piloto, circuito y tiempo de prueba limitado para la puesta a punto de la moto previa a la prueba de evaluación de prestaciones.

Los probadores serán designados por la organización de la prueba y su resolución será inapelable. Como consecuencia de la evaluación conjunta de sus prestaciones, se establecerá una clasificación de las motos. Si alguna de las motos no supera el 25% de la puntuación máxima en alguna de las capacidades valoradas se considerara no apta para la carrera.

#### **1.2.4. Carrera**

Las motos que hayan superado la prueba anterior, participarán en una carrera de velocidad en circuito.

Para entrar en la puntuación los equipos que terminen deberán haber recorrido al menos el 50% de las vueltas recorridas por el primer clasificado.



---

**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 14 de 112

---

Las motos se pilotarán por pilotos de categoría promoción seleccionados por la organización y sorteadas entre ellos.

Para facilitar la puesta a punto de la moto se facilitarán dos tandas de entrenamiento sin valor clasificatorio, cuyo desarrollo se comunicara oportunamente por parte de la organización.

La carrera se llevara a cabo sobre una longitud mínima de 45 km. La organización establecerá según el caso el número de vueltas o duración de la carrera. En el circuito de velocidad de ALCAÑIZ será de 8 vueltas.

El orden de la parrilla de salida se establecerá según la clasificación obtenida en la categoría MS1, de forma que el equipo con mejor puntuación ocupará el primer puesto de la parrilla. En caso de empate el orden de parrilla se establecerá por sorteo.



## 2. CONCEPTOS BASICOS DE DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA

Cuando se realiza un proyecto de este tipo, normalmente se parte de un papel en blanco y se diseñan todos y cada uno de los elementos para ese diseño. Se partirá de un papel en blanco pero se tiene que incorporar en nuestro diseño unos elementos que no han sido diseñados para esta moto y esto en algunas ocasiones complica el diseño de los elementos.

Para esta competición la organización ha proporcionado el motor, las ruedas y neumáticos, frenos y suspensiones, para que haya una mayor igualdad entre los diferentes equipos. Había que utilizar obligatoriamente estos elementos a excepción de la horquilla delantera que se podía utilizar una suspensión alternativa.

Una moto de competición trabaja gran parte en unas condiciones muy exigentes para los materiales de los distintos componentes que la conforman, que tienen que ser resistentes y fiables pero a la misma vez ligeros para garantizar su rapidez y maniobrabilidad. Las restricciones iniciales a las que debe ajustarse el diseño de una motocicleta de competición comienza con la configuración del entorno donde debe circular, que consta de una gran cantidad de curvas, lo que implica cambios bruscos de dirección en la trayectoria del conjunto, aceleraciones, deceleraciones muy altas, etc.

Hay que tener en cuenta la importancia de las geometrías de la motocicleta. Generalmente no es posible hablar de un solo aspecto de la geometría de una moto. Cada aspecto de la geometría interacciona con los otros y es, precisamente, la combinación de todo esto lo realmente importante.

En este apartado vamos a analizar cada parámetro.

Dependiendo de uso que se le vaya a dar a una motocicleta hay ciertos parámetros que deben variar para hacerla más dócil o radical, más pesada o ligera de dirección, etc.





Estos parámetros son los siguientes:

- Distancia entre ejes
- Lanzamiento
- Avance
- Centro de gravedad
- Altura del eje del basculante
- Squat
- Hundimiento
- Altura del centro de gravedad

En competición todos estos parámetros son variables y se pueden ajustar al piloto y al circuito. En el diseño inicial todos estos parámetros serian variables pero por falta de presupuesto, todo quedo en el papel.

## 2.1. DISTANCIA ENTRE EJES

La distancia entre ejes es la longitud que hay entre el eje de la rueda delantera y el eje de la rueda trasera. Es un parámetro que influye a la hora de dar estabilidad a una motocicleta, una distancia entre ejes larga implica muy buena estabilidad en línea recta y una distancia entre ejes corta implica buena estabilidad en curva. Aquí es donde comenzamos a comprometernos con los parámetros más adecuados para nuestro diseño.

Hay dos elementos que son decisivos a la hora de establecer la distancia entre ejes, uno seria la suspensión (había que dejar espacio para ubicarla entre el motor y la rueda trasera) y el otro elemento era el mismo motor, que al no ser diseñado para la competición de velocidad era relativamente largo.

En los motores de carreras el cigüeñal y los ejes del cambio forman un triángulo para hacer el motor más corto, en nuestro caso eran lineales lo que hacía el motor algunos centímetros más largo de lo que nos hubiera gustado.

En muchas motocicletas es normal un ajuste de entre 20-40mm para el tensado de la cadena. Aunque la distancia entre ejes no es un factor crítico en el sentido de que tiene que ser exacto, influye mucho la maniobrabilidad de la moto y su feeling. Cuando una moto 125cc tiene una distancia entre ejes elevada su carácter pasa a ser más como el de una moto de 250cc (en cuanto a maniobrabilidad, claro) y se pierde agilidad y ésta no se recupera aunque se utilicen cotas más agresivas, es decir, cerrar el lanzamiento y acortar el avance. En nuestro caso la distancia entre ejes mínima es de 1300mm llegando a 1340mm cuando tensamos la cadena.

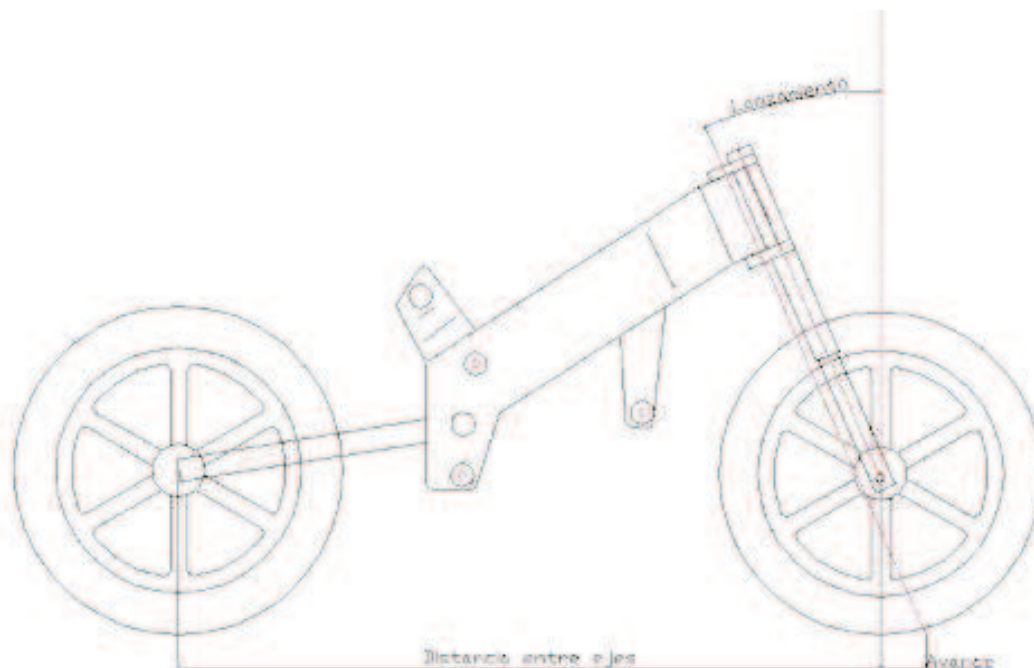


Figura 2.1. Distancia entre ejes



La distancia entre los ejes de las ruedas tiene diversos efectos, pero en general, cuanto mayor es esta distancia mayor es la estabilidad direccional y mayor el esfuerzo necesario para negociar las curvas.

Existen dos razones principales para esto.

#### 1) Ángulo de giro requerido

La figura 2.2 muestra cómo, para una curva dada, una motocicleta con una gran distancia entre ejes necesita girar más la rueda delantera hacia el interior de la curva.

Consecuentemente es necesario un mayor esfuerzo para negociar las curvas; también, una determinada flexión de la rueda delantera (por ejemplo debido a los baches) tendría un efecto menor en la estabilidad direccional.

Una consideración práctica en el caso de las motos de trial es que, para un nivel máximo de giro del manillar debido a los topes de dirección, el círculo de giro mínimo es menor con una distancia entre ejes corta. Por este motivo, las motos de trial tienen distancias entre ejes más cortas.

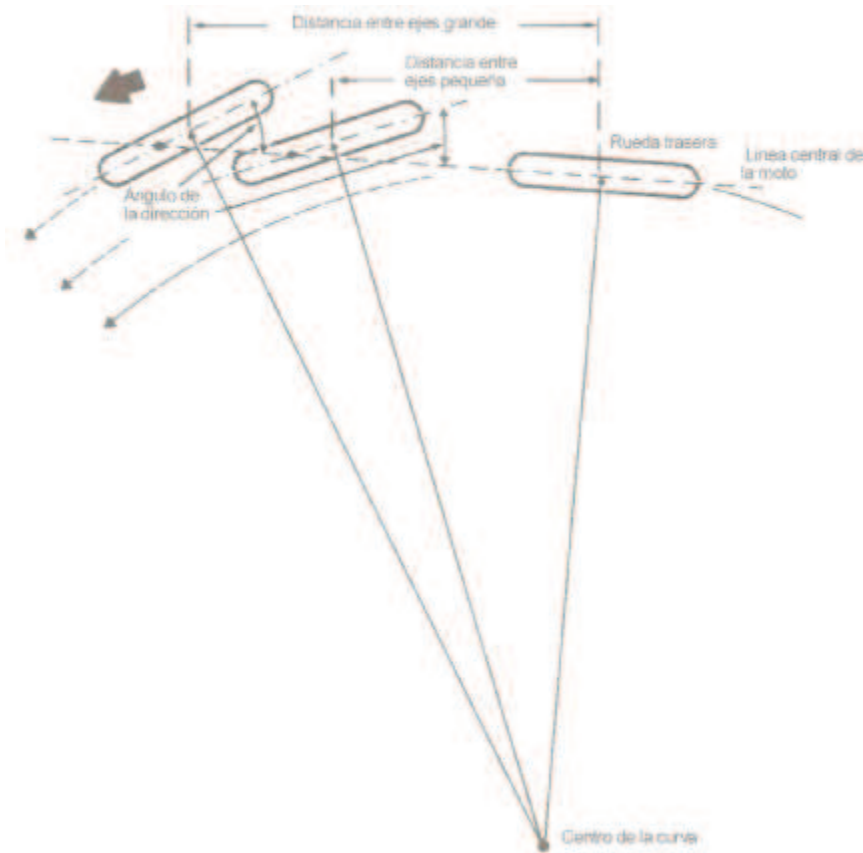


Figura 2.2. Para un radio de curva dado, una distancia entre ejes mayor necesita un ángulo de giro mayor. Este diagrama muestra esto para un sistema de giro basado en Ackerman, pero se pueden aplicar consideraciones similares a casos más reales con ángulos de deriva reales.

## 2) Efectos de inercia

La distancia entre ejes tiene un efecto sobre la transferencia de peso que tiene lugar durante la frenada y la aceleración. Para una altura dada del centro de gravedad, cuanto mayor sea la distancia entre ejes, menor será la transferencia de peso. También, los momentos de inercia de los planos de cabeceo y guiñada se incrementarán, lo cual hará que la moto sea más estable y perezosa.

## 2.2. AVANCE

El avance es la distancia horizontal entre el punto de contacto del neumático con el suelo y la extensión de la línea dibujada por la pipa de dirección hasta el suelo.



Figura 2.3 El eje de dirección es la línea sobre la cual gira el sistema de dirección.

La rueda delantera y la rueda trasera tienen sus propios valores de avance. El descentramiento existente entre el eje de la rueda y el eje de dirección se mide en ángulo recto con respecto a este último.

El CdG es el centro de gravedad, para casi todos nuestros propósitos nos interesa el centro de gravedad combinado de la moto y el piloto.

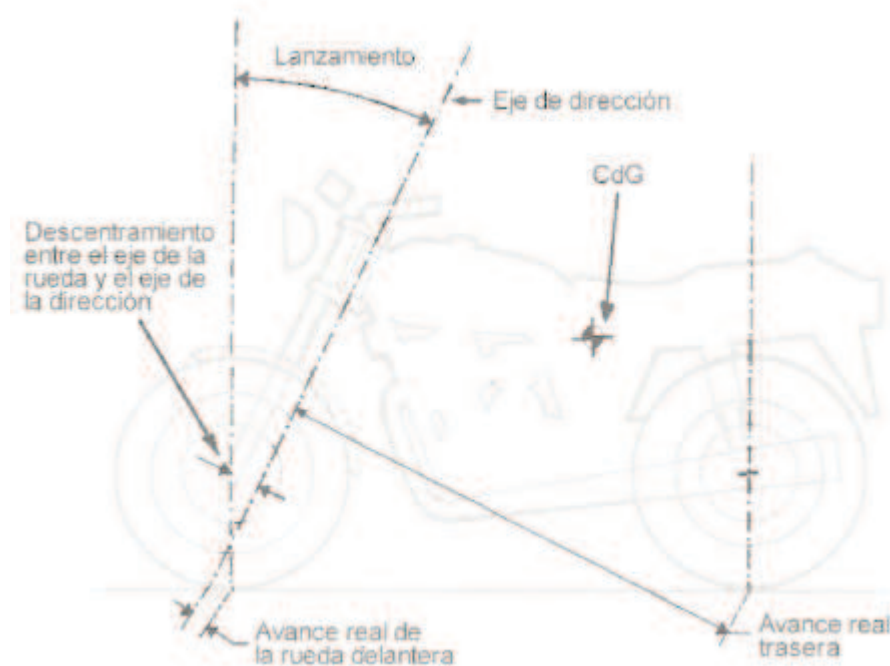


Figura 2.4 El avance real se mide en ángulo recto con respecto al eje de dirección. El avance real se reduce con respecto al avance en el suelo multiplicándolo por el coseno del ángulo de lanzamiento. Para un ángulo de lanzamiento típico es aproximadamente el 90%.

Podemos compararlo con el avance en el suelo que se muestra en la figura 2.3.

La función principal del avance es proporcionar una cierta estabilidad direccional, y también es de gran importancia en el inicio de la fase de inclinación de la moto al tomar una curva. Se puede ver que tanto el neumático delantero como el trasero tocan el suelo por detrás del punto donde el eje de dirección lo hace, y esto provoca un efecto de autocentrado en ambas ruedas. La distancia que existe entre el eje de dirección y el centro de la huella del neumático, medida a ras de suelo, es lo que se conoce habitualmente como avance.

De todas formas, sería más lógico medir la distancia que existe entre la huella de contacto del neumático y el eje de dirección en ángulo recto con respecto a ese eje. Gracias a esta distancia cualquier fuerza que se genere en el neumático crea un

momento alrededor del eje de dirección. Para distinguir entre estas dos definiciones de avance, cuando sea necesario, se sugiere que se les llame avance en el suelo y avance real. El avance real es aproximadamente el 90 % del avance en el suelo para motocicletas con un ángulo de lanzamiento normal, y es igual al avance en el suelo cuando tenemos un lanzamiento de cero grados. Comparando las figuras 2.3 y 2.4 se pueden ver las diferencias.

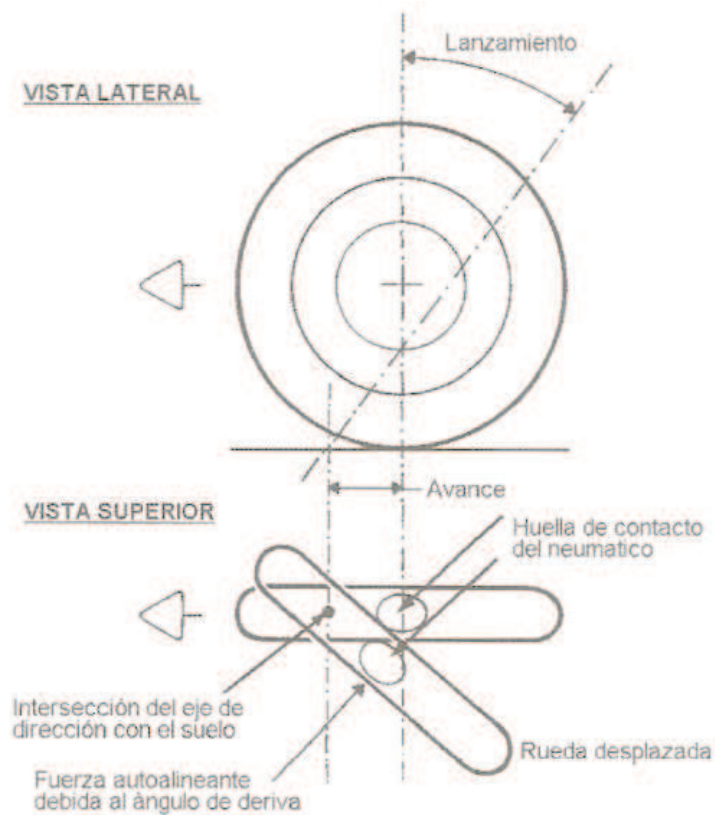


Figura 2.5 El avance positivo y la fuerza lateral debida al ángulo de deriva se combinan para producir un momento alrededor del eje de dirección que tiende a poner la rueda recta otra vez. Esto proporciona un cierto grado de estabilidad en línea recta.

En la figura 2.5 se puede comprender cómo el avance causa un efecto de autocentrado. Se muestra la vista superior de una rueda desplazada de su posición de línea recta.

Es importante darse cuenta de que el avance no tiene un valor fijo para una motocicleta determinada, existen varios factores que hacen que el avance varíe durante la conducción. Algunos son el ángulo de inclinación, el ángulo de giro de la dirección, y también el radio del perfil del neumático. La figura 2.6 se muestra la variación del avance frente a los ángulos de inclinación y de giro del manillar, para una motocicleta determinada.

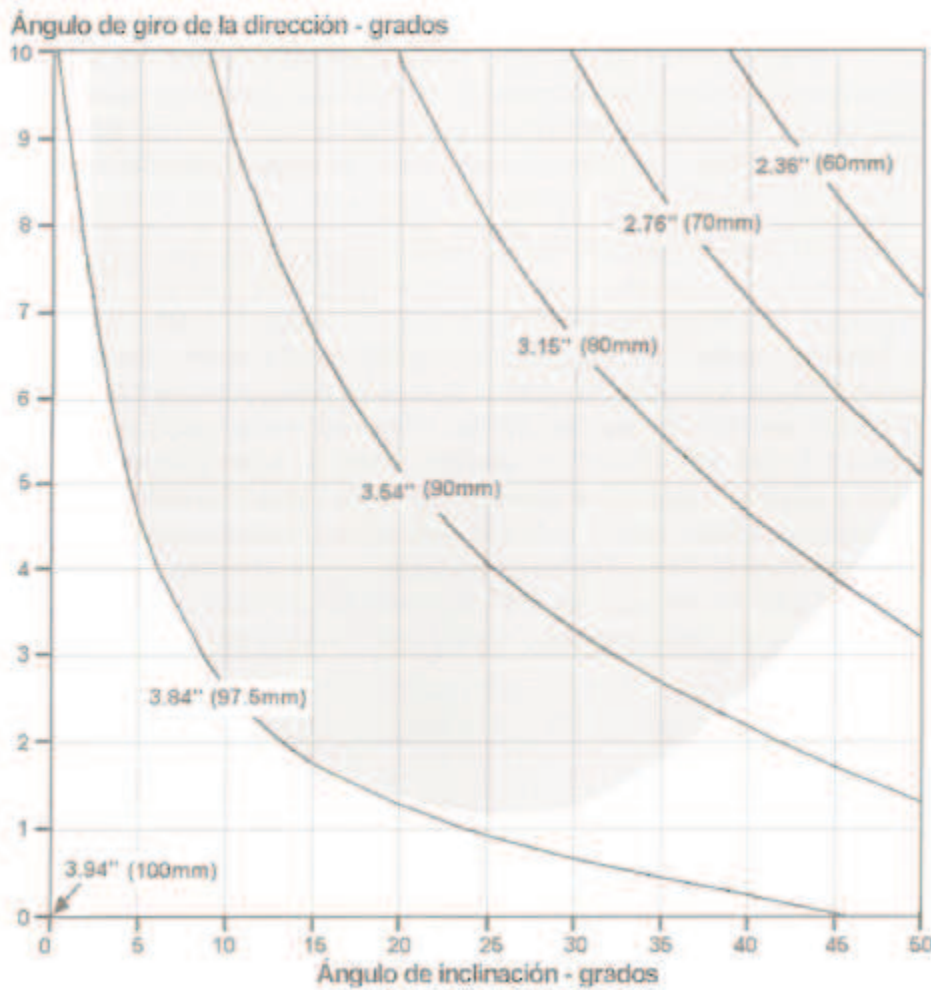


Figura 2.6 Se muestran valores de avance real efectivo para diferentes combinaciones de ángulos de inclinación y giro de la dirección.





Hay que hacer notar que no todas las combinaciones de estos ángulos se dan en la práctica, por ejemplo cuando se toma una curva con  $45^\circ$  de inclinación, sería muy improbable querer aplicar un giro de  $10^\circ$  a la dirección. El área oscura es una guía aproximada para conocer aquellas combinaciones que serían muy improbables en la realidad.

Considerando solo las combinaciones más probables, puede haber hasta un 25% de reducción en el avance durante la conducción.

Los avances típicos para motos de carretera están entre 80 y 120mm pero hay que decir que pequeñas variaciones en este pueden producir grandes cambios. El objetivo principal del avance es el de dar a la motocicleta una cierta estabilidad en línea recta. Este avance produce sobre la rueda delantera un momento, que es precisamente el que ayuda a conducir la moto. Lo importante es encontrar una solución de compromiso entre un avance mayor que proporcionara una momento mayor, pero restará agilidad; y un avance pequeño que proporcionará justo lo contrario.

Hay varias formas de cambiar el avance por ejemplo variando el lanzamiento, pero si se quiere mantener el lanzamiento la única forma de variar el avance es cambiando las tijas, también se ha diseñado un sistema para cambiar el avance de forma rápida y sencilla sin necesidad de cambiar las tijas.



Figura 2.7 Diseño de tijas con avance variable

Como se aprecia en la imagen el diseño es muy simple, se tienen dos casquillos con un agujero excéntrico que varía la distancia del eje de la tija, y con solo dos tornillos en los extremos se puede variar el avance.

## 2.3. LANZAMIENTO

El lanzamiento es el ángulo hacia atrás que tiene el eje de dirección con respecto a la vertical.

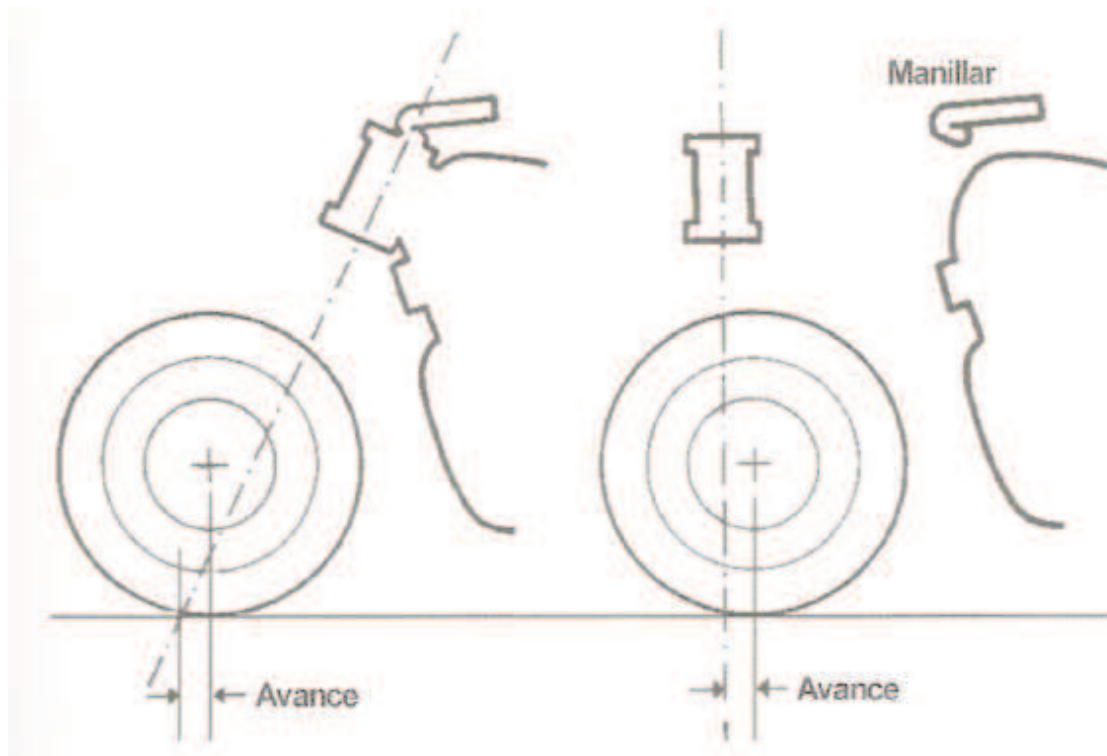


Figura 2.8 Con una pipa de dirección convencional, resulta conveniente tener un lanzamiento normal (izquierda) por facilidad de construcción del chasis y para conseguir un montaje directo del manillar. Para un mismo avance, una pipa de dirección vertical (derecha) da problemas en ambos aspectos.

Valores de lanzamiento que eran considerados como inestables unas décadas atrás, se emplean ahora de forma habitual, variando entre 20 y 23 grados. De todos modos, parte del motivo de este cambio probablemente viene dado de nuevo por la facilidad de construcción. Durante las últimas décadas se ha tendido a utilizar distribuciones de peso con el tren delantero más cargado, de forma que el piloto se ha movido más hacia

delante. Obviamente, estos cambios son más fáciles de llevar a cabo con una pipa de dirección más adelantada y por lo tanto con un lanzamiento menor. Esta reducción del lanzamiento también ayuda a compensar las mayores fuerzas de dirección que aparecen gracias al aumento de carga sobre la rueda delantera.

Examinemos los efectos principales del ángulo de lanzamiento. La figura 2.9 muestra tres posibilidades que proporcionan un mismo avance de suelo. El avance real se ve reducido en los dos primeros casos.

La reducción es de un 10% para los valores de lanzamiento convencionales, y alrededor de un 3% en el caso de 15 grados de lanzamiento.

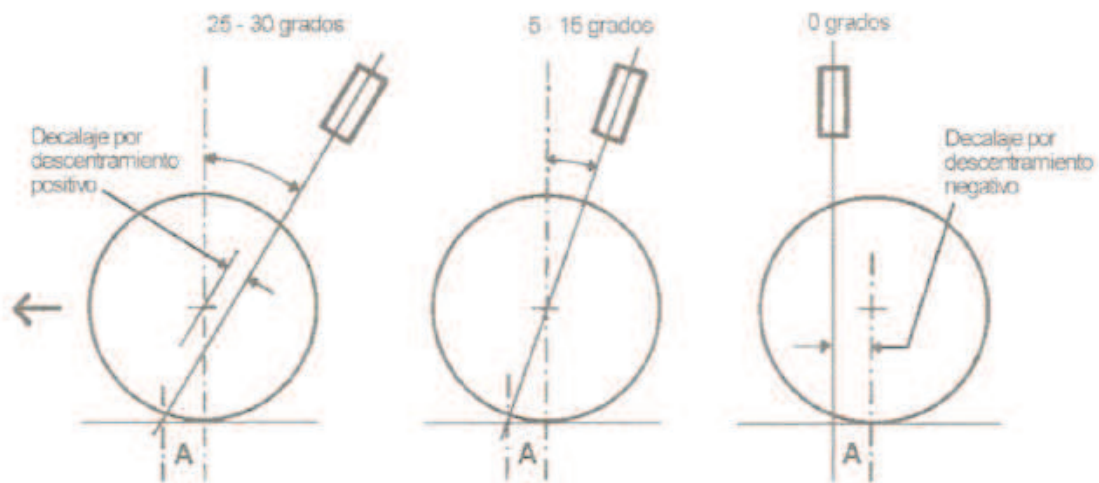


Figura 2.9 Tres posibles ángulos de lanzamiento que proporcionan el mismo avance de suelo.

Izquierda: convencional.

Centro: Angulo de lanzamiento cuando no existe decalaje (como en muchos tipos de trenes alternativos).

Derecha: Angulo de lanzamiento de cero grados (eje de dirección vertical) que proporciona un decalaje negativo.

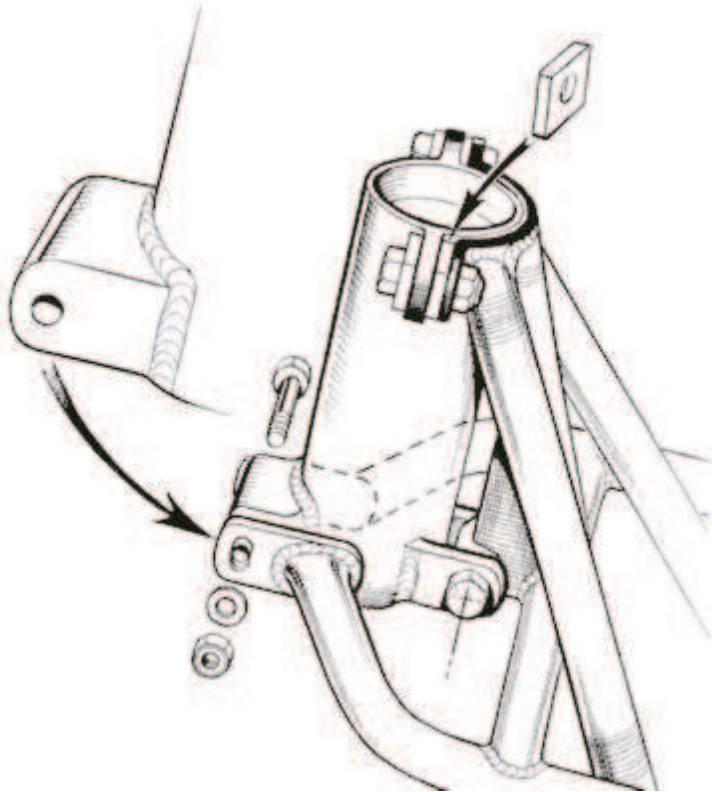


Figura 2.10 Yamaha utilizó este sistema de ajuste del ángulo de lanzamiento en algunas de sus motos de GP de los años 60.

Las motos de competición actuales suelen utilizar una pipa de dirección formada por un tubo de gran diámetro, en el interior del cual se montan los rodamientos de la dirección alojados en unos insertos excéntricos. El ángulo de lanzamiento se ajusta variando el descentramiento de los insertos excéntricos.

Al igual que ocurre con cualquier otro sistema que varié el lanzamiento en la pipa de dirección, tienen lugar varios efectos secundarios, y cambian otros parámetros como:

- Avance
- Distancia entre ejes
- Distribución de peso

### 1) Reducción del efecto provocado por el lanzamiento

Para un valor dado de avance en el suelo, el par autoalineante en la rueda delantera y la horquilla dependen de la longitud del brazo de palanca desde el centro de la huella de contacto hasta el eje de dirección, medido en ángulo recto con respecto a ese eje. En la figura 2.11 podemos ver claramente que este brazo de palanca se acorta conforme el lanzamiento aumenta. En la práctica, esto significa que necesitamos más avance en el suelo conforme el ángulo de lanzamiento se hace mayor. Con esta base podemos decir que el ángulo de lanzamiento tiene un efecto anti-avance.

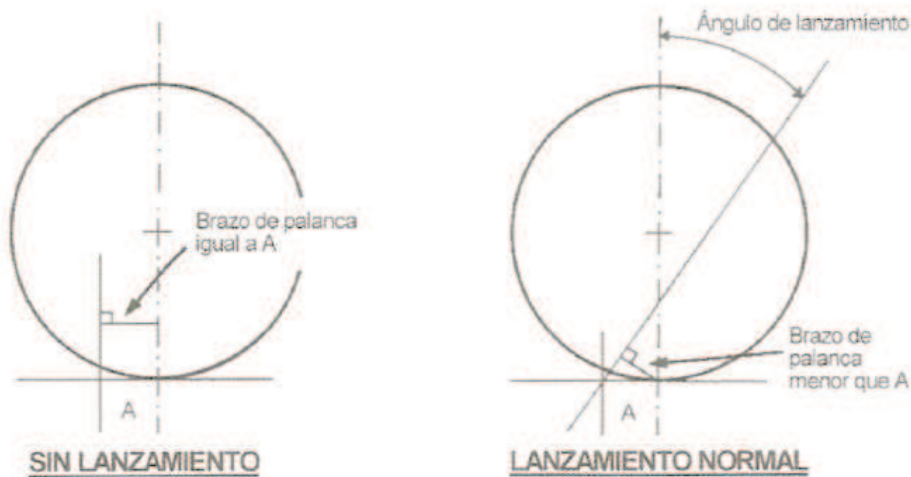


Figura 2.11 Un lanzamiento positivo reduce el par autoalineante para un valor determinado de avance.

Avance real = avance en el suelo multiplicado por el coseno del ángulo de lanzamiento.

Esta reducción en el avance real se acentúa aún más cuando aplicamos cierto ángulo a la dirección. La figura 2.12 muestra la reducción del avance en el suelo para distintos ángulos de lanzamiento y varios ángulos de giro de la dirección hasta un valor máximo de 80 grados.

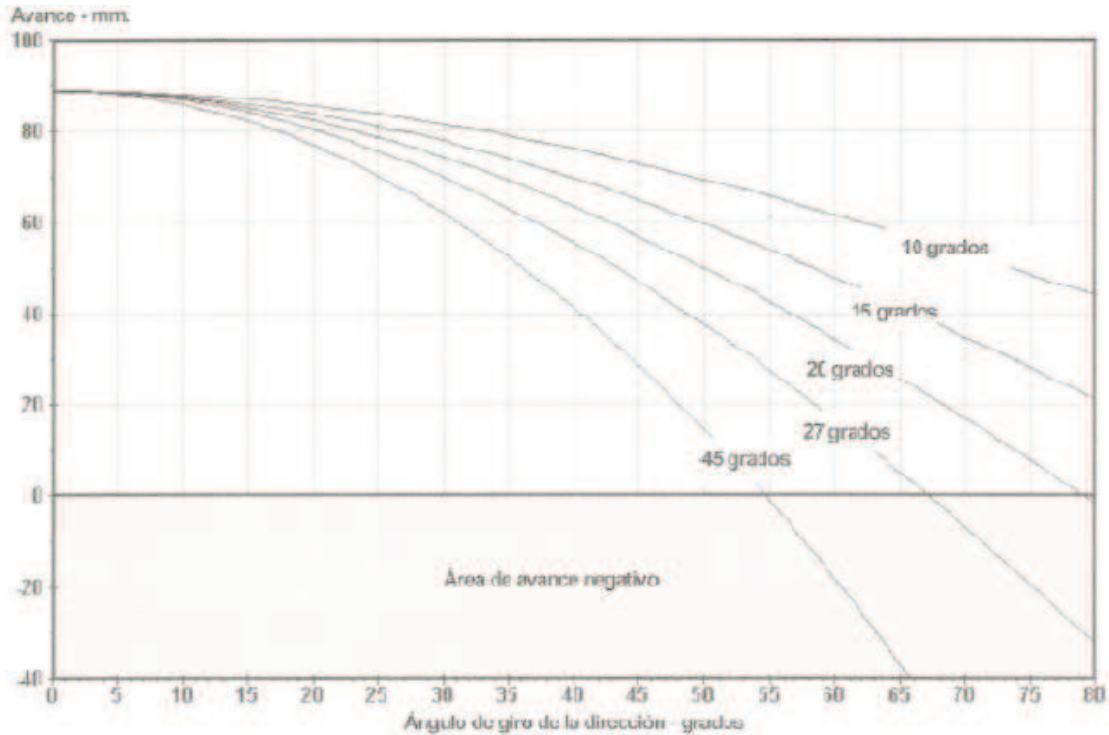


Figura 2.12 Reducción del avance en suelo para diferentes valores de lanzamiento según el ángulo de giro de la dirección.

Las motos de carretera raramente permiten girar la rueda más de 45 grados, pero esta gráfica muestra que con un ángulo de lanzamiento típico de 27 grados el avance en suelo se ve reducido de 89 mm a 46 mm con un giro de la dirección de 45 grados. La figura 2.13 muestra los mismos datos en el caso del avance en la rueda trasera. Podemos comparar la diferencia existente entre ambas gráficas con pequeños ángulos de giro. En estos ejemplos se ha utilizado una motocicleta con un neumático de 300 mm de radio y 89 mm de avance en el suelo.



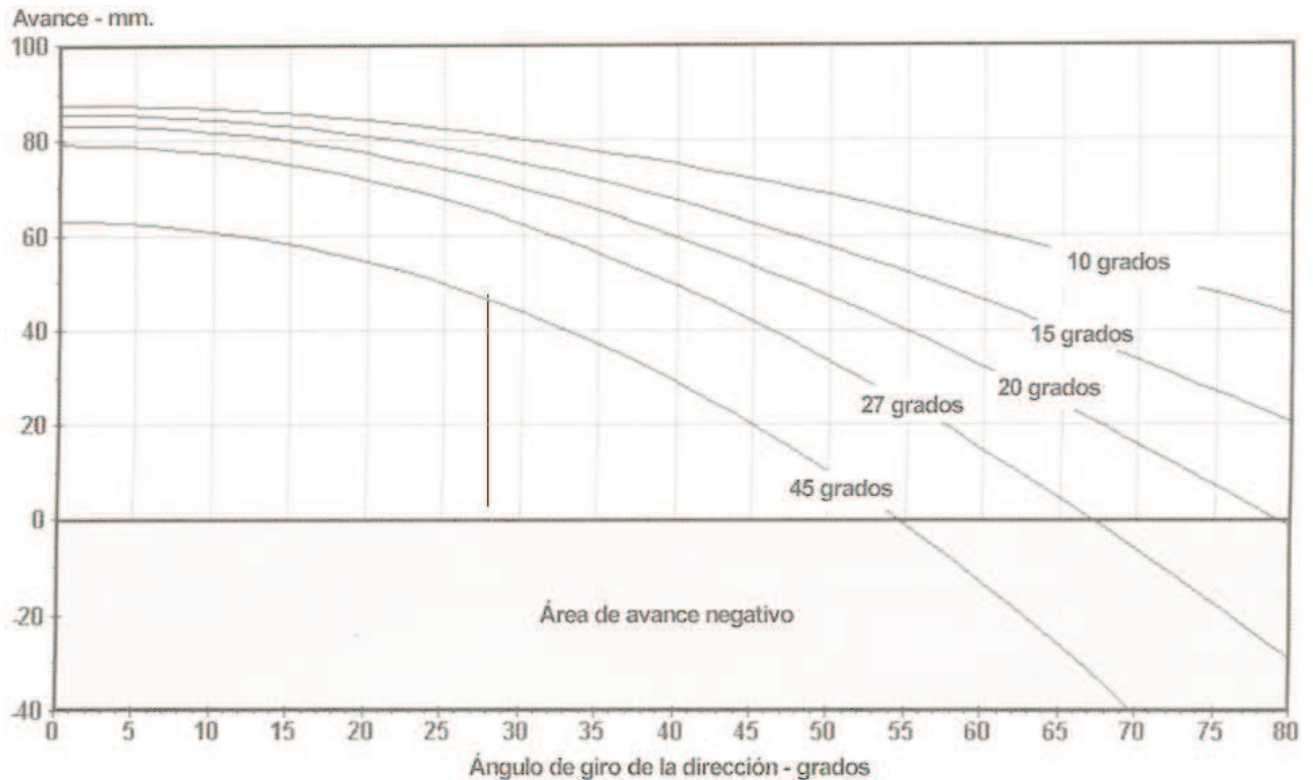


Figura 2.13 Gráficos equivalentes a los de la figura 2.12 excepto en que las curvas muestran los efectos en el avance trasero

## 2) Caída de la pipa de dirección

Con una motocicleta normal (esto es, con avance positivo) en posición vertical, la pipa de dirección bajará conforme giremos el manillar hacia un lado (con un avance negativo, lo cual no es normal, la pipa subiría). Cuanto mayor sea el ángulo de lanzamiento, mayor será la caída. Esto puede apreciarse mejor observando un ángulo de lanzamiento exagerado, como se muestra en la figura 2.14.



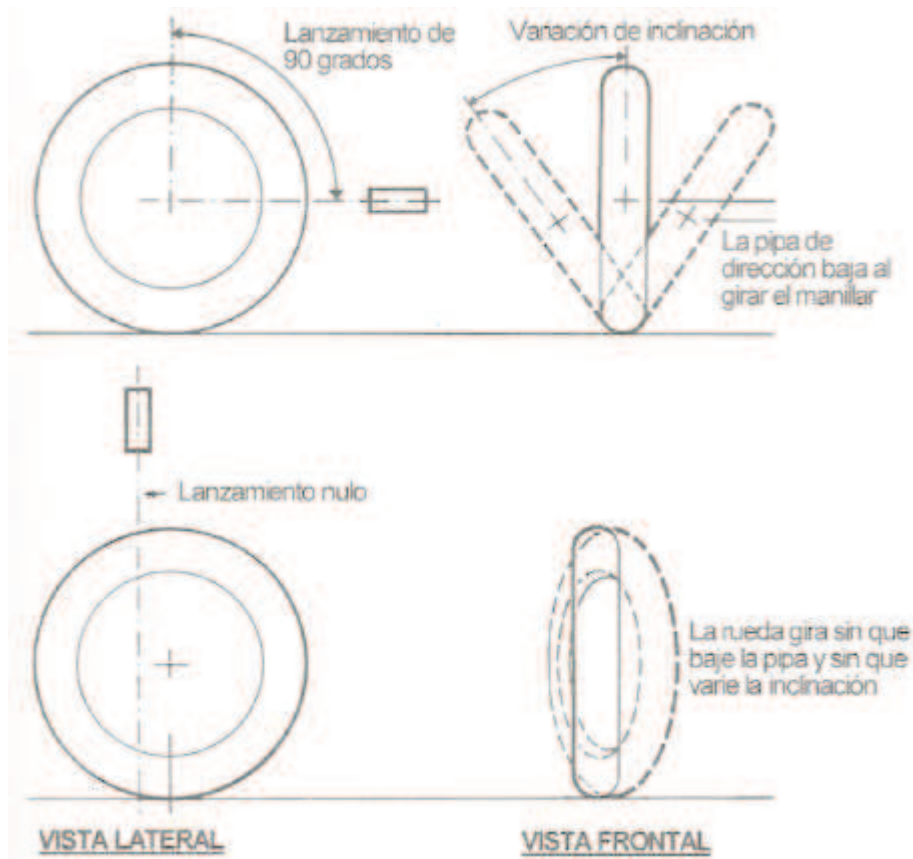


Figura 2.14 Con un ángulo de lanzamiento de  $90^\circ$  (arriba), si giramos el manillar podremos ver fácilmente la caída de la pipa y la variación del ángulo de comba de la rueda. Con cero grados de lanzamiento (abajo) estos efectos no tienen lugar.

Esta caída tiende a trabajar contra el efecto autoalineante del lanzamiento, porque para volver a girar el manillar hasta la posición de línea recta, se debe levantar el considerable peso que soporta la pipa de dirección.

Este efecto es perjudicial para el equilibrio (esta es otra razón para que las motos de trial tengan ángulos de lanzamiento pequeños) y para la estabilidad direccional mientras se viaja en línea recta, sin embargo, ayuda a girar la rueda cuando se inclina al tomar una

curva. De todos modos, es importante no sobrevalorar tales efectos. La figura 2.15 pone los valores reales en perspectiva.

La primera muestra la caída de la pipa. Con un lanzamiento de 27 grados y un ángulo de giro del manillar de 45 grados, la caída de la pipa es de sólo 8.5 mm. Con ángulos de giro del manillar menos extremos el efecto es mucho menor. Por ejemplo con un lanzamiento de 27 grados y 10 grados de giro del manillar, la caída es inferior a medio milímetro.

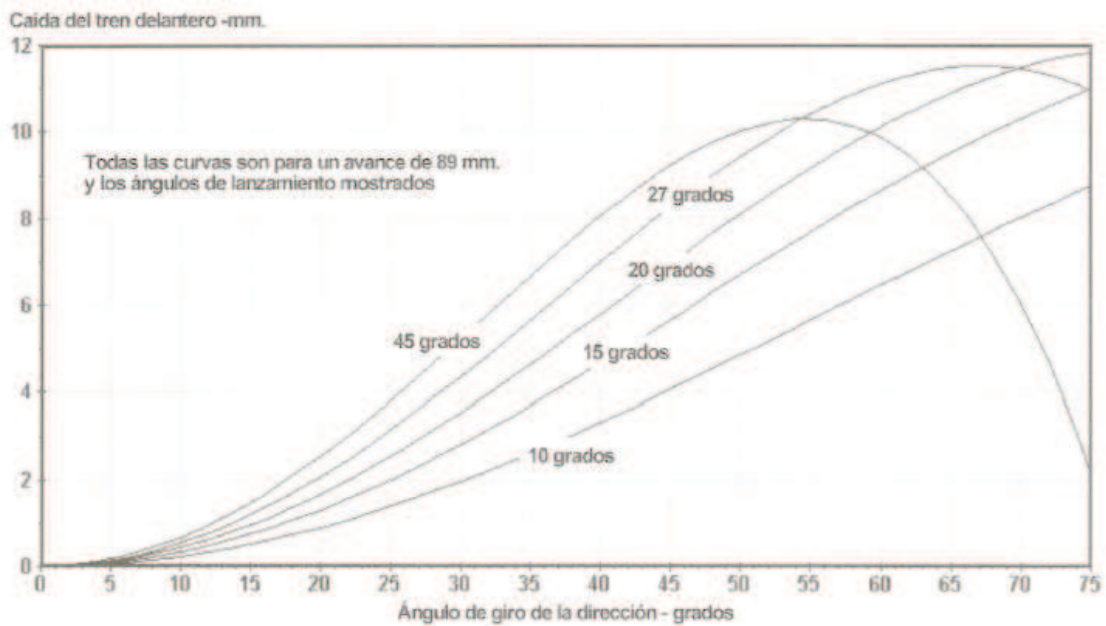


Figura 2.15 Caída de la pipa para una moto en posición vertical, para distintos ángulos de lanzamiento y varios ángulos de giro de la dirección.



### **3) Descentramiento del eje de la rueda**

La figura 2.9 muestra la diferencia en el descentramiento requerido para conseguir un cierto valor de avance, con distintos ángulos de lanzamiento. Un lanzamiento de cero grados necesita el mayor descentramiento. De todos modos, aunque un ángulo de lanzamiento normal tiende a reducir el valor del avance en el suelo, un lanzamiento de cero grados requeriría menos avance y por lo tanto menos descentramiento. En general, siendo el resto de valores igual, es una ventaja tener un descentramiento mínimo, ya que esto normalmente proporciona una menor inercia alrededor del eje de dirección. A este respecto, los sistemas con el eje de dirección en el buje de la rueda (hub-centre en inglés) parecen tener mucho a su favor.

Un comentario habitual suele ser que, debido a que el decalaje desplaza el centro de gravedad de la rueda y la horquilla por delante del eje de giro de la dirección, se produce un par que tiende a girar la rueda hacia el interior de la curva mientras la moto está inclinada. Esto es cierto sólo cuando la moto está parada. La figura 2.16 muestra lo que ocurre al tomar una curva, la fuerza centrífuga intenta girar la rueda hacia el exterior de la curva, pero la fuerza de gravedad a su vez intenta girar hacia el interior, de forma que equilibra casi totalmente este efecto. Con unos hipotéticos neumáticos con anchura cero y el piloto situado en el plano medio de la moto, estos dos efectos estarían perfectamente equilibrados. Así que el efecto resultante del decalaje influye muy poco en las características de autoalineamiento de la máquina, excepto cuando los neumáticos son muy anchos.

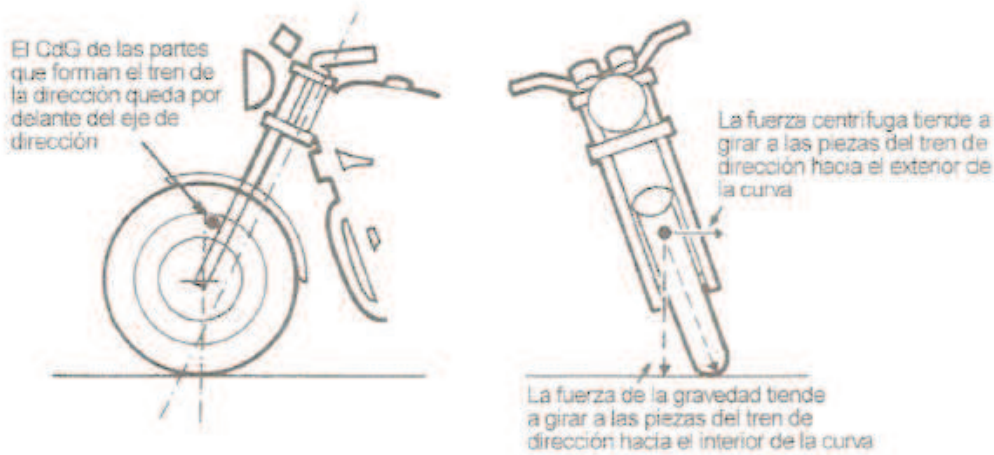


Figura 2.16 Si el centro de gravedad de las piezas que giran alrededor del eje de dirección está adelantado con respecto a este eje, se producen momentos de giro debidos a la fuerza centrífuga y a la fuerza de gravedad.

Estos momentos se contrarrestan el uno con el otro siempre que el centro de gravedad del piloto se encuentre en el plano medio de la motocicleta.

Existen varias soluciones para variar este parámetro pero suele ser engorroso y lleva su tiempo desmontar los elementos. Se diseñó un sistema con rodamientos oscilantes de rodillos los cuales nos permiten un descentramiento de 2 grados y soportar casi las mismas cargas que un rodamiento de rodillos cónicos que son los que se utilizan normalmente.

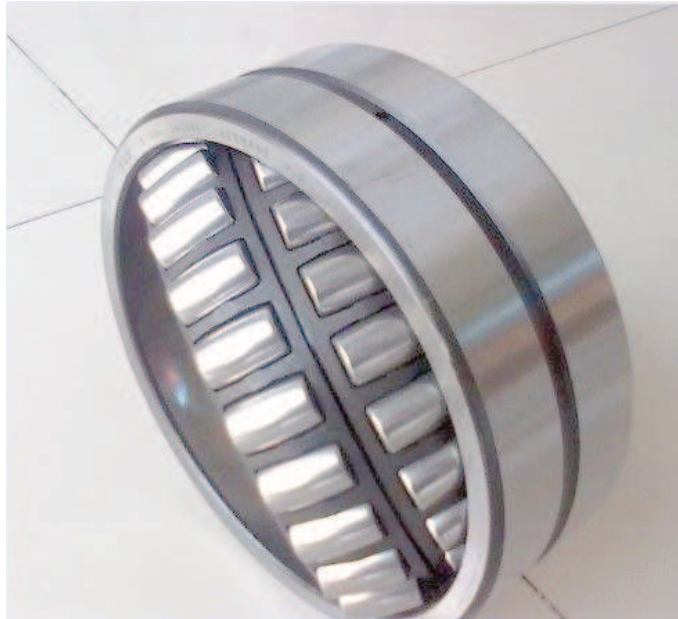


Figura 2.17 Rodamiento oscilante de rodillos

El sistema consiste en montar dichos rodamientos, y el superior van alojado en una pieza excéntrica, y cambiando dicha pieza conseguimos variar el lanzamiento en  $\pm 1.5$  grados, lo que da una regulación total de 3 grados.



Figura 2.18 Sistema MotoUPCT para variar el lanzamiento



## 2.4. CENTRO DE GRAVEDAD

Normalmente se dice transferencia de peso, pero realmente es una expresión incorrecta. El peso es la atracción gravitatoria de todas las partículas de la moto hacia el centro de la tierra, y por conveniencia normalmente consideramos que la suma de esas fuerzas actúa desde el centro de gravedad. Ni la aceleración ni la frenada pueden provocar que este peso se transfiera a ninguna parte. Por este motivo es preferible usar el término "transferencia de carga".

Cada vez que se aprieta la maneta de freno o se gira el acelerador se puede ver cómo la carga de un neumático se reduce mientras la del otro aumenta. La cantidad varía de una moto a otra, pero hay una cosa que se cumple en todas y que se puede olvidar, la carga vertical total que soportan ambos neumáticos es siempre la misma en condiciones estables. En otras palabras, si al frenar se transfieren 500 N a la rueda delantera entonces a la vez la trasera se está descargando 500 N, la suma de la carga en ambos neumáticos debe ser igual al peso total de la moto. Por ejemplo, si al acelerar la rueda delantera se levanta entonces el neumático trasero estará soportando todo el peso de la moto.

Excepto para las condiciones transitorias momentáneas, la carga vertical total que soportan los neumáticos será siempre igual al peso total de la moto y el piloto (más las fuerzas aerodinámicas).

Las motocicletas experimentan estos efectos a un nivel mucho mayor que otros tipos de vehículo debido a que su centro de gravedad está situado relativamente alto en comparación con su corta distancia entre ejes. En promedio esta relación es del 50%, lo cual es considerablemente mayor que en un automóvil normal. Un fórmula 1 tendría una relación mucho menor todavía. Las motocicletas de competición y las de carretera tienen valores parecidos debido a que son de proporciones similares.

La transferencia de carga en una moto tiene cuatro fuentes principales:

- Inercial, proviene de las fuerzas necesarias para acelerar y frenar la moto.
- Aerodinámica, la fuerza de resistencia aerodinámica tiende a levantar la parte delantera de la moto y a cargar la trasera.
- Posicional, cuando se baja una colina el tren delantero soporta más peso y viceversa.
- El momento de reacción que aparece al acelerar el cigüeñal, el embrague, etc. Esto solo tiene aplicación en motocicletas con motor transversal, un cigüeñal girando hacia delante transfiere cierta carga a la parte trasera y un cigüeñal girando hacia atrás reduce la carga en el tren trasero. Esto no tiene aplicación cuando el motor gira a una velocidad constante.

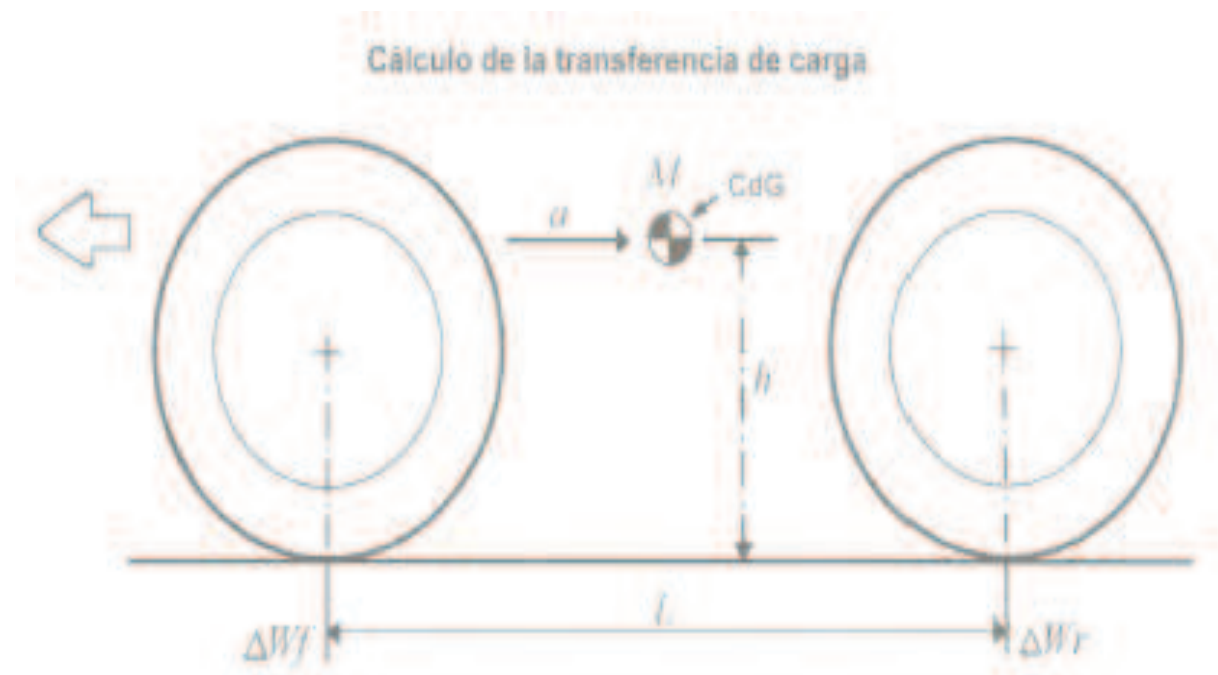


Figura 2.19





Donde:

L= distancia entre ejes

h= altura del centro de gravedad

M= masa de la moto

a= aceleración

$\Delta W_f$  = transferencia de carga delante

$\Delta W_r$  = transferencia de carga detrás

g= constante gravitatoria

Entonces:

Fuerza horizontal en el centro de gravedad =  $\frac{Ma}{g}$

Momento debido a esa fuerza =  $\frac{Mah}{g}$

Este momento debe ser contrarrestado por otro igual debido a la transferencia de carga que actúa sobre la distancia entre ejes L.

Por lo cual:

$$\Delta W_r L = -\Delta W_f L = \frac{Mah}{g}$$

Se puede ver que la transferencia de carga es proporcional a la masa de la moto, la altura del centro de gravedad y la aceleración, e inversamente proporcional a la distancia entre ejes.

Considerando los efectos que la aceleración produce en la transferencia de carga total, vemos que los únicos parámetros que importan son la distancia entre ejes, la altura del centro de gravedad, la aceleración existente y la masa de la moto y el piloto. La posición longitudinal del centro de gravedad no afecta a la transferencia de carga pero sí que afecta a la carga existente en cada rueda. Por ejemplo, cuando el centro de gravedad está retrasado, inicialmente ya existe menos carga en el tren delantero por lo que hará falta menos transferencia de carga para que la rueda delantera se levante.





**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 40 de 112

La figura 2.20, muestra cómo se puede construir una línea en una vista lateral de la moto con el piloto, esta línea determina un límite para la altura del CdG con la idea de evitar una rotación hacia atrás para cualquier valor de aceleración. Para evitar volcar hacia atrás con una aceleración de  $1\text{ g}$  ( $9.81\text{ m/seg}^2$ ), el CdG total no debe estar más alto que la línea dibujada a  $45^\circ$ , tal y como se muestra en la figura. Podemos ver que si adelantamos el CdG, también podemos elevarlo más. En la práctica muchas motocicletas modernas tienen distribuciones de peso cercanas al 50/50 con una altura del CdG cercana a la mitad de la distancia entre ejes, lo cual implica que están muy cerca del límite marcado por nuestra línea para  $1\text{ g}$ . No hay que extrañarse de que sea tan fácil hacer caballitos con muchas deportivas de hoy en día. En condiciones adecuadas los neumáticos permiten un coeficiente de rozamiento un poco mayor de  $1$ , y si se construye nuestra línea límite para una aceleración por ejemplo de  $1.2\text{ g}$ , tendríamos que dibujarla con un ángulo menor de  $40^\circ$ . Por supuesto esto asume que la moto en cuestión tiene suficiente potencia como para producir aceleraciones de este nivel.

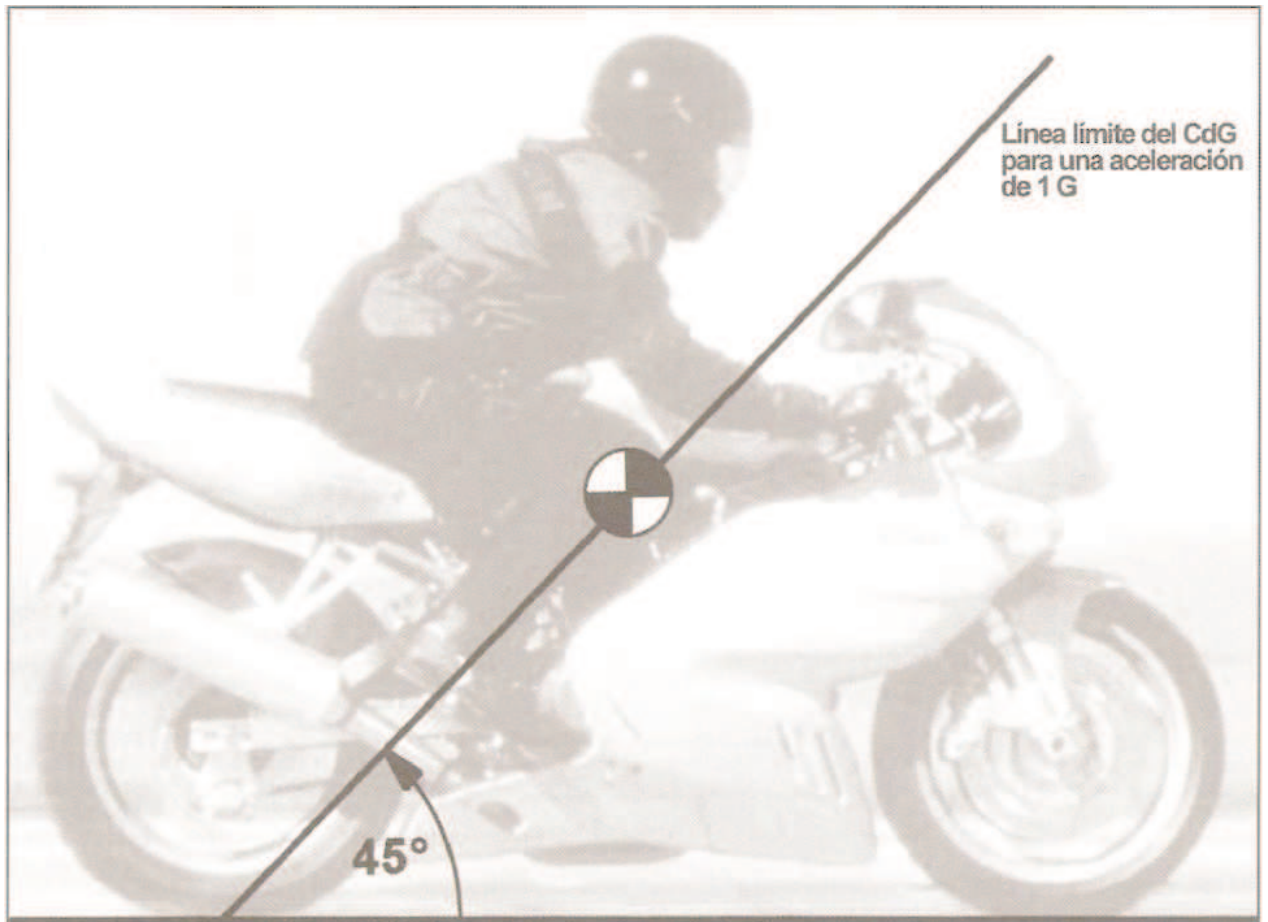


Figura 2.20 Para evitar dar la vuelta hacia atrás con una aceleración de 1g el CdG debe estar por delante y por debajo de una línea dibujada a 45°, que pase a través de la huella de contacto del neumático trasero tal y como se muestra en la figura. Una línea similar dibujada desde el neumático delantero hacia atrás a 45° define el límite de la altura del centro de gravedad para evitar volcar hacia adelante con una frenada de 1 g. Estas líneas deberían dibujarse con la geometría que la moto tiene bajo esas condiciones.

Antes de hablar del centro de gravedad se va a exponer dos conceptos que hacen que el centro de gravedad varíe, estos son el squat y el hundimiento.

Estos son términos que se refieren a cambios de cabeceo y altura de la parte suspendida de la moto. El hundimiento es un cabeceo hacia adelante que ocurre normalmente al



frenar, mientras que el squat se refiere a una rotación hacia atrás normalmente debida a la aceleración ya las fuerzas aerodinámicas.

Si no existe algún mecanismo para evitarlo, es obvio que la transferencia de carga bajo aceleración causará algo de squat, o sea que el parte de delante se levantará y la de atrás se hundirá. En la práctica la cantidad de compresión de la suspensión se ve total o parcialmente compensada por ciertas reacciones del basculante y otros aspectos de tipo geométrico. Dependiendo del diseño, las fuerzas de aceleración o frenada y sus reacciones internas pueden causar que la suspensión se extienda o se comprima.

## 2.5. SQUAT

El Squat es un cambio de cabeceo y de altura de la parte suspendida de la motocicleta. Es una rotación hacia atrás normalmente debida a la aceleración.

Se pueden analizar las características del squat de la transmisión por cadena usando métodos gráficos. La figura 2.21 muestra cómo la cadena tira hacia atrás de la mayor parte de la moto, pero la fuerza hacia delante en el basculante es mayor.

Como muestra el dibujo, con el basculante y la cadena apuntando hacia arriba, la componente vertical de la fuerza de la cadena es hacia abajo y actúa favoreciendo el pro-squat, la componente vertical de la fuerza del basculante es mayor y actúa hacia arriba produciéndose así un efecto global de anti-squat.

Cuando la suspensión se comprime más allá de la posición horizontal, el extremo delantero de la cadena y el basculante apuntan hacia abajo. Cuando esto ocurra el tiro de la cadena producirá un efecto anti-squat, mientras que la fuerza del basculante actuará produciendo un efecto opuesto de squat. Se puede determinar si el efecto global es pro-squat o anti-squat construyendo una línea de fuerza tal y como se muestra en la figura 2.22 para la transmisión por cadena.



---

**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 43 de 112

---

En el caso de transmisión por cadena se puede determinar un "Centro Instantáneo de Fuerzas" dibujando líneas a lo largo de la cadena y del basculante. El punto donde se crucen estas líneas puede considerarse como el punto a través del cual actúan las fuerzas combinadas del basculante y de la cadena, esta fuerza debe ser compensada por fuerzas iguales y opuestas en la huella de contacto del neumático.

La situación puede cambiar de forma radical a lo largo del recorrido de la suspensión. Conforme la suspensión trasera se comprime por cualquier motivo, generalmente el efecto anti-squat disminuirá y en algunos casos se transformará en pro-squat, y como ya explicamos antes, esto produce un efecto equivalente a una reducción de la dureza del muelle trasero.

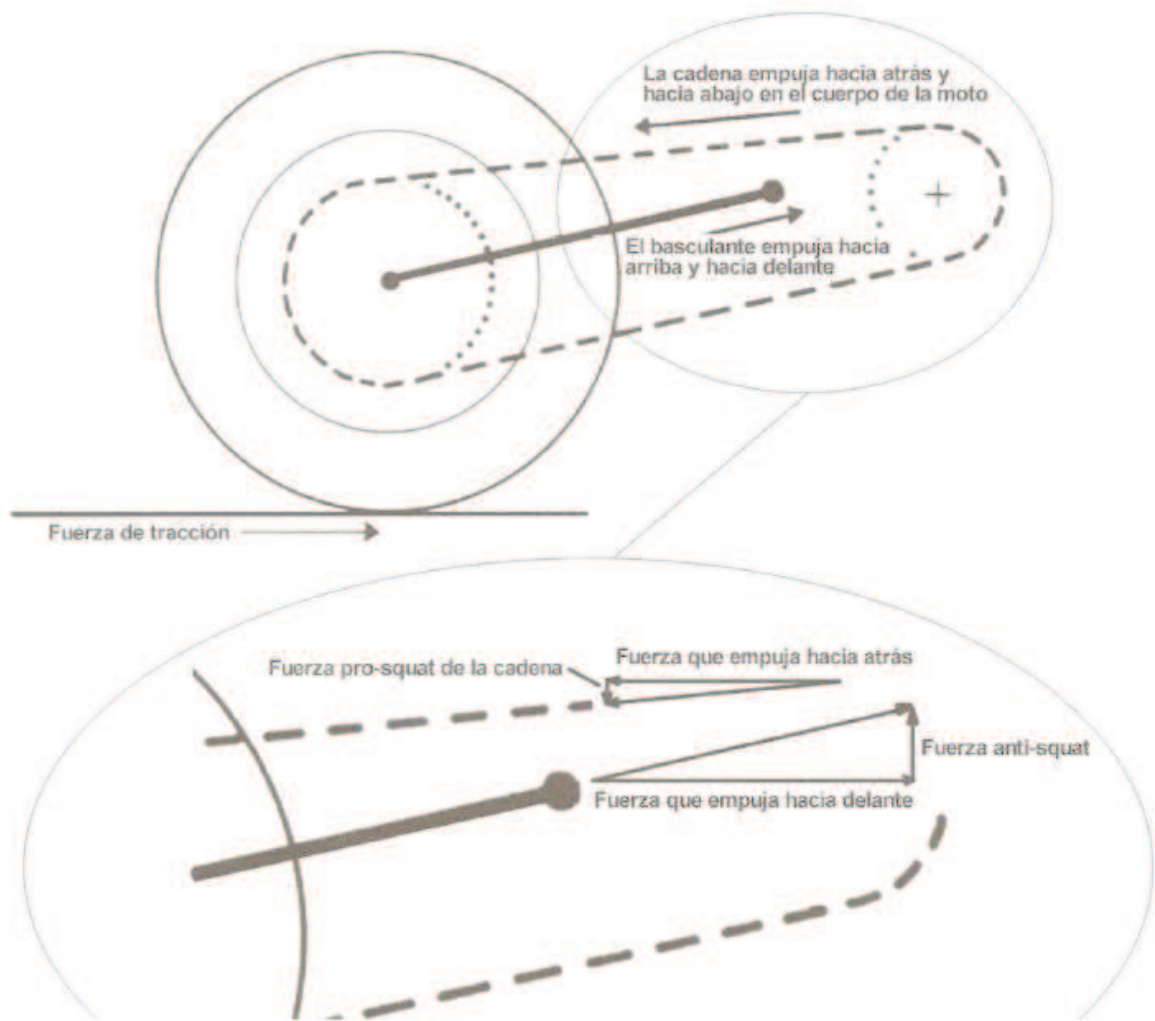


Figura 2.21 La cadena tira hacia atrás y hacia debajo de la mayor parte de la moto mientras que la fuerza del basculante trabaja en la dirección opuesta. La componente horizontal de la fuerza del basculante que empuja hacia delante debe ser mayor que la componente de la fuerza de la cadena que tira hacia atrás, la diferencia entre ambas es igual a la fuerza de tracción. Nótese como con esta disposición la fuerza de anti-squat del basculante es considerablemente mayor que la fuerza pro-squat generada por el tiro de la cadena, produciéndose finalmente un efecto global de anti-squat.

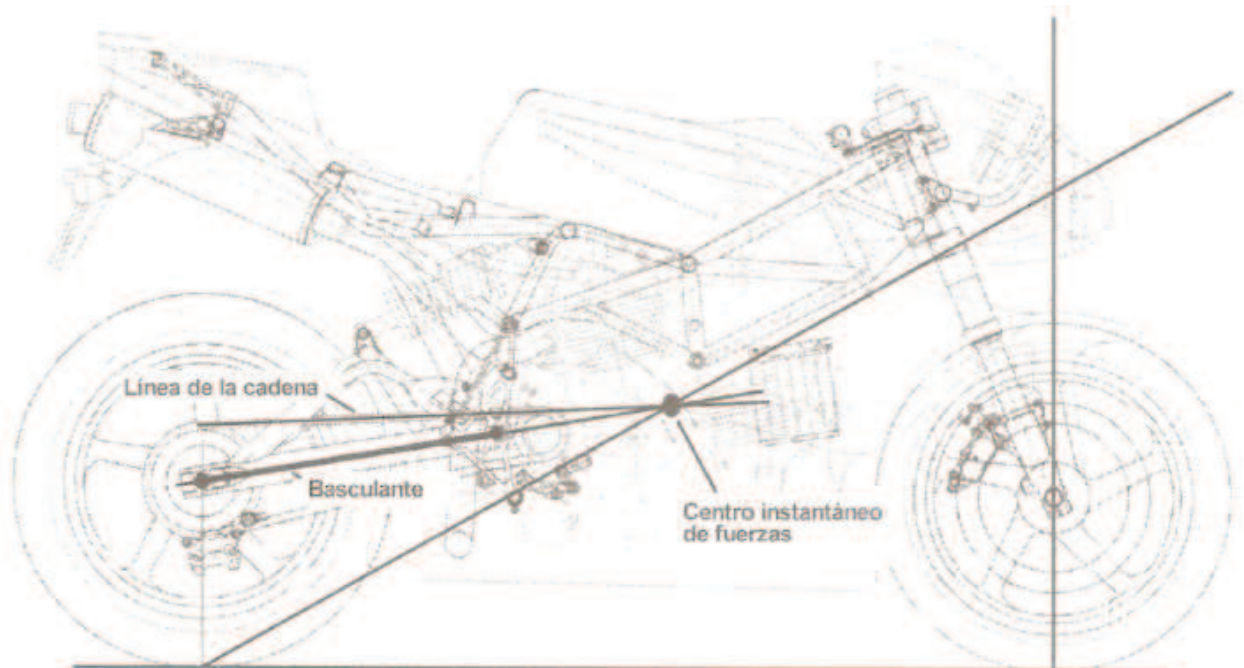


Figura 2.22 Esquema de líneas de fuerza, podemos dibujar una línea de fuerza que pase por la huella de contacto del neumático y el "Centro instantáneo de rotación" determinado por el cruce de las líneas del basculante y de la cadena. Realmente no podemos hablar de centros de rotación virtuales en este caso de transmisión por cadena y un único basculante, porque el movimiento de la rueda trasera, etc. está determinado únicamente por la posición del eje de rotación "real" del basculante.

La figura 2.23 muestra la posición de la línea de fuerza para distintos valores de anti-squat.

Una línea con una inclinación negativa muestra el caso en el que las reacciones de la cadena y del basculante se suman a la compresión de la suspensión en lugar de oponerse a ella (pro-squat).



La figura 2.24 muestra cómo varía el porcentaje de anti-squat con distintas posiciones relativas entre el basculante y la cadena. El ejemplo 'A' muestra cómo, cuando el basculante y la cadena divergen hacia delante, el centro de fuerzas se encuentra ubicado detrás de la rueda. Esto no tiene un significado especial ya que es la línea de fuerza que va desde este centro de fuerzas a la huella de contacto del neumático la que es realmente importante. De todos modos, cuando el centro de fuerzas está detrás de la rueda, si además está sobre el nivel del suelo, existirá pro-squat y anti-squat si el centro de fuerzas está por debajo del nivel del suelo. Es justo al contrario que cuando el centro de fuerzas se encuentra por delante de la rueda trasera.

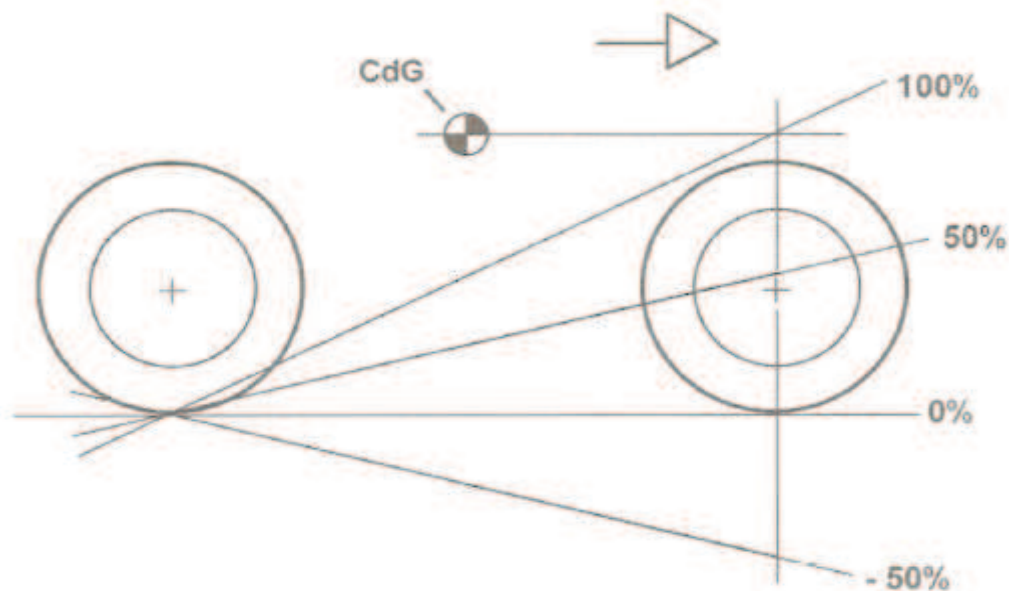


Figura 2.23 Se muestran cuatro líneas de fuerza distintas con sus correspondientes porcentajes de anti-squat.

El 100% tiene lugar cuando la línea de fuerza pasa sobre el eje delantero a la altura del CdG.

Esto separa de forma efectiva las fuerzas de tracción de la respuesta de la suspensión.

Un 0% indica que no existe anti-squat. Este caso tiene lugar cuando la línea de fuerza es horizontal.

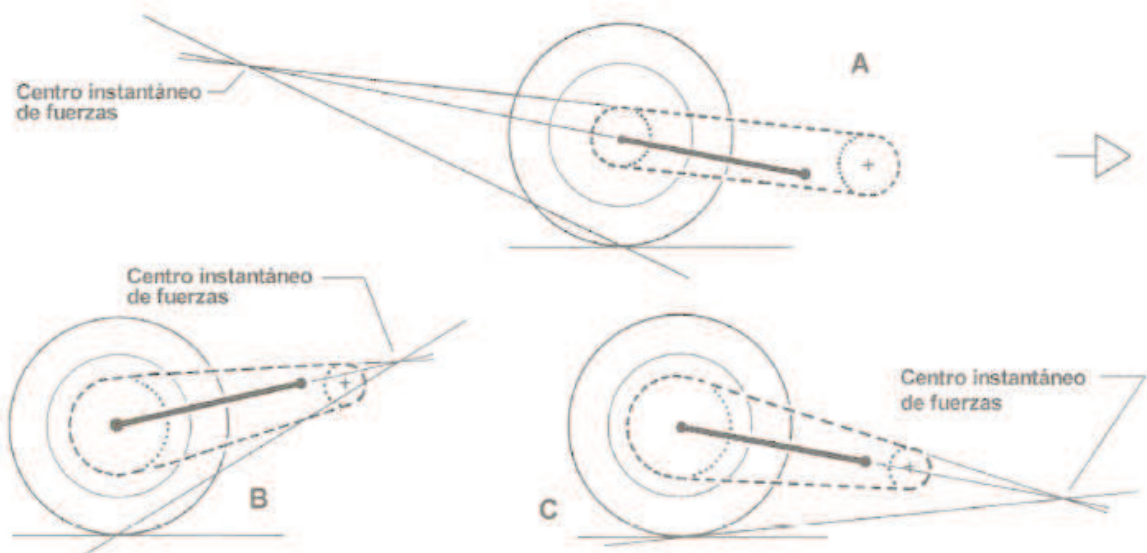


Figura 2.24 El dibujo 'A' está hecho de forma exagerada para mostrar la posibilidad real de que el centro instantáneo de fuerzas puede estar detrás de la rueda y no siempre delante, en este caso el efecto anti-squat es negativo, o pro-squat. Los casos 'B' y 'C' muestran los diferentes grados de anti-squat que se pueden dar en una misma máquina a lo largo del recorrido de la suspensión. 'B' muestra la suspensión cuando está extendida y la inclinación de la línea de fuerza indica un elevado grado de anti-squat. 'C' por el contrario muestra la suspensión comprimida y obviamente existe una gran reducción del grado de anti-squat.

Los casos 'B' y 'C' representan la misma máquina con la suspensión trasera en los dos extremos del recorrido. El caso 'B' muestra un elevado grado de anti-squat con la suspensión extendida. Si la suspensión se comprime por cualquier razón (baches, fuerzas generadas en curva o una mayor carga) el anti-squat se reduce tal y como se muestra en 'C'. Así, al acelerar tendríamos la sensación de que la suspensión es más blanda.





Se va a examinar esto con más detalle. Cuando se acelera en una carretera sin baches, la suspensión se comprime o se estira dependiendo del grado de anti-squat. Ahora, si se pasa por encima de un bache un poco grande la rueda subirá, hemos visto que esto también reducirá el anti-squat, y por lo tanto la suspensión se comprimirá aún más y el squat aumentará. Así, si se está acelerando, un bache puede producir un movimiento mayor de la rueda hacia arriba que si se pasa a la misma velocidad sin acelerar. Esto significa que la dureza efectiva de la suspensión trasera se reduce conforme se aplica la potencia. Cuanto mayor sea la potencia aplicada, menor será la dureza efectiva de la suspensión. Tal y como se menciona anteriormente, este aspecto no es para nada deseable en un momento en el que se está transfiriendo una carga mayor a la rueda trasera.

Al comparar los casos 'B' y 'C' se tiene que tener en cuenta el hecho de que en 'C' el CdG está verticalmente más cerca de la huella de contacto del neumático (el origen de la fuerza de tracción) y por lo tanto el momento de squat debido a la transferencia de carga se ve también reducido en ese caso.

Así pues, el porcentaje de anti-squat no se reduce por un margen tan grande como una mirada rápida a la figura 2.24 podría indicar. De todas formas la reducción sigue siendo considerable tal y como se muestra en la figura 2.25. Este diagrama muestra 'B' y 'C' superpuestos para poder determinar los porcentajes de anti-squat. Está claro que la base para determinar el valor del 100% es diferente para las dos posiciones de la suspensión, debido a las distintas alturas del CdG con respecto a la rueda trasera.

El recorrido de la rueda trasera que aparece en los dibujos es probablemente excesivo para motocicletas de carretera o de competición y por lo tanto el cambio estimado en el anti-squat es exagerado, sin embargo para una moto de campo este efecto está reducido ya que el recorrido de la suspensión sería todavía mayor. Para el caso que se ha dibujado se puede ver que con la suspensión extendida tenemos un valor de anti-squat del 133%. Cualquier valor por encima del 100% significa que las fuerzas resultantes y los momentos tienden a extender la suspensión todavía más, esto implica que la suspensión tendería a

hacer tope en extensión. El caso 'C' con la suspensión comprimida muestra un anti-squat del 30%, lo que significa que el 70% de la carga extra que soporta la rueda trasera debido a la transferencia de carga estará actuando para comprimir más la suspensión. Esto representa una carga extra suficientemente importante cuando nos movemos en línea recta, pero cuando se toma una curva rápida ya se tiene la suspensión cargada un 40 o 50% más que cuando la moto va en línea recta.

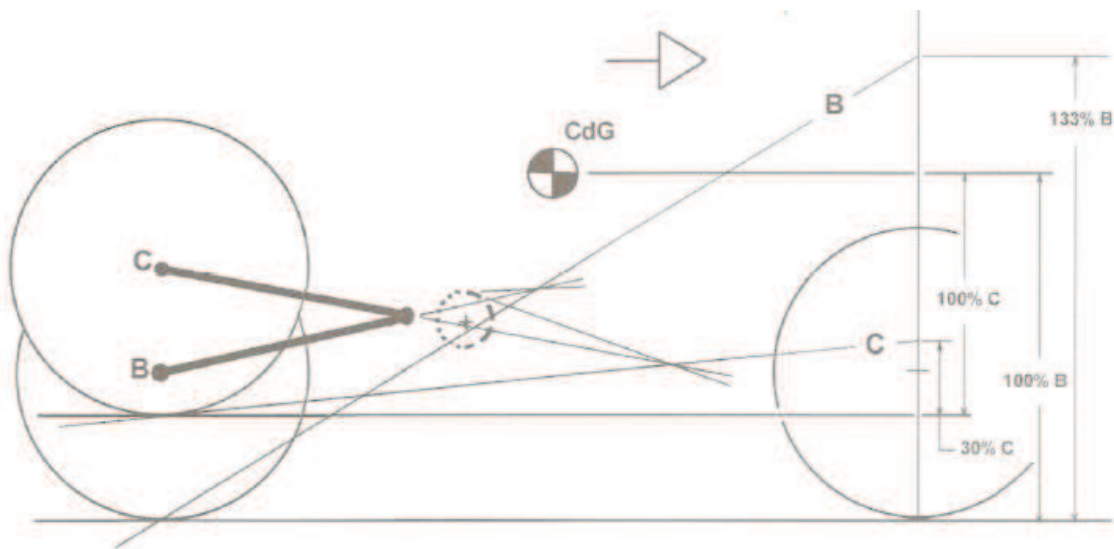


Figura 2.25 Los casos 'B' y 'C' están sobrepuestos para determinar el porcentaje de anti-squat de cada uno. El detalle de las líneas de las cadenas no se muestra para tener una mayor claridad. Podemos apreciar cómo la base para determinar el valor del 100% es diferente para las dos posiciones de la suspensión.

De los dibujos se deduce que existe un 30% de anti-squat cuando la suspensión está comprimida y un 133% cuando está extendida. Aunque no está dibujado para simplificar, el anti-squat en la posición intermedia es igual al 100%.

Esto representa un rango de valores de anti-squat que va desde extensión a máxima compresión. 'B' y 'C' son por supuesto los casos extremos y la suspensión normalmente



se encontrará en algún punto entre esos límites, por lo que la aplicación de la potencia generalmente tendrá un efecto menor que el indicado. Aunque no está dibujado en la figura 2.25 para tener una mayor claridad, el antisquat cuando la suspensión está en una posición intermedia es igual al 100%.

Sin embargo, podemos ver qué importante es la interacción entre las fuerzas de tracción y las características de la suspensión. Las explicaciones anteriores se han concentrado en situaciones en las que la moto está acelerando, cuando cerramos el acelerador o reducimos marchas, ocurren situaciones opuestas. Esto es, la moto tiende a levantarse debido a la transferencia de carga y por lo tanto necesitamos equilibrar las fuerzas para producir un efecto de anti-levantamiento.

Estas fuerzas son menores pero todavía amplían más el rango de variación de posiciones de la motocicleta. Al decelerar con el motor, la parte inferior de la cadena se encuentra bajo tensión y por lo tanto los centros instantáneos de fuerzas deben determinarse usando ese lado de la cadena, de forma que en general el porcentaje de anti-levantamiento no será igual al porcentaje de anti-squat para la misma posición de la suspensión.

En el pasado, este fue un aspecto de diseño que fue ignorado durante mucho tiempo y ciertamente su importancia era menor cuando los niveles de potencia eran más bajos. Sin embargo, los niveles de potencia de hoy en día y/o los grandes recorridos de suspensión han demandado más atención hacia este aspecto que es de gran importancia en la preparación de motos de competición. De hecho actualmente algunos chasis de carreras se construyen con la posibilidad de ajustar la altura del eje del basculante, de forma que se pueden variar las características de anti-squat para adaptarse mejor a los distintos circuitos y estilos de conducción de los pilotos.

El tamaño del piñón también tiene un efecto en el comportamiento del anti-squat, tal y como podemos ver en la figura 2.26

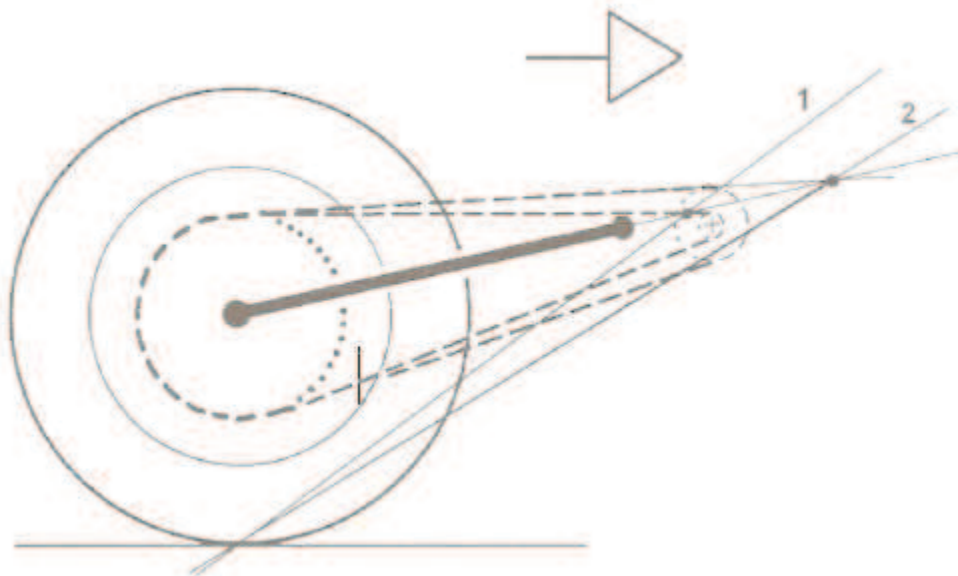


Figura 2.26 Se muestra la influencia del tamaño del piñón en el anti-squat. La línea 1 es la línea de fuerza con un piñón pequeño y proporciona claramente un mayor anti-squat que un piñón más grande representado por la línea 2. Una corona trasera mayor produce un efecto similar (no exactamente igual) que un piñón delantero pequeño.

## 2.6. HUNDIMIENTO

Existen dos fuentes de hundimiento asociadas con la horquilla telescópica, una es el efecto obvio de la transferencia de carga, que depende de la altura del CdG y de la distancia entre ejes, y el otro es un efecto menos obvio debido al lanzamiento de la horquilla. Este lanzamiento hace que la fuerza de frenada en el neumático delantero pueda descomponerse en dos componentes, una en línea con la horquilla que tiende a comprimir los muelles (esta fuerza es aproximadamente el 42% de la fuerza de frenada con un lanzamiento de 25 grados), y otra componente que forma un ángulo recto con la horquilla y trata de doblarla (es un 91% de la fuerza de frenada). En una motocicleta deportiva típica el incremento de fuerza en los muelles debido a la transferencia de



**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 52 de 112

carga está alrededor del 45% de la fuerza de frenada. En la figura 2.27 se muestran los cálculos para una moto con una distribución de pesos del 50/50 y una altura del centro de gravedad de la mitad de la distancia entre ejes. Podemos ver que la tendencia a hundirse se ve prácticamente multiplicada por dos debido al efecto adicional de la inclinación de la horquilla, si la comparamos con el hundimiento que se produciría si solo tuviera lugar la transferencia de carga. La carga de la suspensión casi se triplica en una frenada fuerte.

Al frenar aparecen dos tipos de fuerzas extra que tienden a comprimir la suspensión. El primer tipo es debido a la transferencia de carga ( $F_t$ ). Podemos calcular una componente ( $F_{s1}$ ) que está alineada con la suspensión:

$$F_{s1} = F_t \cos\theta$$

El segundo tipo se debe a la fuerza de frenado ( $F_b$ ), en este caso la componente que se alinea con la suspensión ( $F_{s2}$ ) es:

$$F_{s2} = F_b \sin\theta$$

La fuerza extra total que actúa sobre la suspensión es:

$$F_s = F_{s1} + F_{s2} = F_t \cos\theta + F_b \sin\theta$$

Para una moto deportiva  $F_t$  será aproximadamente la mitad de  $F_b$  y por lo tanto si el ángulo de lanzamiento  $\theta = 22$  grados, esta fuerza extra será:

$$F_s = F_b (0.5 * 0.927 + 0.375) = 0.838 F_b$$

La carga estática de la suspensión =  $0.5 W_t \cos \theta = 0.463 W_t$

Para una frenada de  $1g$ ,

$$F_b = W_t$$

La carga total de la suspensión será:

$$0.838 + 0.463 = 1.301$$

Por lo tanto la relación entre carga al frenar y la carga estática es:

$$1.301/0.463=2.81$$

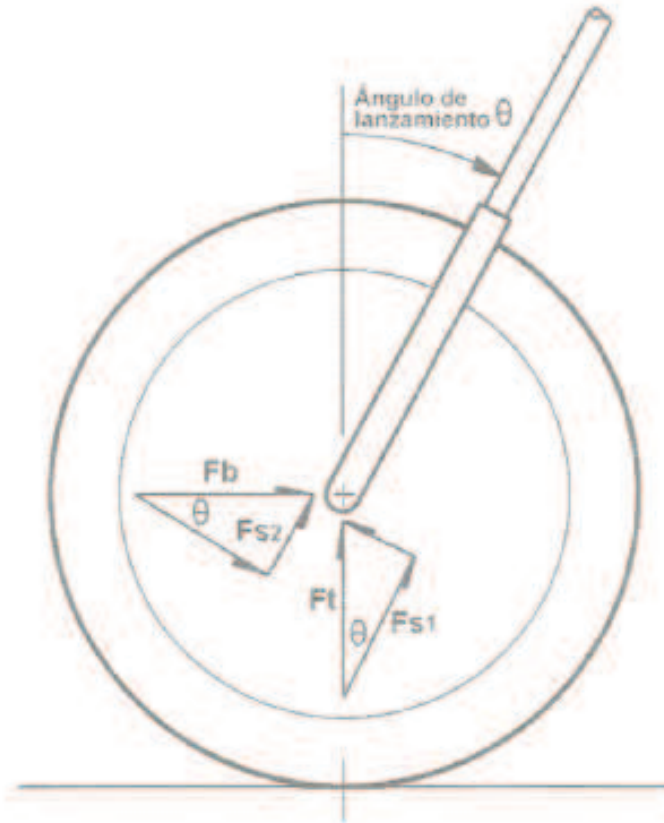


Figura 2.27 Así que no es de extrañar que las horquillas telescópicas se hundan tanto. En ausencia de algún sistema de anti-hundimiento, existen dos formas de reducir este efecto, utilizar muelles de horquilla más duros para limitar el movimiento, o muelles más blandos que permitan un movimiento mayor. Estos parámetros deberían seleccionarse teniendo en cuenta aspectos como el agarre a la carretera, la manejabilidad o el confort.



Las desventajas de una suspensión dura son evidentes, y el gran movimiento de la horquilla asociado a los muelles blandos, da lugar al hundimiento de la parte delantera y a variaciones en la geometría de la dirección, que empeoran el confort y la estabilidad.

Sería interesante ver si podemos encontrar unos valores del ángulo de lanzamiento que nos proporcionen las mejores y las peores características del hundimiento del tren delantero. Utilizando la relación hallada en la figura 2.27 podemos dibujar una gráfica que tenga en un eje la fuerza adicional de la suspensión debida a la frenada, y en el otro distintos ángulos de lanzamiento. La figura 2.28 muestra la fuerza de la suspensión en relación con la fuerza de frenada para una moto con el centro de gravedad situado a una altura que es la mitad de la distancia entre ejes.

De todas formas, el hundimiento máximo no se produce con el ángulo de lanzamiento que produce la máxima compresión de la suspensión. Imaginemos el caso extremo de un lanzamiento de 90 grados. La fuerza de frenada horizontal actuaría totalmente alineada con la horquilla y causaría cierta compresión, pero no existiría hundimiento, lo único que variaría sería la distancia entre ejes. La fuerza vertical extra debida a la transferencia de carga no tendría efecto sobre la suspensión, excepto por aplicar una carga que tendería a flexar las barras de la horquilla.

El hundimiento está relacionado con la compresión de la horquilla mediante el coseno del ángulo de lanzamiento, teniendo esto en cuenta, podemos calcular que si mantenemos constante la dureza de los muelles de la horquilla, el hundimiento máximo tendrá lugar con un ángulo aproximado de 32 grados.

De todas formas, para mantener fija la constante del muelle en sentido vertical, la dureza del muelle debe reducirse conforme aumenta el ángulo de lanzamiento (por el inverso del coseno del ángulo de lanzamiento al cuadrado). El gráfico muestra cómo con una constante efectiva del muelle en sentido vertical que se mantiene invariable, la cantidad de hundimiento aumenta conforme el ángulo de lanzamiento se hace mayor. Este es el caso más válido para comparar y muestra que el problema del hundimiento se hace peor conforme crece el ángulo de lanzamiento.



Estos gráficos están normalizados de forma que el valor del desplazamiento para un ángulo de lanzamiento de cero grados es igual a 1.0. Se asume que los muelles de la horquilla están definidos por una única constante de muelle K y se ignora la reducción del ángulo de lanzamiento que se produce al hundirse la horquilla, debido a que esto depende de las constantes de muelle que se usen en la realidad.

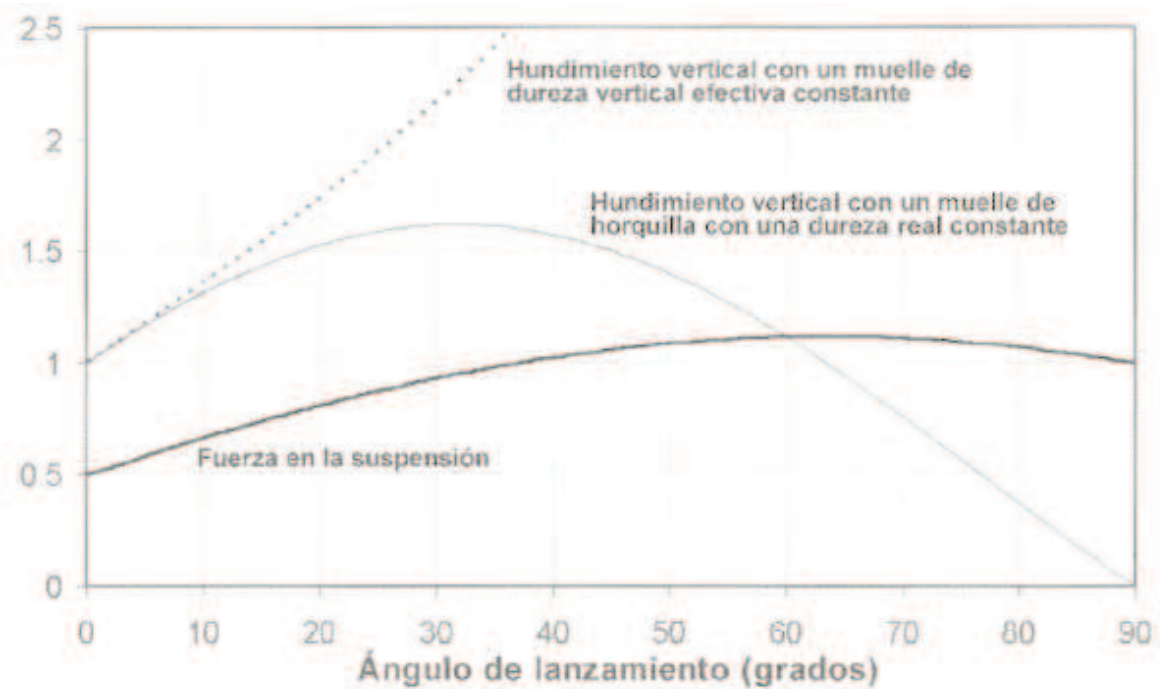


Figura 2.28 Se muestra la relación que existe entre la fuerza adicional en la suspensión, debida a la frenada, y diversos ángulos de lanzamiento. Las otras dos curvas muestran que el movimiento real de hundimiento depende de cómo consideremos la constante del muelle. El caso de una dureza vertical efectiva constante es el más válido para comparar, y podemos ver que el hundimiento continúa aumentando con el ángulo de lanzamiento.





**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 56 de 112

Los principales efectos secundarios del hundimiento son una reducción en el recorrido disponible de la suspensión, una reducción del lanzamiento y el avance y un movimiento hacia abajo del CdG.

Esta compresión de la suspensión implica que existe menos recorrido disponible para absorber cualquier irregularidad al frenar, por supuesto esto sólo puede ser una desventaja.

Reducir el lanzamiento y el avance puede reducir la estabilidad, pero en las manos adecuadas esto puede convertirse en una ventaja en las carreras. Muchos pilotos continúan la fase de frenada hasta que están bien dentro de la curva para conseguir así tener la rueda delantera cargada en este momento crítico, de esta forma facilitan la entrada en la curva. La reducción del avance puede ser útil porque aligera un poco la dirección de forma que se puede contrarrestar el efecto del aumento de carga.

Existe cierta escuela de pensamiento que opina que el hundimiento es deseable porque reduce la altura del CdG y con ello la transferencia de carga, permitiendo de esta forma al freno trasero tener mayor importancia en el proceso de frenada, esto también permitiría al freno delantero frenar más, antes de que la rueda trasera se levantara del suelo.

Probablemente al final el criterio más importante es la preferencia del piloto. Muchos pilotos se han curtido con motos que se hunden, y esto hace que se sientan más cómodos cuando la moto reacciona así al frenar, y acertada o equivocadamente sienten que este parámetro es necesario para tener un buen indicador del nivel de frenada. Existen otros pilotos que sienten que ya que el grado de hundimiento varía de una moto a otra, dependiendo de la dureza del muelle delantero y de diversos parámetros geométricos.



## 2.7. ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD

En el apartado anterior sobre squat y hundimiento se vio la transferencia de carga que tenía lugar al frenar y su relación con la altura del CdG y la distancia entre ejes. Cuanto más alto esté el CdG mayor será la transferencia de carga, llegando al extremo que en las motos deportivas y de carreras que levantan fácilmente la rueda trasera cuando frenan fuerte a velocidades bajas. Dependiendo de la adherencia de los neumáticos esto ocurrirá normalmente cuando la altura del CdG sea mayor que un 45 - 55% de la distancia entre ejes. Bajo estas condiciones la rueda trasera es incapaz de ayudar en la frenada, de forma que la rueda delantera es la que debe hacer todo el trabajo. Sin embargo, si el CdG estuviera más bajo todavía tendríamos cierta carga en la rueda trasera al frenar a tope, que se podría utilizar para liberar a la rueda delantera de parte de su trabajo. La figura 2.29 muestra cómo las máximas fuerzas de frenada varían entre los neumáticos delantero y trasero dependiendo de la relación entre la altura del CdG y la distancia entre ejes, entre cero (CdG a la altura del suelo) y hasta un 60% de la distancia entre ejes. La moto del ejemplo tiene un reparto de pesos de 50/50 y bajo carga estática se asume que tiene un coeficiente de rozamiento de 1.0 en ambos neumáticos.

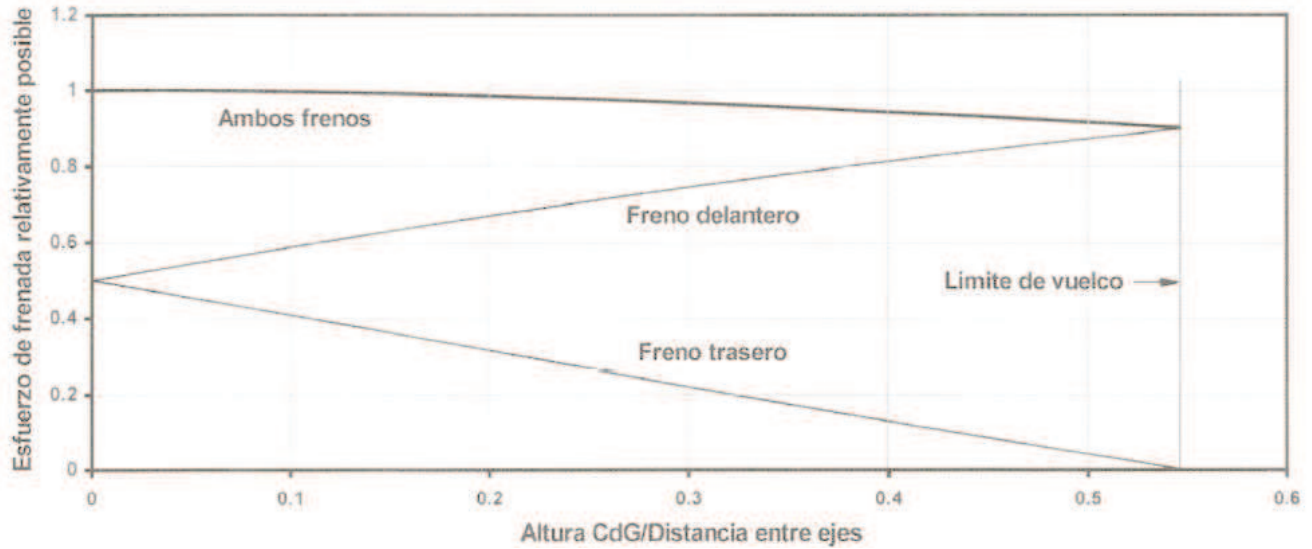


Figura 2.29 Máxima frenada posible para varias relaciones de altura de CdG y distancia entre ejes. Con relaciones elevadas existe una menor carga sobre la rueda trasera, lo que significa que la delantera deberá proporcionar la mayor parte de la fuerza de frenada. Si no existe carga vertical sobre el neumático trasero la moto volcará hacia delante si se somete a un aumento de la frenada. Este caso ocurre a velocidades suficientemente bajas para que la resistencia aerodinámica sea mínima.

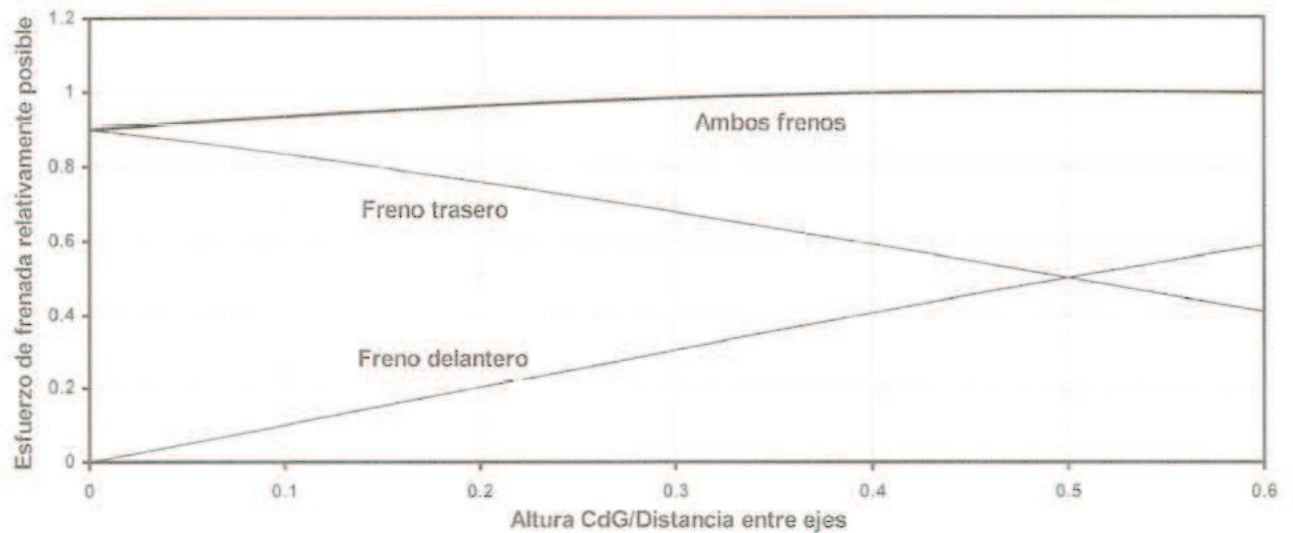


Figura 2.30 A velocidades muy elevadas las fuerzas aerodinámicas pueden descargar la rueda delantera y cargar la trasera, cambiando completamente el equilibrio de necesario de frenada, comparado con el caso de baja velocidad. La mejor frenada posible tiene lugar cuando la relación entre la altura del CdG y la distancia entre ejes tiene un valor de 0.5 o dicho de otra forma, es del

50%.



Generalmente el coeficiente de rozamiento entre la carretera y el neumático desciende conforme aumenta la carga vertical esto se puede apreciar en la gráfica anterior, ya que conforme el CdG se eleva la transferencia de carga aumenta, y la fuerza total de frenada se reduce un poco. La mejor frenada técnicamente posible tendría lugar con un CdG muy bajo que minimizara la transferencia de carga. Entonces la frenada se repartiría entre ambas ruedas, aunque a muchos pilotos les resulta difícil coordinar la aplicación de los dos frenos de forma que ambos trabajen de forma óptima. En la práctica la altura del CdG suele ser la mitad de la distancia entre ejes y por lo tanto en frenadas fuertes en seco, la mayoría de la frenada se hace con la rueda delantera, así que no se tiene mucho que perder si no se utiliza el freno trasero. En carreteras húmedas o en aquellas que tengan poca adherencia por cualquier motivo, la máxima capacidad de frenada se reduce de forma natural y por lo tanto también se reduce la transferencia de carga, de forma que en estas circunstancias el freno trasero sí que cumple una función importante si se quiere conseguir la mejor frenada posible.

La figura 2.30 muestra este efecto para la misma máquina de los ejemplos anteriores, excepto que aquí se asume que viaja a una velocidad que produce una fuerza aerodinámica que descarga la rueda delantera completamente. Este es un caso extremo aunque no totalmente imposible.

La curva que muestra la fuerza total de ambos frenos es ahora justo al revés que en el caso anterior de baja velocidad, la mejor frenada posible tiene lugar cuando existe una transferencia de carga significativa con el CdG a una altura del 50% de la distancia entre ejes. En este punto la transferencia de carga debida a la frenada equilibra la transferencia de carga debida a las fuerzas aerodinámicas.

Existen otros aspectos importantes en esta gráfica de alta velocidad. Con un CdG bajo y una nula transferencia de carga debida a la frenada, la rueda delantera no tiene carga y por lo tanto no tiene capacidad de frenar. Con una altura normal del CdG se encuentra en la misma situación en el instante de aplicar los frenos moviéndonos a alta velocidad, la rueda delantera está descargada y por lo tanto si intentáramos frenar con ella lo único



**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 60 de 112

que se conseguiría sería bloquearla. La rueda trasera está muy cargada y por lo tanto es capaz de frenar de forma importante. Así que la forma más segura de frenar circulando a alta velocidad con una moto que tenga cierta sustentación aerodinámica en la parte delantera, consiste en frenar primero con el freno trasero y conforme se produzca una transferencia de carga hacia la rueda delantera, el freno delantero se podrá utilizar cada vez con mayor fuerza.

La gráfica muestra que incluso con el CdG a una altura del 50% de la distancia entre ejes (un valor típico) sólo la mitad de la fuerza de frenada proviene de la rueda delantera. Así pues, a alta velocidad, ignorar el freno trasero como muchos pilotos aseguran que hacen, reducirá significativamente la fuerza total de frenado técnicamente posible.

El control de frenada ideal a alta velocidad requeriría un empleo inicial brusco del freno trasero que debería irse reduciendo gradualmente, a la vez que se va aumentando la presión del freno delantero conforme se reduce la velocidad. Cualquier cosa que se haga para reducir la altura del CdP (centro de presión) frontal reducirá esta variación en el equilibrio de frenada que existe entre bajas y altas velocidades. Técnicamente, el mejor diseño posible para conseguir la mejor frenada sería una moto larga y baja para reducir la transferencia de masa tanto aerodinámica como de frenada, aunque para poder sacar partido de este diseño el piloto tendría que ser capaz de ajustar de forma apropiada el equilibrio entre el freno trasero y el delantero. Este tipo de diseño es similar al que se emplea en los coches de F1, aunque aquí el piloto solo tiene que optimizar el uso de un único sistema de control, de todas formas el equilibrio entre el freno delantero y el trasero normalmente se puede ajustar sobre la marcha por mediación de un control separado.

Hablando en general, cuanta menos masa tenga una moto, mucho mejor. Bajo la influencia de una fuerza dada, cuanto menor sea la masa más rápido acelerará. Esto no sólo significa una enérgica respuesta para un motor con una potencia dada; también implica obtener una motocicleta mucho más sensible a cualquier fuerza que haga el

piloto. Tan importante como la masa que tenga la motocicleta es su distribución y la ubicación del centro de gravedad, tal y como muestran las siguientes consideraciones.

**Equilibrio.** Un peso contenido y un centro de gravedad bajo ayudan a tener un buen equilibrio. La figura 2.31 muestra cómo, para un determinado grado de inclinación, el par desestabilizador es directamente proporcional al peso y a la altura del centro de gravedad.

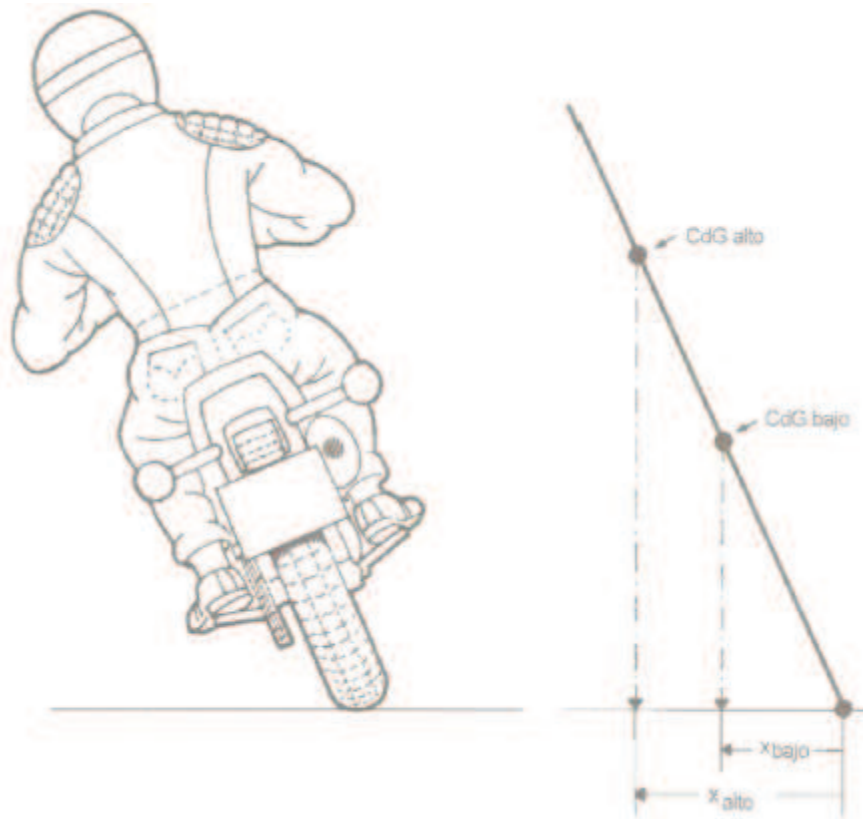


Figura 2.31 El par desestabilizador es igual a  $Wt \cdot x$ , o sea el peso ( $Wt$ ) multiplicado por el brazo de palanca ( $x$ ). Dado que el brazo de palanca es proporcional a la altura del centro de gravedad, un centro de gravedad alto proporciona un mayor efecto desestabilizador.



**Transferencia de carga.** Durante la frenada, la carga vertical se transfiere desde la rueda trasera hacia la delantera. Durante la aceleración la transferencia es en sentido contrario. Aumentando la distancia entre ejes disminuye la transferencia de carga, lo mismo ocurre si se baja el centro de gravedad o se reduce la masa. La transferencia de carga no se ve afectada por la localización longitudinal del centro de gravedad, aunque esto como es obvio controla la carga estática que soporta cada rueda.

**Tracción.** Dado que la fuerza propulsora que la rueda trasera puede transmitir al suelo es proporcional a la carga que soporta la rueda, una distribución de peso cargada atrás mejora la tracción.

De todas formas, se debe tener en cuenta que también es necesario que la rueda delantera se mantenga en contacto con el suelo para poder girar. Una distribución de peso que cargue más el tren delantero ayuda a mejorar la estabilidad direccional.

**Ángulo de inclinación.** El ángulo de inclinación necesario para equilibrar la fuerza centrífuga cuando damos una curva se ve afectado un poco por la altura del centro de gravedad. Ver figuras 2.32 y 2.33.

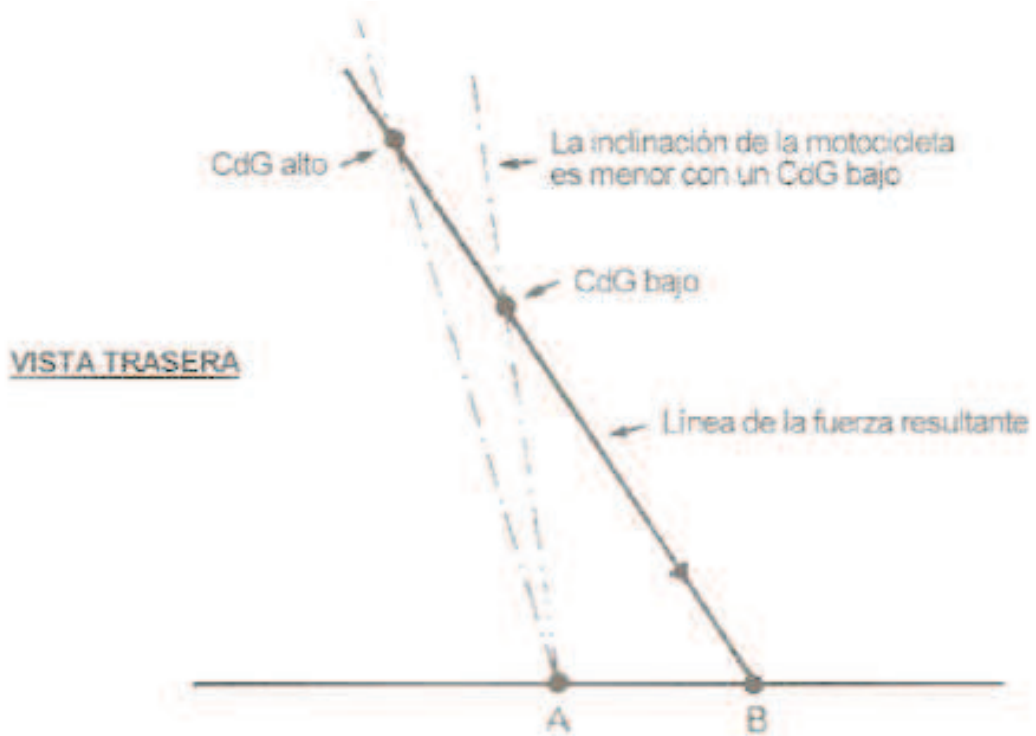


Figura 2.32 Aunque un centro de gravedad bajo requiere un menor grado de inclinación, en la práctica el efecto es menor al verse contrarrestado por un efecto opuesto debido a la anchura de los neumáticos.



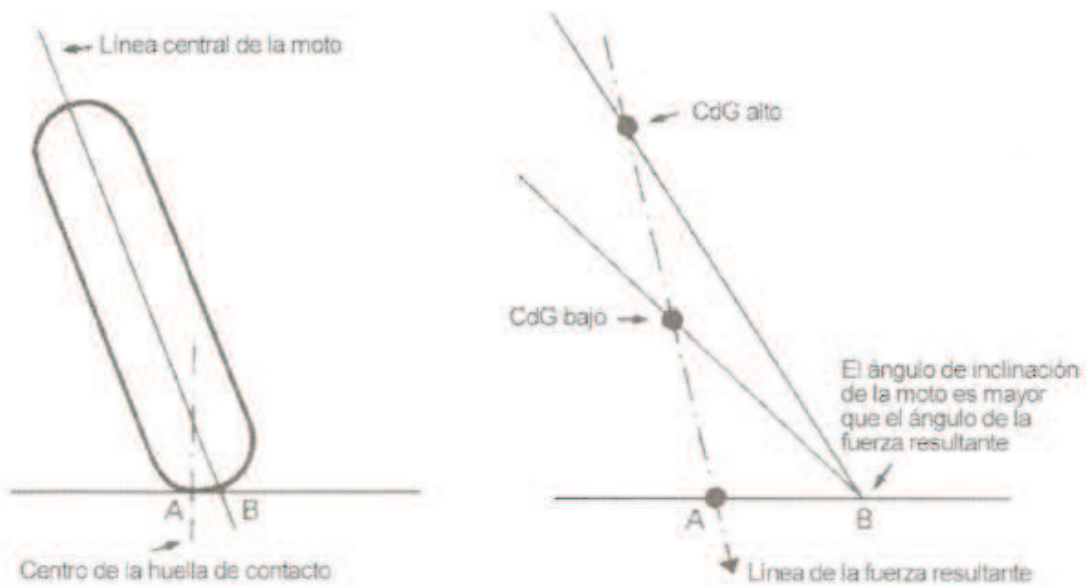


Figura 2.33 Podemos ver diferentes ángulos de inclinación requeridos con distintas alturas del centro de gravedad, debido a la anchura del neumático. Este efecto es opuesto al mostrado arriba.

La interacción de estos tres elementos es crucial para determinar el comportamiento de una motocicleta, y lo más importante: el sistema de horquillas convencionales utilizado por la mayoría de las motocicletas es el mejor mecanismo para combinar estos tres factores debido a que:

1.- Cuando se frena la horquilla se “hunde”, por lo tanto el lanzamiento disminuye (las barras se vienen hacia adentro) y consecuentemente disminuye el avance. Esto proporciona dos cosas: menor distancia entre ejes (moto más ágil) y mejor maniobrabilidad. Justo lo que se necesita para entrar cómodamente en una curva.

2.- Cuando aceleramos (por ejemplo en la recta de meta) la horquilla delantera se extiende, aumentando el lanzamiento y consecuentemente el avance; esto proporciona mayor distancia entre ejes y menos maniobrabilidad (dirección más dura), con el consecuente aumento de estabilidad, necesario para ganar en seguridad a gran velocidad.



## **3. DISEÑO**

### **3.1. EL CHASIS**

El chasis es el conjunto de elementos que conforma la estructura básica de la motocicleta sobre la que irán montadas el resto de componentes que forman la máquina. Además esta estructura tiene un diseño calculado para soportar cargas y los diferentes esfuerzos que transmite el motor cuando la moto está en movimiento. A continuación se describen las dos posibles soluciones planteadas en el presente proyecto.

Son muchas las soluciones constructivas que pueden cubrir las necesidades demandadas. Se explicará a continuación que la experiencia ha demostrado que en nuestro caso sólo unas pocas pueden resultar realmente eficientes y factibles cuando lo que queremos es asegurar unos buenos resultados.

De todas las opciones solo dos son realmente viables, el chasis tubular triangulado de acero y el chasis doble viga de aluminio.

### **3.2. CHASIS TUBULAR TRIANGULADO**

Aunque este tipo de chasis puede conseguir una eficiencia estructural extremadamente elevada, no ha encontrado demasiados seguidores entre los fabricantes más grandes. Probablemente esto se debe a que debido a la forma y al tamaño de los tipos de motores más comunes, hace falta una estructura ancha y complicada (y por lo tanto cara). Los fabricantes italianos son los que han acogido mejor este tipo de chasis, Moto Guzzi los usó en varios prototipos de carreras, y posteriormente también se usaron en



**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 66 de 112

las Linto de 500cc. bicilíndricas. En ambos casos los motores tenían cilindros horizontales, por lo que no era muy complicado alojarlos en el chasis.

Otros ejemplos en el rango de las motos de carreras y de los fabricantes especializados en series cortas de motos de carretera incluyen unas cuantas Norton de carreras. Las Ducati, que han tenido un gran éxito tanto en los circuitos como en la carretera, son otro ejemplo más actual. En los últimos años estas motos han conseguido ganar varios campeonatos del mundo de Superbikes y MotoGP, demostrando así que el chasis de doble viga de aluminio tan popular hoy en día no es la única solución posible para conseguir un buen comportamiento.

El empleo de tubos largos de pequeño diámetro puede suponer un problema, ya que el motor los puede hacer entrar en resonancia esto es, se pueden producir vibraciones importantes (a una frecuencia crítica) de los tubos, producidas por fuerzas de inercia del motor que no están equilibradas. La solución es elevar la frecuencia propia de los tubos, bien haciéndolos más cortos, bien aumentando su diámetro.

Este fenómeno no ocurre únicamente en los chasis triangulados, puede ocurrir en cualquier diseño que use piezas largas y finas.

Este tipo de chasis presenta como principal ventaja la reducción de coste que conlleva emplear tubos de acero en lugar de los perfiles de aluminio que forman el chasis de doble viga.

En cuanto a la adquisición del material, es muy fácil de encontrar empresas suministradoras de tubos de acero, sobre todo en el ámbito territorial.

A la hora de trabajar ambos materiales, el acero es más sencillo de soldar y también es más fácil de encontrar máquinas y herramientas para conformar piezas de este material.



Figura 3.1.- Moto con chasis multitubular de MotoGP



Figura 3.2 Chasis KTM Moto3

En chasis tubulares podemos encontrar una infinidad de diseños diferentes debido a la gran combinación de tubos que se pueden obtener. Se diseñaron varios chasis tubulares y se analizaron por elementos finitos.

Se probaron diferentes diseños con diferentes longitudes, diámetros y secciones en los tubos. Aquí mostramos los más representativos, el chasis de la figura 3.3 fue el que mejor se comportó en las simulaciones, aunque la longitud de los tubos era algo larga. El de la figura 3.4 fue uno de los primeros diseños, con tubos cortos y muy triangulado no dio los resultados esperados en torsión y se descartó.

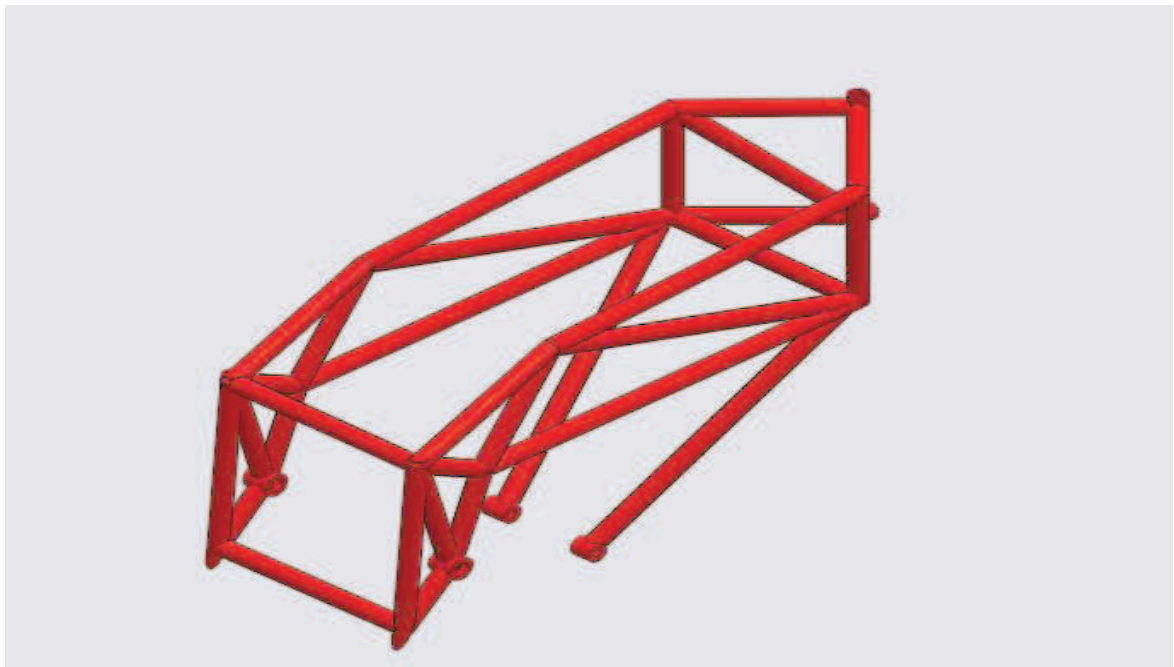


Figura 3.3 Chasis tubular MotoUPCT



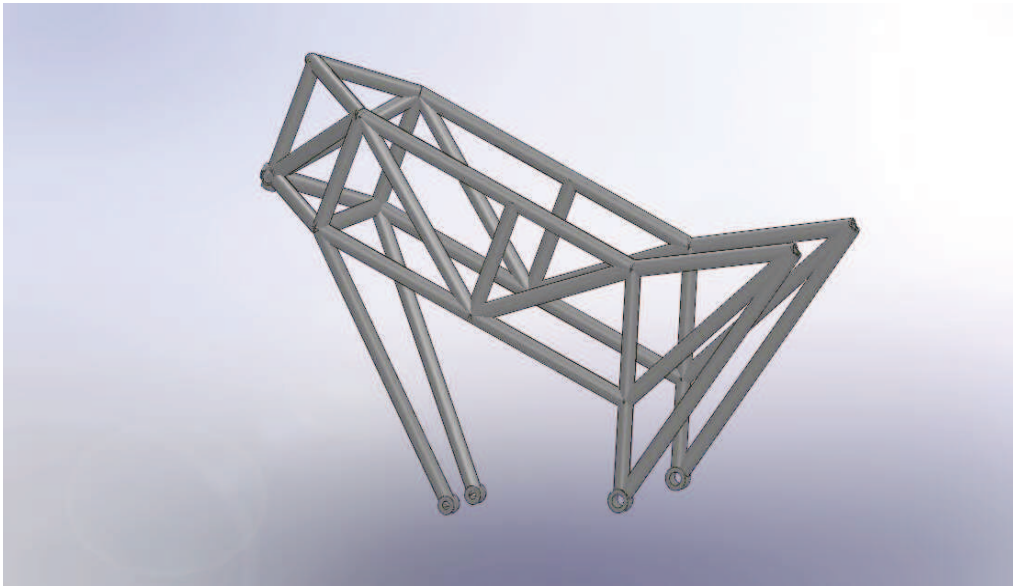


Figura 3.4 Chasis tubular MotoUPCT

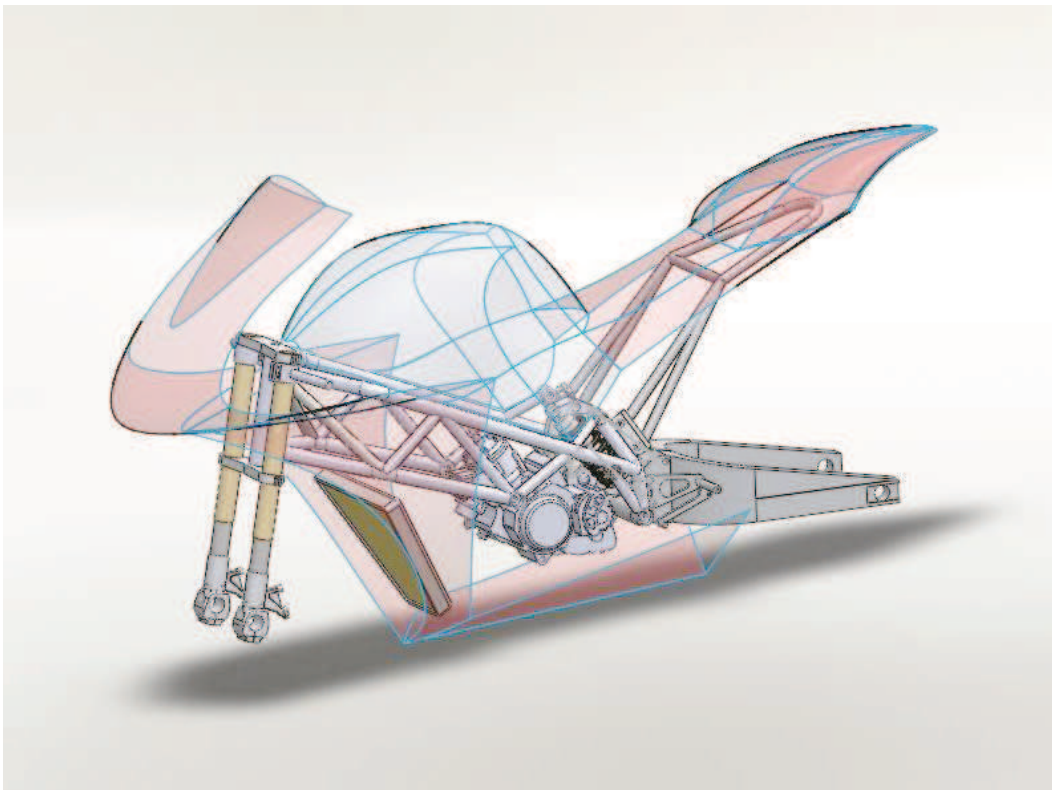


Figura 3.5 Diseño Chasis tubular MotoUPCT



Figura 3.6 Diseño chasis tubular MotoUPCT

Existe otro tipo de chasis que son los chasis mixtos, estos son una variante de los chasis tubulares. Consiste en combinar una estructura tubular que une la pipa de dirección con una pieza en aluminio fundido o mecanizado que sirve de unión entre el chasis y el basculante, también puede soportar el motor y el subchasis.



Figura 3.7 Ejemplo de chasis mixto, Metakit PreGP



Figura 3.8 Ejemplo de chasis mixto, Conti PreGP



### 3.3. CHASIS DOBLE VIGA DE ALUMINIO

Con la implementación de este chasis se pueden conseguir unos mejores resultados de optimización ya que al ser más voluminoso se pueden redistribuir y optimizar mejor las masas. Es el sistema adoptado por la mayoría de constructores para motos de esta cilindrada, tanto para moto de calle como de carreras, por lo que este tipo de chasis resultará mucho mejor a la hora de comparar datos de interés y contrastar resultados.

El aluminio es un material más ligero que el acero, que con un buen dimensionamiento consigue una rigidez adecuada para soportar los esfuerzos que se dan en un chasis de moto.



Figura 3.9 Ejemplo de chasis doble viga, BQR



Figura 3.10 Ejemplo de chasis doble viga, KTM 125GP

### 3.4. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

Para asegurar el comportamiento del chasis ante cualquier situación que se pueda dar se debe cumplir lo siguiente:

- No transmitir esfuerzos muy elevados a las secciones críticas que se dan en los conjuntos chasis-horquilla delantera. El chasis es el elemento más esfuerzos sufre en el conjunto de la motocicleta. Se trata de un cuerpo que acoge y soporta el peso y los esfuerzos que proporciona el motor. Además el chasis debe de estar preparado para soportar los esfuerzos que le transmite la horquilla delantera y los que vienen de la parte trasera desde el basculante. Si los esfuerzos que se generan por el movimiento de estas estructuras fuesen soportados por un chasis sin reforzar en sus



puntos de máxima sollicitación podrían aparecer grietas e incluso romper por algún punto. Esto supondría la inutilización total o parcial del vehículo.

- El peso debe recaer bien distribuido sobre ambas ruedas. Como se ha comentado anteriormente es necesario dar estabilidad al vehículo. Hay dos formas de dar estabilidad. Una es aumentando su peso, con lo que conseguimos un mayor apoyo y agarre de los neumáticos sobre el asfalto. Esta opción la desestimamos porque en una moto de competición se busca precisamente lo contrario, es decir, que sea lo más ligera posible, para conseguir una buena manejabilidad y aceleración, aunque sin perder capacidad de tracción en las ruedas. La segunda forma de dar estabilidad (agarre al suelo) es con la forma del vehículo, mediante el carenado y la mejora de la aerodinámica, con las formas del carenado que aunque tienen poca superficie de contacto, su diseño es tal que el flujo de aire empuja el vehículo contra el asfalto.
- Minimización de la sección frontal y la altura. Esto es necesario para minimizar la fuerza de presión dinámica que debe vencer el vehículo. Además la velocidad del fluido aumenta al bajar la altura del tren delantero y hacer la cúpula del carenado lo más reducida y aerodinámica posible.
- Fiabilidad. La fiabilidad en el funcionamiento es crítica en este caso, ya que una avería imprevista en el vehículo supondría la retirada de la carrera, e incluso podría dar lugar a un accidente.
- Mantenibilidad. Este requisito es necesario, ya que a diferencia de motos de calle, en una moto de competición lo que se busca es que sea rápida de reparar y que esté bien diseñada para abordar cualquier problema que pudiese aparecer en carrera o antes de ella.

Una motocicleta, como todo producto trata de satisfacer una necesidad, definida como un conjunto de requisitos cuya solución no es única ni óptima, sino que existen diferentes alternativas que satisfacen parcialmente el problema. Todas dan una solución satisfactoria a ciertos requisitos, a costa de una peor solución para otros. En ocasiones



los requisitos son contrapuestos, por lo que en ocasiones es necesario alcanzar una solución de compromiso. Al escoger una de ellas, renunciamos a alternativas que solucionarían mejor ciertos requisitos deficientemente solucionados por la opción escogida.

Además según se escoja una u otra opción, se pueden condicionar los requisitos de otras partes del proyecto.

En este capítulo se trata de explicar las principales alternativas barajadas y justificar las opciones seleccionadas.

Para el diseño final de la solución propuesta se ha empleado el software de modelado 3D "SolidWorks". El empleo de éste aporta grandes ventajas en la realización del diseño entre las que destacan:

- Tener una representación virtual del modelo.
- Realizar rediseños a partir de un modelo inicial. Esto agiliza el proceso de diseño, ya que ha permitido comparar diferentes alternativas sin necesidad de rehacer todo el diseño.
- Ofrecer la posibilidad de hacer simulaciones cinemáticas y detectar interferencias, lo que aporta una mayor comprensión del funcionamiento del modelo.
- Exportar los archivos generados para su posterior análisis por elementos finitos.
- Exportar los archivos a un programa de CAM para generar programas de control numérico.



## 4. CALCULOS DE ESFUERZOS SOBRE LA MOTOCICLETA

En este capítulo se estudiarán las fuerzas que actúan sobre la estructura de la motocicleta cuando ésta se encuentra en instantes de máximo esfuerzo. Es de vital importancia este apartado ya que es esencial tener bien planteadas las fuerzas resultantes para introducirlas posteriormente al ordenador y realizar el análisis por elementos finitos de manera que éste sea lo más exacto posible.

Posteriormente se analizarán dos fenómenos debido a la acción de las fuerzas claramente diferenciados. Por un lado se observará que los valores de rigidez del chasis están dentro de los valores aceptables, es decir, que las tensiones generadas por las fuerzas no provoquen alargamientos que estén por encima de lo estipulado anteriormente. En segundo lugar, se analizará el número de ciclos a fatiga que podría resistir el chasis estas tensiones, ya que el aluminio siempre tiene una vida limitada cuando está sometido a repetidos esfuerzos. Se deberá garantizar un número de ciclos a fatiga superior al tiempo que teóricamente se encuentre la moto en servicio.

Para empezar el estudio de este apartado se deberán establecer una serie de parámetros estimados de geometría y peso. Estos valores se obtendrán a partir de los objetivos buscados en el diseño final del aparato y de otros modelos existentes en el mercado. Siguiendo estos criterios se considerará que el peso de la moto en seco será de 96 Kg, el peso del piloto con casco y elementos de protección será de 74 Kg (suponiendo el peor caso), el peso de la gasolina y lubricantes será de 15 Kg, en total el peso de la moto se estimara en 185 kg, la longitud entre ejes será de 1315 mm, la altura del centro de gravedad 645 mm (situado éste en el centro de la motocicleta) y un avance de 80 mm y un lanzamiento de 22°.



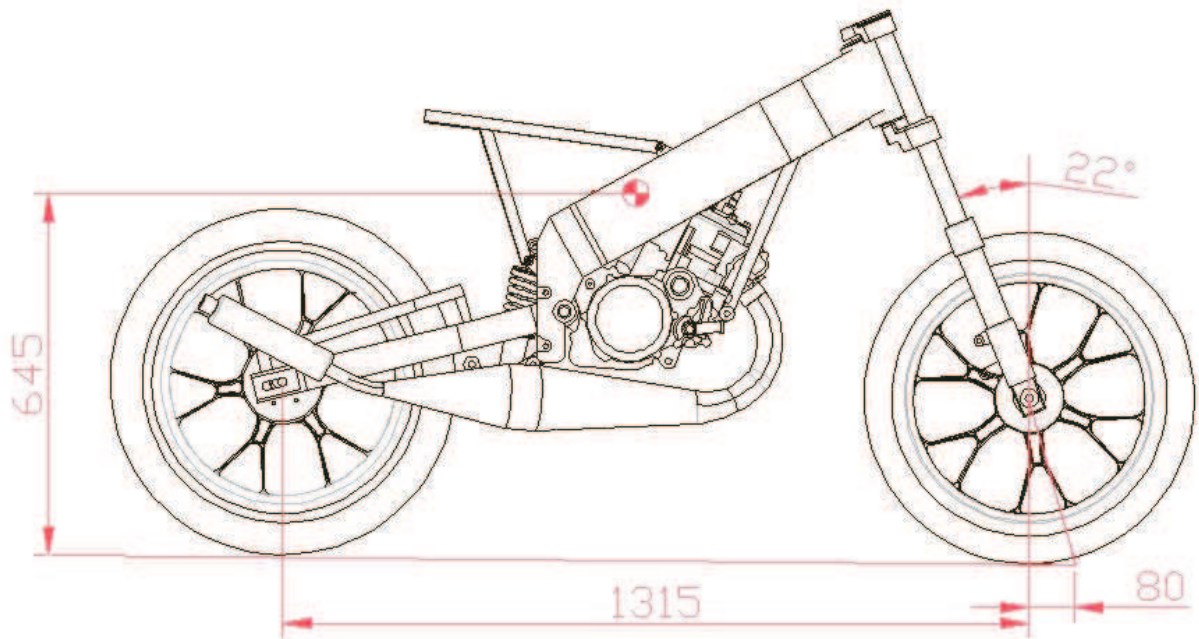


Figura 4.1 Croquis de la MotoUPCT con las cotas básicas

## 4.1. ESFUERZOS EN ACELERACION MAXIMA

En este caso se estudiarán los esfuerzos a los que está sometida la motocicleta cuando ésta se encuentra en la máxima aceleración posible.

- $F_a$  es la fuerza que provoca la aceleración, se encuentra situada en el punto de contacto entre el neumático trasero y el asfalto, teniendo la misma dirección que el sentido de la aceleración.
- $N_1$  y  $N_2$  representan la fuerza vertical debida al peso, siendo de sentido descendente en su punto de aplicación (el CDG) y de sentido contrario en su punto de reacción, una vez más en el punto de contacto entre el neumático trasero y el asfalto.
- $F_r$  es la fuerza que se opone a la aceleración debido a la inercia de la masa.



**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 78 de 112

En la situación de máxima aceleración podemos suponer que el contacto de la rueda delantera con el suelo es cero, la moto se encuentra en situación de elevarse inminente, es decir, suponiendo que aplicásemos un poco más de fuerza de aceleración la rueda delantera se despegaría del suelo, y la moto de la figura empezaría a girar en el sentido contrario de las agujas del reloj a través de un eje imaginario, perpendicular al plano del dibujo y que pasa por el punto de contacto con el asfalto de la rueda trasera. No obstante, se considerará a la vez que en esta situación también se encuentra en el momento de agarre máximo del neumático, por lo que en realidad no se levantaría. Una vez planteada la situación crítica, geoméricamente, se observa que los dos vectores producto de la suma vectorial de  $P$  y  $F_r$  por un lado, y  $N_2$  y  $F_a$  por otro, deben estar alineadas (línea roja en el dibujo).

Se considerará que el coeficiente de rozamiento entre el asfalto y el neumático trasero es 1.2, evitando así el deslizamiento del neumático.

Además, se contará que la posición del CDG no será la misma que la de la moto en reposo, la inclinación del piloto hacia adelante permitirá desplazarlo también hacia adelante para que los dos vectores de fuerza resultantes en el CDG y la rueda trasera respectivamente se encuentren alineados. Otro aspecto que debe ser comentado, es que no se tendrá en cuenta la variación geométrica de hundimiento, por lo que se plantea una hipótesis de suspensión trasera rígida. Evidentemente, el plantear la rigidez del sistema se puede plantear como un caso de situación crítica, ya que si se tiene en cuenta el hundimiento de la suspensión la transmisión de fuerzas se realiza de manera más suave.

Siguiendo los datos geoméricos y de peso establecidos, tenemos que:

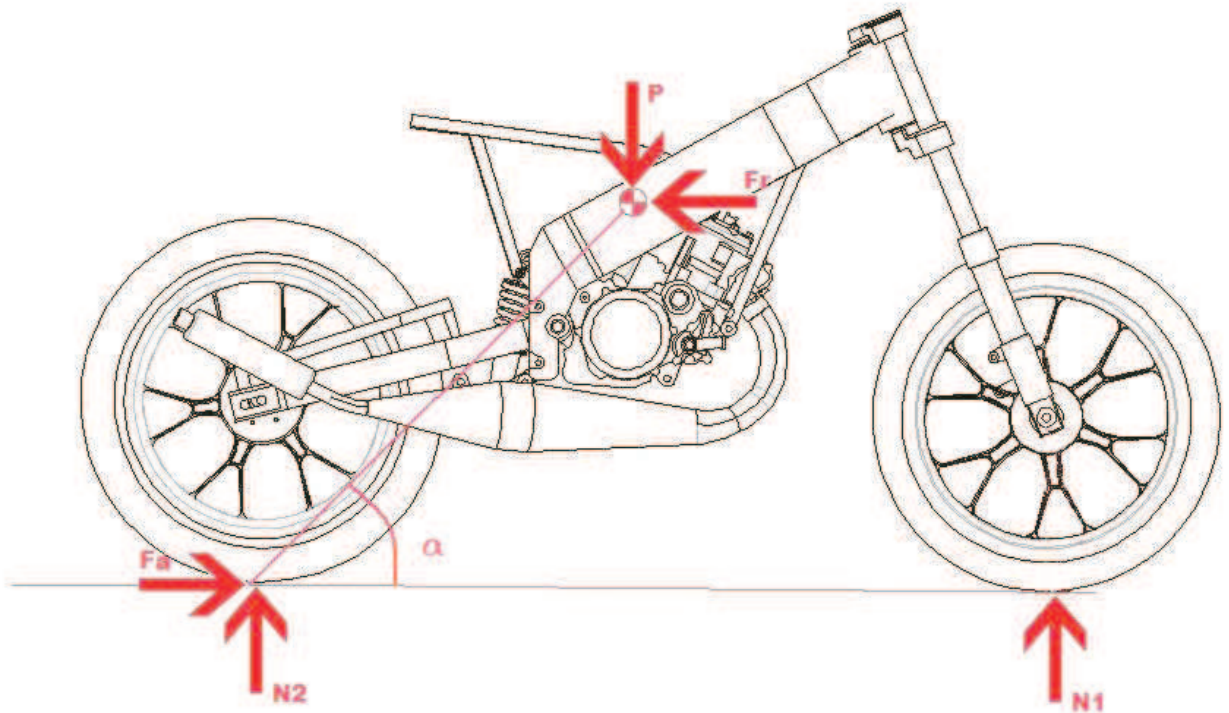


Figura 4.2 Esquema de las fuerzas en aceleración máxima

$$P = m * g = 185 * 9.81 = 1815 \text{ N}$$

$$N1 = 0$$

$$N2 = P = 1815 \text{ N}$$

$$Fa = Fr = P * \mu = 1815 * 1.2 = 2178 \text{ N}$$

$$Fr = Fa = 2178 \text{ N}$$

$$\alpha = \arctg (1815/2178) = 39,8^\circ$$





## 4.2. ESFUERZOS EN FRENADA MAXIMA

En esta situación se considerará que solamente se frena con el freno delantero con la máxima eficiencia posible. Este caso someterá a máxima flexión el chasis, ya que si se utilizase también el freno trasero su acción reduciría el momento aplicado por la horquilla en la pipa de dirección. Al igual que en el caso de aceleración máxima, la fuerza de frenada en la situación límite vendrá determinada por la geometría de la moto. La suma vectorial de  $P$  y  $Fr$  será un vector aplicado en el CDG que deberá estar alineado, en el caso límite, con el vector resultante de la suma vectorial de  $Fd$  y  $N1$ , situado este último en el punto de contacto entre la rueda delantera y el asfalto. Si las fuerzas  $Fd$  y  $Fr$  aumentaran por encima de la situación límite, la moto de la figura empezaría a girar en sentido horario a través de un eje situado perpendicular al dibujo y que pasa por el punto de contacto entre el neumático delantero y el asfalto, aunque esto no podría ocurrir ya que la misma situación límite está planteada en el máximo de adherencia del neumático delantero.

Se debe tener en cuenta que la frenada provoca el hundimiento de la horquilla, fenómeno que tiene por efecto secundario bajar el CDG de la moto y disminuir la distancia vertical entre  $Fd$  y  $Fr$ , aunque no se considerará ya que suponer la situación rígida provoca una sollicitación mayor, por lo que será un caso de diseño aún más crítico. Otro aspecto a tener en cuenta es que suponemos la ubicación del CDG ligeramente más atrasada que en la posición de reposo debido a que el piloto se reclinará un poco hacia atrás. Debido a este efecto se alinearán las dos fuerzas (suma vectorial de  $P$  y  $Fr$  y suma vectorial de  $Fd$  y  $N1$ ).

Siguiendo los datos geométricos y de peso establecidos, tenemos que:

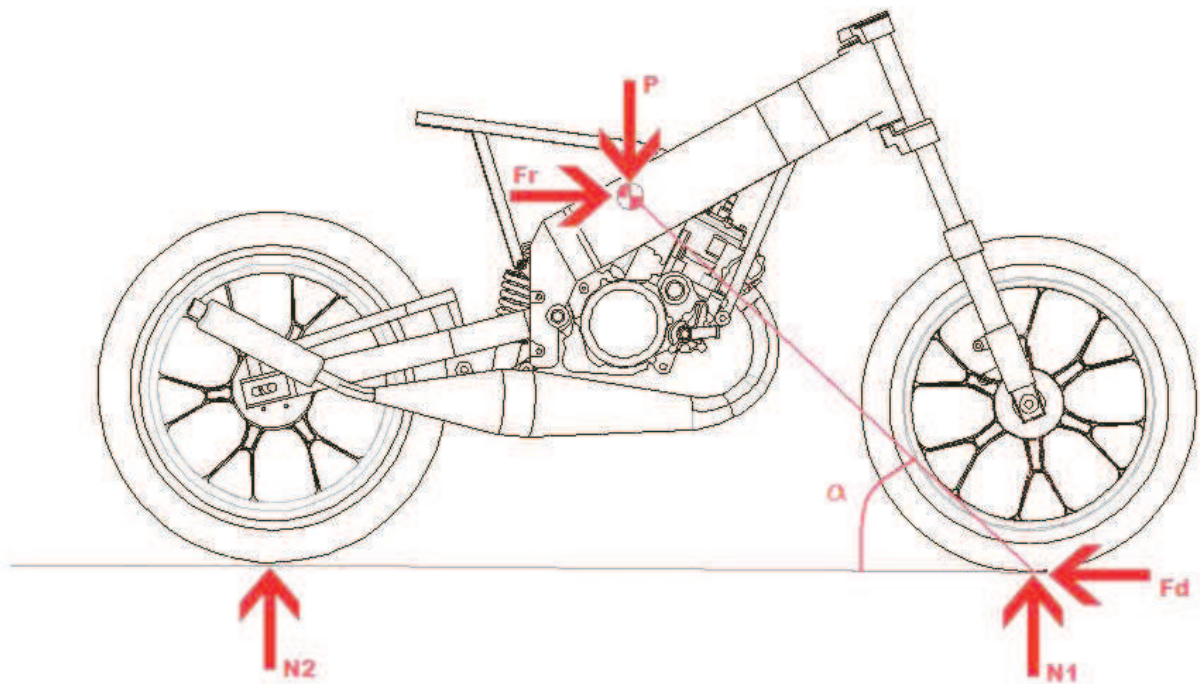


Figura 4.3. Esquema de las fuerzas en frenada

$$P = m \cdot g = 185 \cdot 9.81 = 1815 \text{ N}$$

$$N1 = P = 1815 \text{ N}$$

$$N2 = 0$$

$$Fd = P \cdot \mu = 1815 \cdot 1.2 = 2178 \text{ N}$$

$$\alpha = \arctg(1815/2178) = 39,8^\circ$$

$$Fr = 2178 \text{ N}$$



### **4.3. ESFUERZOS EN CURVA**

Este análisis se efectuará considerando el paso por curva de la moto con su inclinación máxima, y por tanto, no existirán fuerzas de aceleración ni de frenada ya que todo el agarre del neumático se destinará a vencer la fuerza centrífuga debido al paso por curva. El vector resultante de la suma vectorial de  $F_d$  y  $N$  deberá ser colineal con el de la otra suma vectorial de  $P$  y  $F_c$  tanto en la rueda trasera como en la ruda delantera. El punto de aplicación de fuerza entre los neumáticos y el asfalto se verá desplazado hacia la izquierda respecto al plano de simetría vertical de la moto debido a la inclinación, el ancho de neumáticos y al avance al aplicar el ángulo de deriva necesario para tomar la curva. La postura de “descuelgue” del piloto compensa este efecto desplazando el CDG también hacia la derecha respecto al plano mencionado anteriormente, provocando un esfuerzo torsional añadido.

Siguiendo los datos geométricos y de peso establecidos, tenemos que:

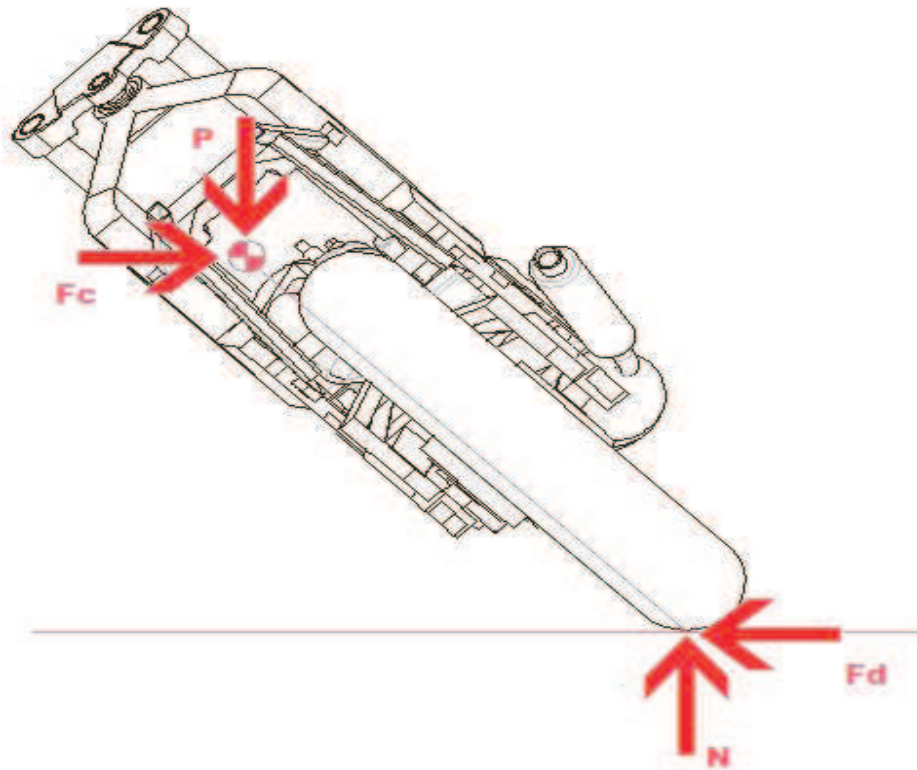


Figura 4.4 Esquemas de fuerzas en curva

$$P = 1815 \text{ N}$$

$$N = 1815 \text{ N}$$

**Angulo de inclinación máximo: 50°**

$$F_c = 2163 \text{ N}$$

$$F_d = 2163 \text{ N}$$

$$P + F_c = 2781 \text{ N (suma vectorial)}$$

$$F_d + N = 2781 \text{ N (suma vectorial)}$$



## **5. ANALISIS POR ELEMENTOS FINITOS**

En este capítulo se pretende describir el método que se ha utilizado para el análisis de la geometría inicial del chasis y la posterior optimización del diseño con la finalidad de obtener mayor eficiencia estructural (más rigidez y menos peso).

Primeramente se han realizado unos diseños previos basados en los principios básicos de la mecánica, teniendo en cuenta las posibles zonas donde podemos encontrar unos mayores esfuerzos.

Posteriormente al diseño preliminar, se ha optado por utilizar el método de elementos finitos para realizar el análisis computacional y de este modo poder hacer un diseño más óptimo y representativo.

Es importante tener en cuenta que los resultados obtenidos por este tipo de cálculo no son los que se producirían en una situación real, sólo se trata de una aproximación que se considerará válida según el criterio del diseñador.

### **5.1. GEOMETRIA INICIAL DE LOS COMPONENTES**

En este subapartado se va a intentar explicar el objetivo primordial del cálculo, que consta en obtener una geometría tal que permita una distribución de masa que sea lo más ligera posible y a su vez que tenga la rigidez suficiente como para poder soportar los esfuerzos requeridos en cada momento, para lograr este aspecto fundamental se ha optado por el empleo de perfiles huecos de aluminio.

La siguiente explicación intenta mostrar de una manera sencilla como influye la distribución de masas en la rigidez de las secciones del conjunto. Supongamos que los tubos de la Figura 5.1. Están sometidos a la fuerza (F) que se muestra y que tiende a doblarlos. El momento flector en la base de los segmentos será de  $F \times L$ . Imaginemos que las bases pivotan en el punto O y que unas fuerzas en el centro ( $f_1$  y  $f_2$ ) son las que

resisten el momento flector. Para equilibrar el momento existente  $f_1$  y  $f_2$  son inversamente proporcionales a los diámetros de los tubos, esto es, si el tubo grande tiene el doble de diámetro que el otro, entonces  $f_2$  valdrá la mitad que  $f_1$ .

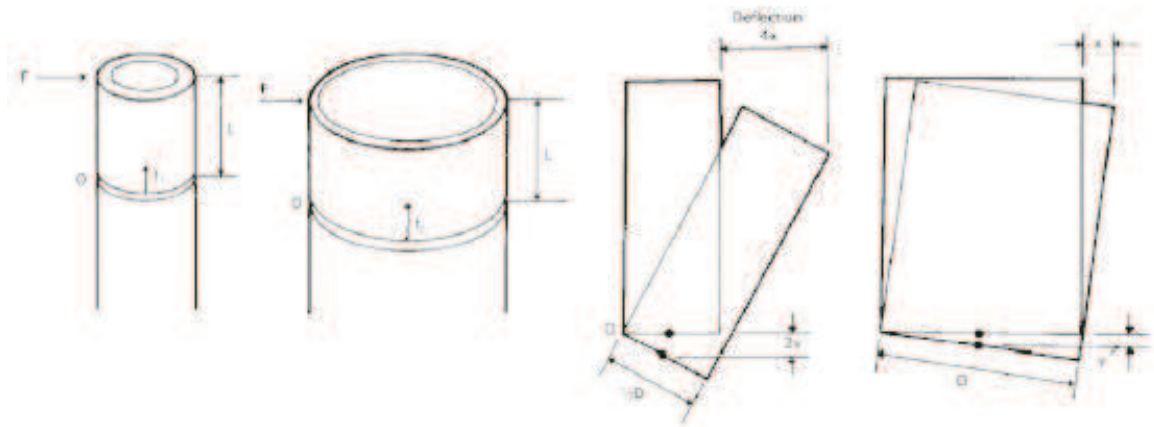


Figura 5.1 Influencia de la distribución de masas en la rigidez

Ahora se asume que la deformación en el centro es proporcional a esa fuerza, esto es, el doble en el caso del tubo pequeño. Pero dado que esta deformación el doble de grande esta solo a la mitad del radio, el efecto resultante es que la deformación angular del tubo pequeño es cuatro veces la del tubo grande. Esta deformación angular se traduce en un movimiento lateral al final del tubo, de forma que para la misma carga la deformación alrededor del punto O del segmento superior del tubo de mayor diámetro es solo la cuarta parte de la deformación del tubo pequeño. El mismo razonamiento se aplica a todos los segmentos de miembros que tengan la misma longitud, de forma que la resistencia a una carga lateral es cuatro veces mayor cuando el diámetro del tubo se duplica. Aunque esta explicación es una forma simplificada de considerar el problema, un análisis matemático proporciona los mismos resultados: la rigidez lateral de tubos del mismo material, la misma longitud, el mismo peso, y pared fina es proporcional al cuadrado del diámetro. La rigidez torsional sigue la misma regla. Y aunque hemos usado tubos redondos para ilustrar este principio, funciona igualmente para cualquier otra



sección transversal. (Así, esta explicación en resumen muestra como la rigidez de un tubo depende del momento de inercia de su sección transversal alrededor del eje de flexión.)

En primer lugar, para diseñar la geometría se tendrán en cuenta los parámetros que se muestran a continuación, y respetándolos siempre, se ha de conseguir la máxima distribución de masa en las secciones con el menor peso posible.

- Ángulo de lanzamiento de 22°.
- Distancia del avance real de 80mm.
- Longitud y ángulo del basculante con la horizontal de 7.5°. Éste parámetro será de vital importancia, ya que determinará la altura del centro de gravedad.
- Altura del soporte de los cojinetes del eje de tija frente a la rueda delantera (este parámetro lo determina el recorrido de suspensión). Se considerará una distancia de 120mm de recorrido de suspensión máximo, más 25 mm de distancia del guardabarros delantero más 12 mm de seguridad.

La ergonomía del chasis deberá tenerse en cuenta en todo momento siendo el factor que situará los puntos de anclaje de los soportes de los estribos, de la tija superior y los puntos de sujeción de la estructura que aguantará el piloto.

## **5.2. MATERIALES**

Conocer las propiedades mecánicas y físicas del material de construcción el chasis será de vital importancia. La aleación utilizada para las piezas del chasis y el basculante será de una aleación de aluminio, concretamente la 6063-T5 y a continuación se representa su composición química.



COMPOSICIÓN QUÍMICA									
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros	Al
0.30-0.60%	0.10-3.30%	0.10%	0.30%	0.40-0.60%	0.05%	0.15%	0.20%	0.15%	Resto
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					APLICACIONES				
Estado					T-5				
Peso específico		gr/cm <sup>3</sup>			2.70				
Carga de rotura Rm		N/mm <sup>2</sup>			220				
Limite elástico Rp 0,2		N/mm <sup>2</sup>			170				
Alargamiento A5		%			14				
Resistencia a la cizalladura		N/mm <sup>2</sup>			140				
Módulo de elasticidad		N/mm <sup>2</sup>			69 000				
Dureza Brinell		HB			65				

Perfiles de carpintería metálica, puertas, ventanas, carcasas para motores eléctricos, sistemas de ensamblado, elementos especiales para maquinaria, tubos de riego, instalaciones neumáticas y en general donde se busque una aplicación decorativa.

Figura 5.2 Composición química de la aleación de aluminio 6063-T5.

Se ha elegido éste tipo de aleación precisamente porque es la que ofrece una mayor soldabilidad en función de unas buenas propiedades mecánicas.

#### CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA ALEACIÓN A DIFERENTES TEMPERATURAS

Estado	-195°C			-80°C			-30°C			+25°C			+100°C		
	Rm	Rp 0,2	A 5, 65	Rm	Rp 0,2	A 5, 65	Rm	Rp 0,2	A 5, 65	Rm	Rp 0,2	A 5, 65	Rm	Rp 0,2	A 5, 65
T6	705	635	9	620	545	11	595	515	11	570	505	11	485	450	14
T7351	635	495	14	545	460	14	525	450	13	505	435	13	435	400	15

Figura 5.3 Composición química de la aleación de aluminio 6063-T5 a diferentes temperaturas.

Cuando se proceda al estudio de resistencia de los distintos componentes mediante el método de los elementos finitos, como primer pauta a tener en cuenta va a ser que en ningún punto se alcancen valores de tensión por encima del límite elástico del material, ya que si son superados se puede entrar en la zona plástica del material, por lo que las deformaciones serían irreversibles.





### **5.3. METODO DE TRABAJO**

Para la optimización de los componentes del chasis se utilizará el método de los elementos finitos, concretamente con el módulo SimulationXpress de SolidWorks, se ha tenido en cuenta que la precisión de los resultados va supeditado a la capacidad de cálculo de nuestros equipos informáticos, ya que el método de cálculo está basado en la iteración de fórmulas matemáticas complejas.

El proceso a seguir es el siguiente, partiendo del modelo en 3D CAD del componente o conjunto de componentes se procederá a realizar un mallado de la pieza o piezas. Dicha malla puede crearse manualmente, pero se ha optado por un mallado automático, esto es, el programa crea una malla uniforme y realiza un refinado de la malla en las zonas donde se producen cambios en la geometría, haciendo una transición uniforme entre los distintos tamaños de malla. Se comenzó con la malla automática cuyo tamaño era de 18.45mm se analizaron y manualmente se disminuyó el tamaño hasta que la variación de los resultados era mínima. Finalmente el tamaño de la malla analizada fue de 10.69mm.

Posteriormente se procede a introducir el material de cada una de las piezas y seguidamente se aplicaran las cargas sobre los elementos, según la hipótesis establecidas que se hayan tenido en cuenta para cada caso, una vez realizado esto, habrá que poner a calcular el sistema y una vez finalizado se procederá al estudio y comportamiento de cada una de las piezas que intervienen en el cálculo.

Para el chasis se realizarán tres cálculos distintos. En primer lugar, se realizará el análisis de flexión máxima cuando la moto se encuentra en proceso de máxima aceleración, el segundo cuando se encuentra en proceso de máxima frenada y en tercer lugar se realizará un análisis de torsión debido al descentramiento de los puntos de contacto del neumático y del centro de gravedad de la moto cuando el piloto se desplaza transversalmente para coger una curva.

Otro aspecto a tener en cuenta, es la distribución de tensiones de cada una de las piezas; que deben repartirse de manera uniforme, es decir, vigilar que no se produzcan

concentraciones de tensiones que disminuyan de manera importante la eficiencia estructural de la pieza a analizar. Una vez estudiados todos estos aspectos en los cuatro análisis, es cuando se realizará la primera iteración, rediseñando la pieza para que se ajuste a los valores deseados y para evitar que existan concentraciones de tensiones.

## 5.4. ANALISIS

En este apartado se analizan dos tipos de chasis, uno tubular de acero y otro doble viga de aluminio para analizar su comportamiento y tomar una decisión sobre el camino a seguir.

### 5.4.1. CHASIS TUBULAR

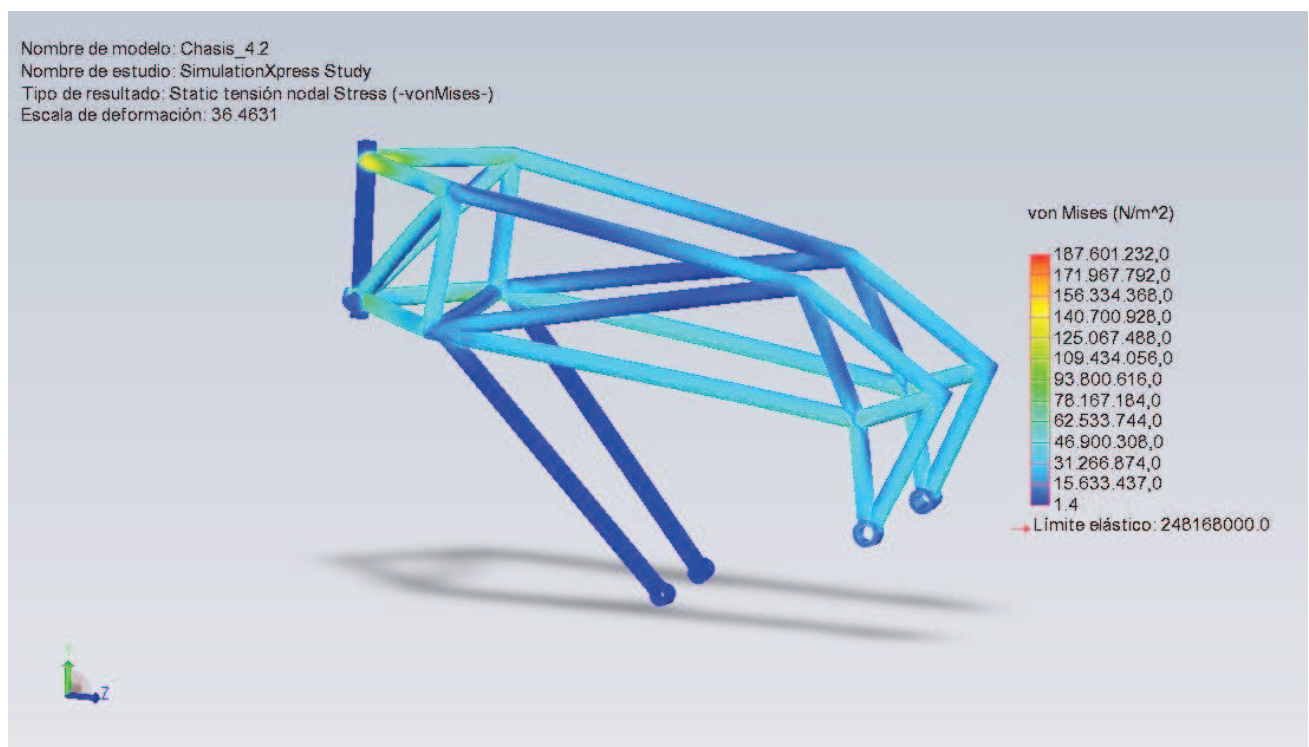


Figura 5.4 Ensayo en frenada máxima

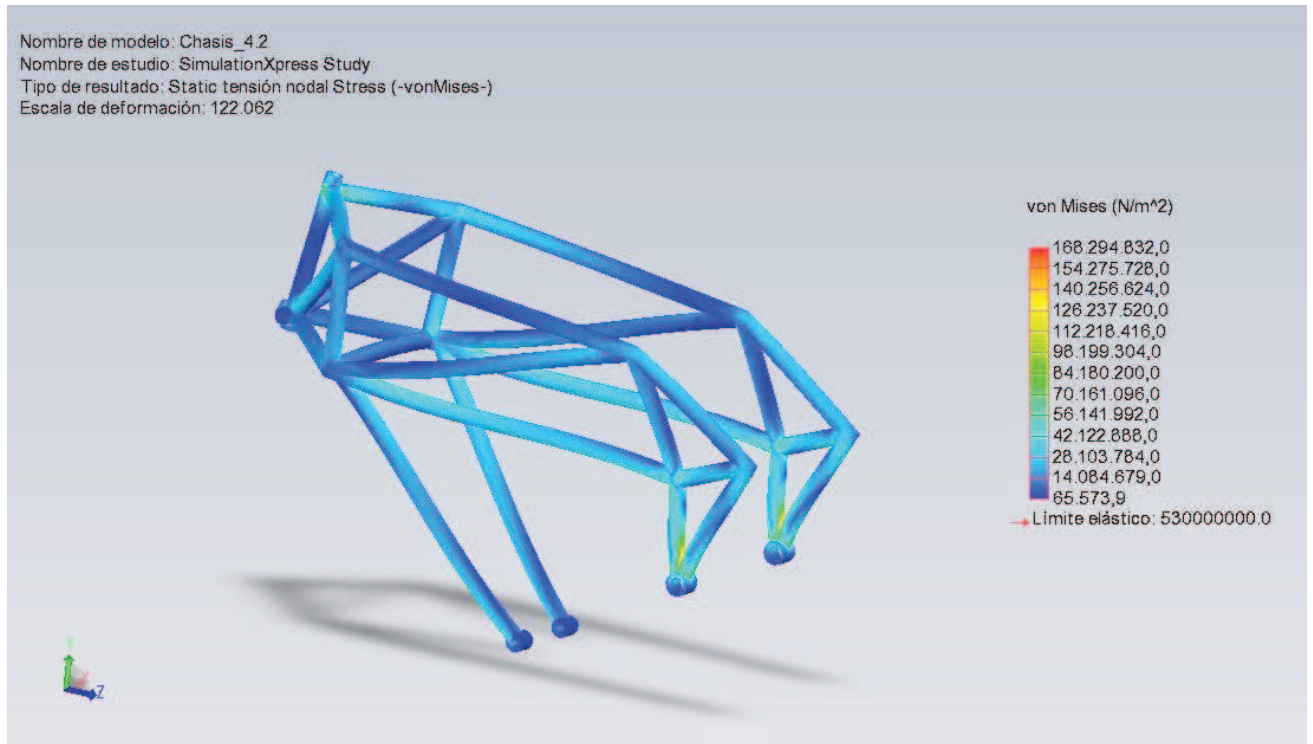


Figura 5.5 Ensayo aceleración máxima

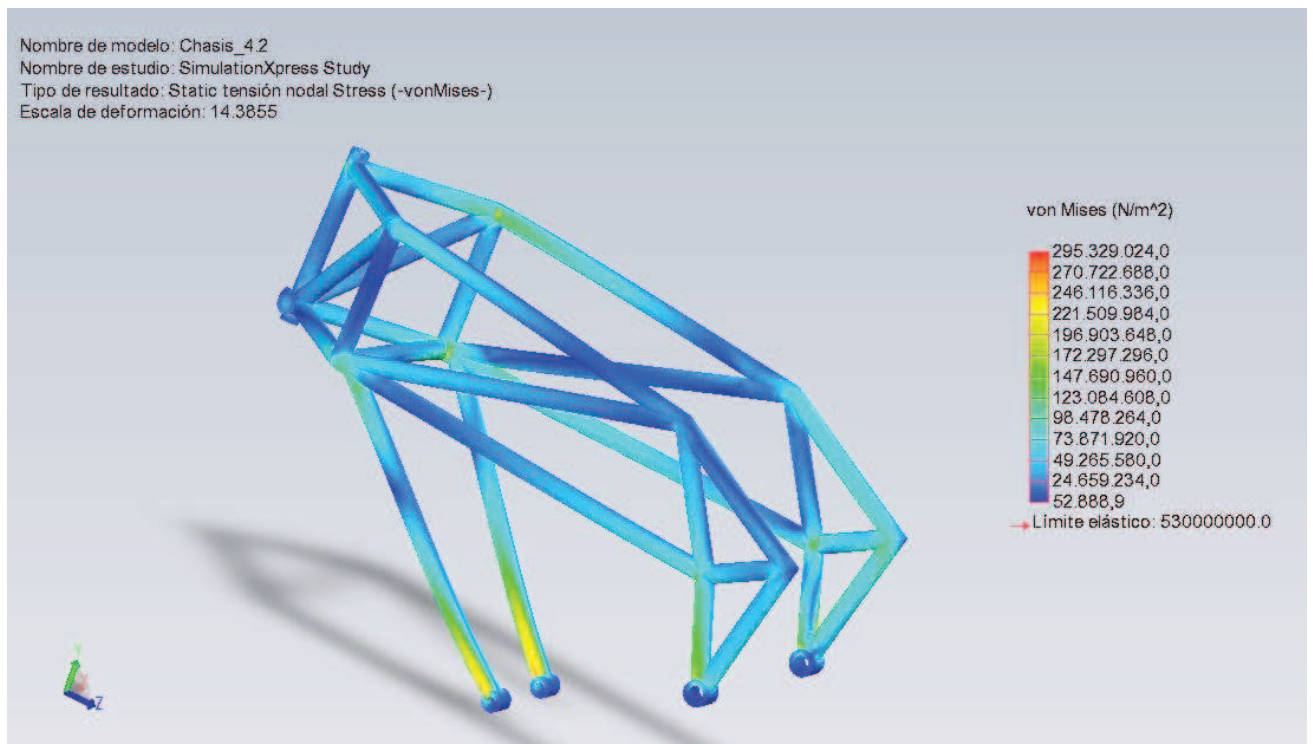


Figura 5.6 Ensayo a torsión

## 5.4.2. CHASIS DOBLE VIGA

El chasis elegido inicialmente como base del estudio y diseño, está constituido por perfiles de aluminio de sección rectangular que presentan una gran robustez y simplicidad constructiva, como se puede observar en la Figura 5.7.

Se irá analizando el chasis y optimizando el diseño hasta llegar a un diseño, menos robusto y que resista los esfuerzos a los que será sometido.

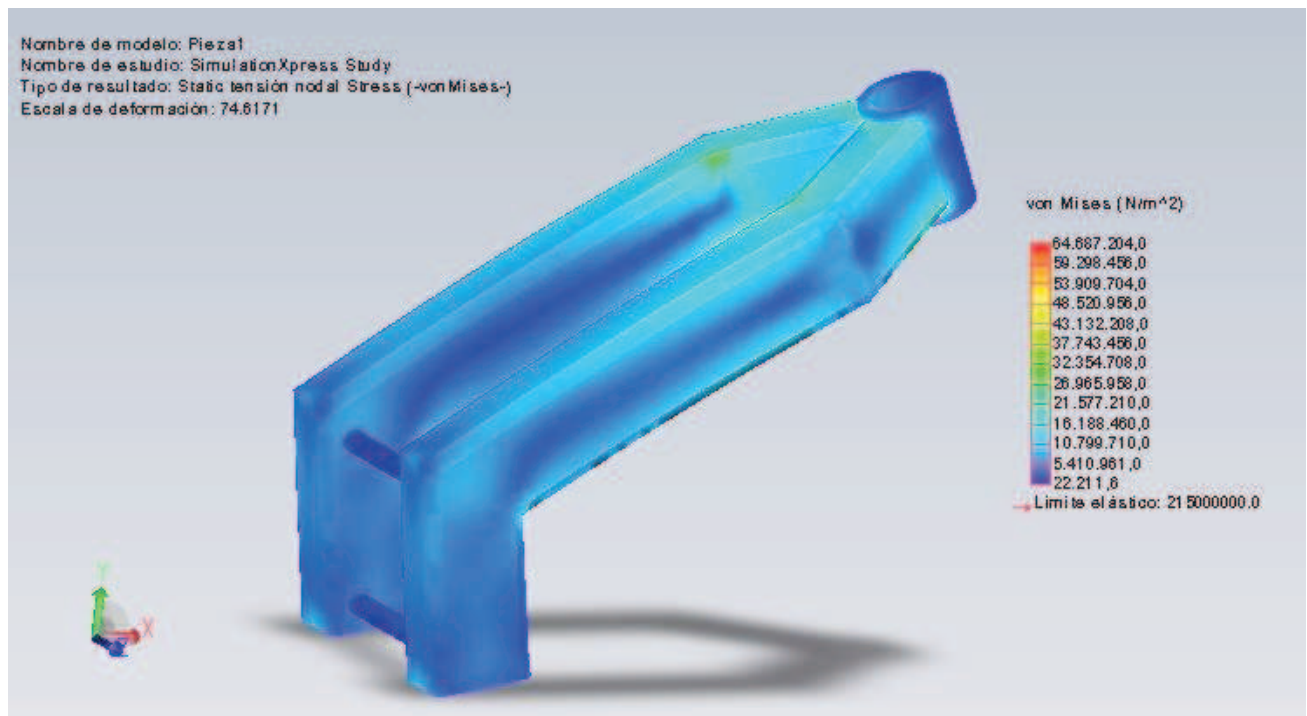


Figura 5.7 Chasis inicial, ensayo a frenada máxima

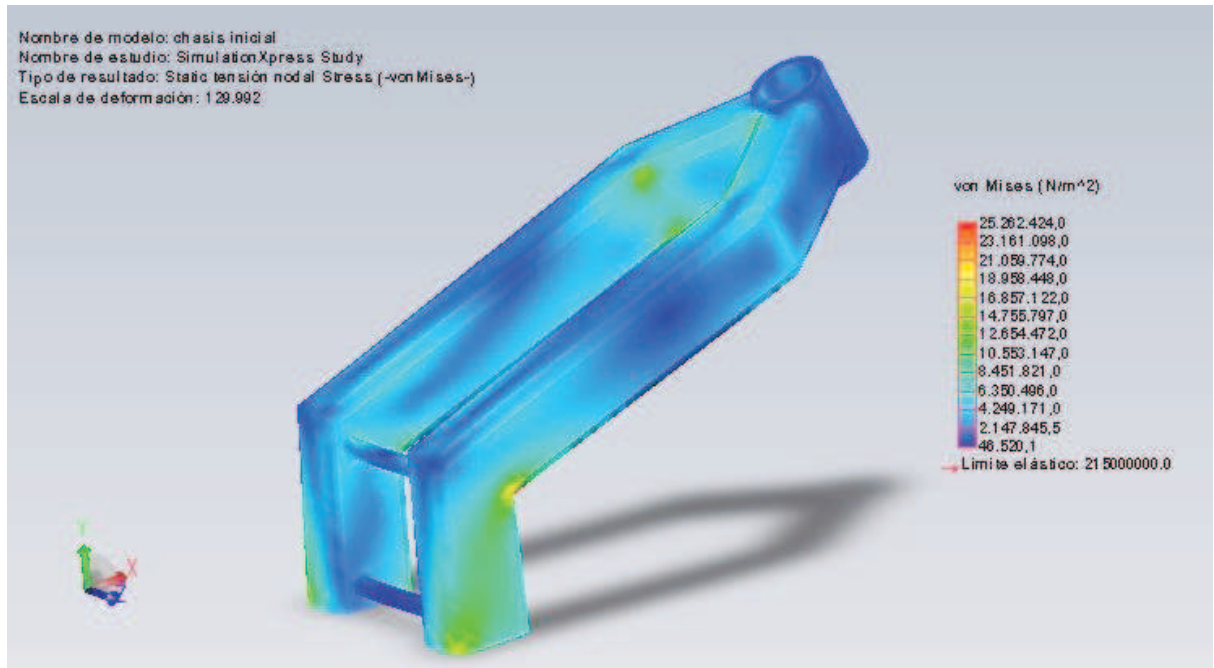


Figura 5.8 Chasis inicial, ensayo a torsión

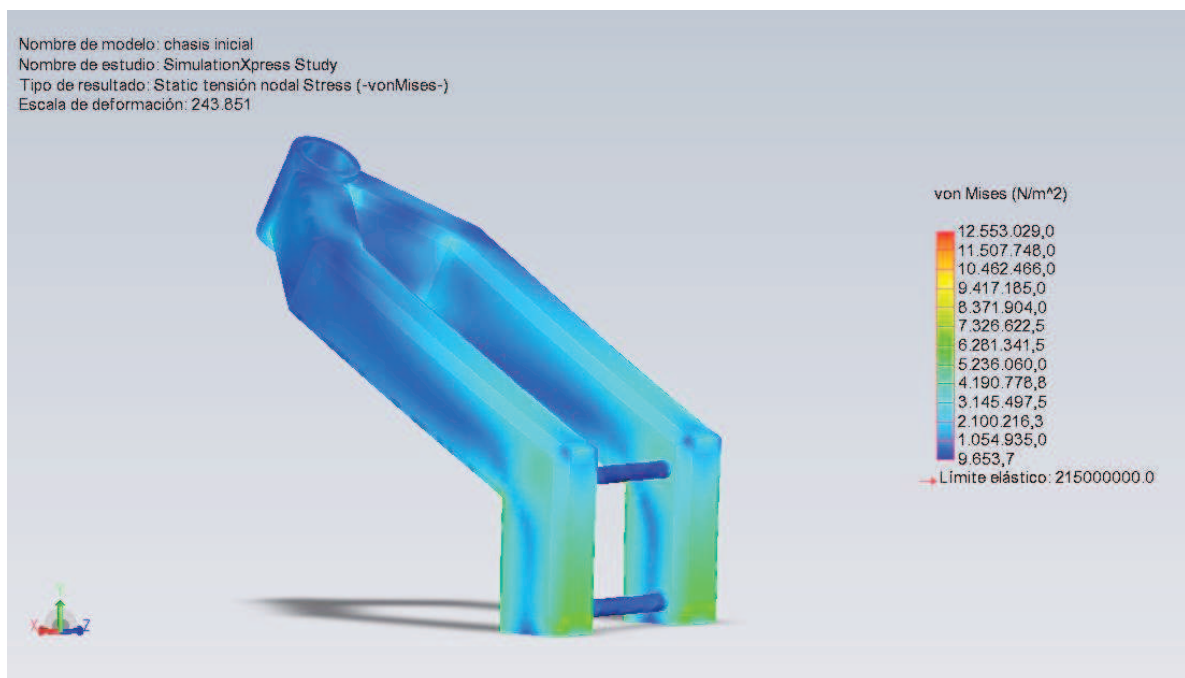


Figura 5.9 Chasis inicial, ensayo en aceleración máxima



### 5.4.3. CHASIS DOBLE VIGA OPTIMIZADO

Los resultados de los análisis que se muestran a continuación están calculados del mismo modo que cada uno de los anteriores, para el caso del chasis optimizado (Figura 5.10), los cuatro análisis de interés para determinar la vida a fatiga del chasis y cumplir con los requisitos de la organización que son: situación de máxima frenada con la rueda delantera, máxima velocidad de paso por curva, carga horizontal y vertical a aplicar en los test de las pruebas finales de la competición.

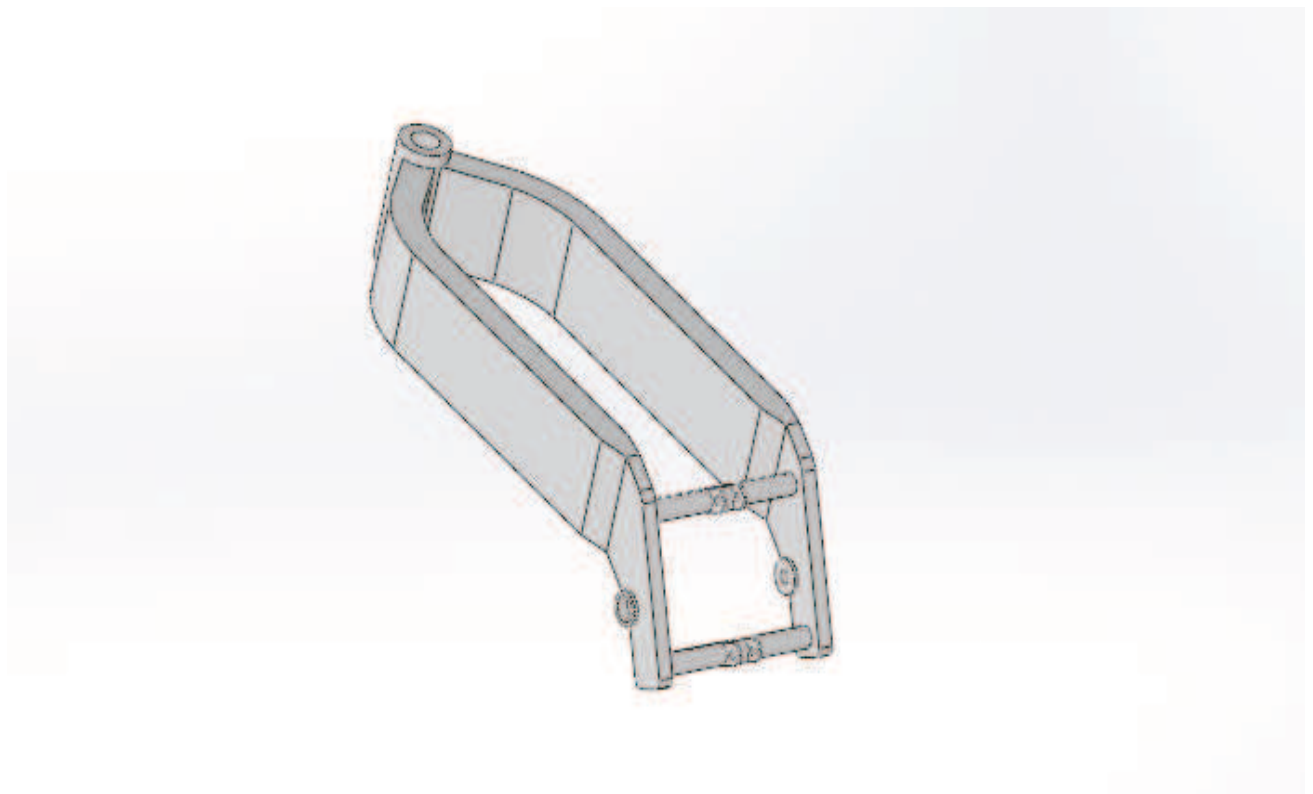


Figura 5.10 Diseño optimizado del chasis

En los sucesivos casos se puede apreciar que los valores de tensión obtenidos, no sobrepasan los valores de tensión deseados para obtener una vida infinita supuesta, ya que cabe recordar que el límite de fatiga se estima que ronda el 50% del límite elástico del material, por lo tanto se puede sacar en conclusión que además de cumplir el

objetivo deseado, tenemos un cierto margen de seguridad, que muchas veces ha de tenerse en cuenta por si se pudiesen pasar por alto algunos aspectos. A continuación se muestran los diferentes mapas de tensiones para cada uno de los casos de carga.

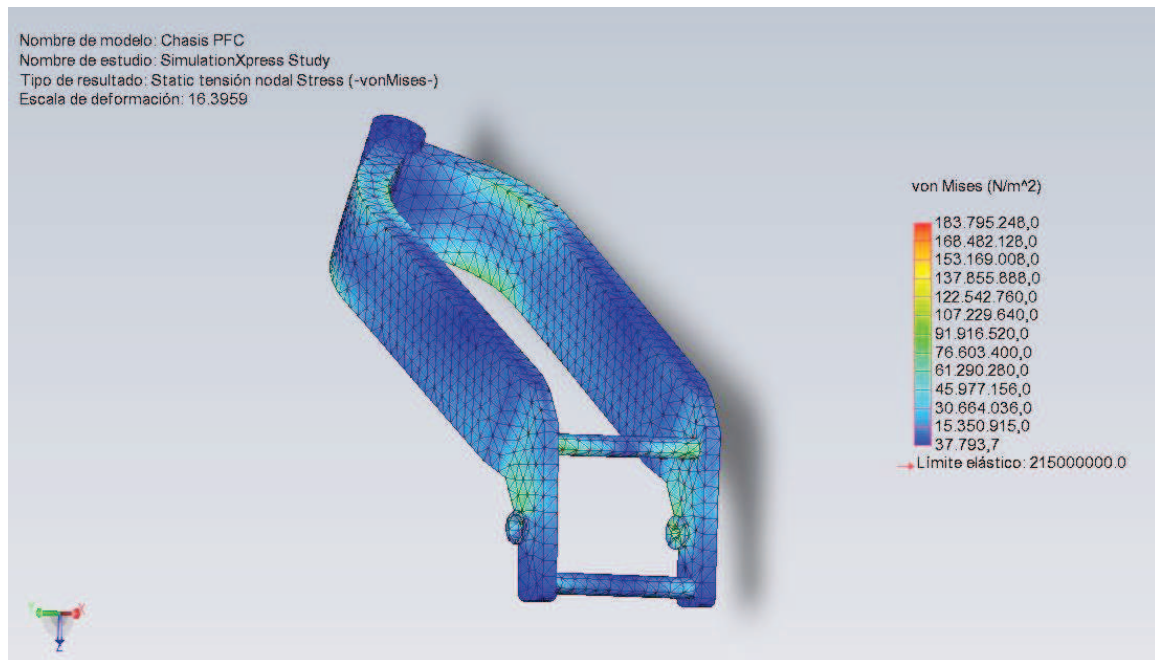


Figura 5.11 Ensayo a torsión

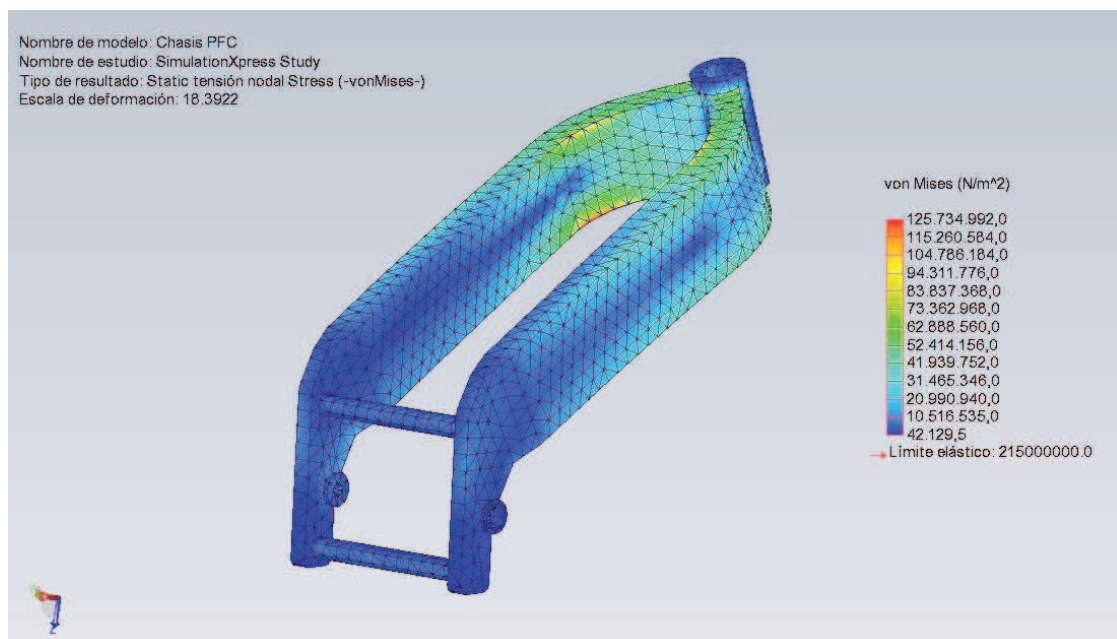


Figura 5.12 Ensayo frenada máxima

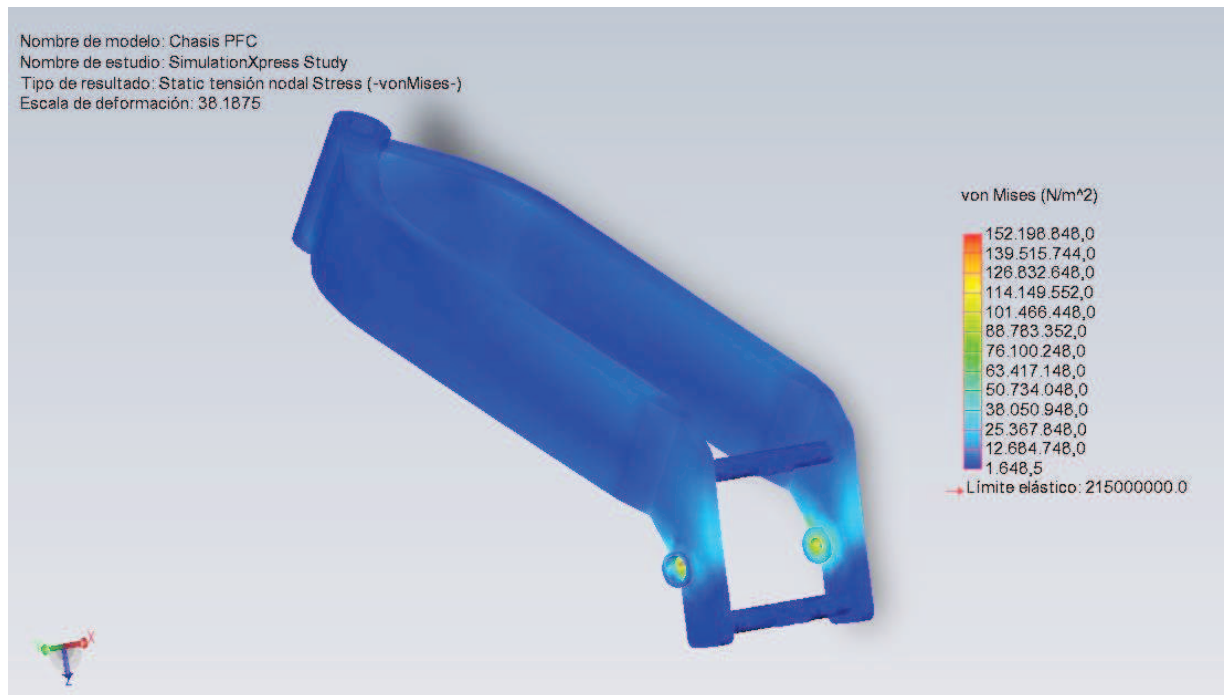


Figura 5.13 Ensayo aceleración

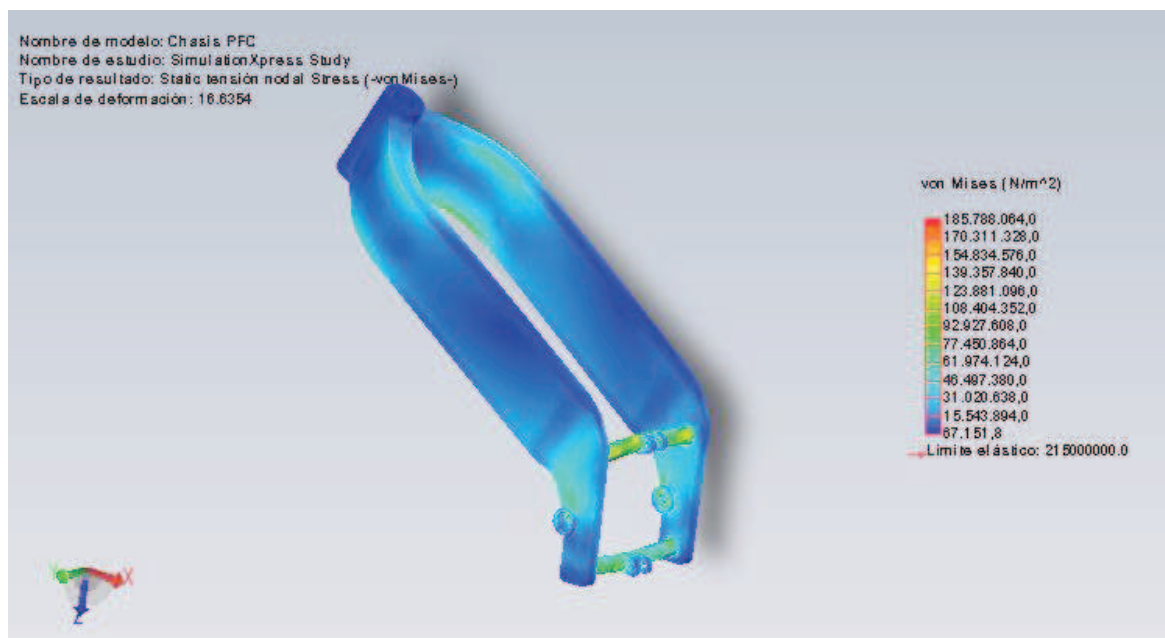


Figura 5.14 Ensayo en aceleración incluyendo esfuerzos de la suspensión





## 5.5. CONCLUSIONES

El diseño del conjunto de la motocicleta cumple con los requisitos técnicos estructurales marcados por la organización, con lo cual el primer objetivo del cálculo está cubierto.

Por otro lado, aunque el diseño es susceptible de ser mejorado para los estados de cálculo de frenada máxima, paso por curva a máxima velocidad y aceleración máxima, los cálculos realizados en el presente capítulo ofrecen cierta garantía de cara a la puesta en circuito del prototipo, aspecto importante ya que cubre el objetivo fundamental de proteger la integridad del piloto de pruebas. Cabe destacar además que las fuerzas que contribuyen en los casos anteriormente citados están levemente sobreestimadas para poder tener un cierto coeficiente de seguridad.

Se ha decidido un diseño de chasis en doble viga de aluminio en primer lugar porque se pueden conseguir unos mejores resultados de optimización ya que al ser más voluminoso se pueden redistribuir y optimizar mejor las masas. En segundo lugar porque es el sistema adoptado por la competencia, y al no poseer experiencia en el diseño y fabricación de chasis resultará mucho mejor a la hora de comparar datos de interés. En tercer y último lugar, se puede demostrar que los buenos resultados conseguidos por esta solución saltan a la vista; esto demuestra el potencial de éste diseño y el motivo que acaba de decantar la balanza en este lado, también hemos conseguido reducir el peso en 1.5Kg (7.8kg del chasis de aluminio respecto de los 9.3Kg del chasis de acero)

En el caso propuesto en el presente proyecto, se ha encontrado una buena disposición de maquinaria y personal cualificado para la fabricación del chasis doble viga de aluminio, lo que finalmente ha decantado la balanza por este tipo de chasis.

El tiempo empleado de mano de obra de corte y soldadura del material, es bastante menor que en el chasis multitubular de acero, debido a que éste está conformado por muchos más tramos.



## **6. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CHASIS**

El chasis se realizará por corte y soldadura de perfiles rectangulares y cilíndricos de aluminio 6063-T5. Se mecanizará un redondo para realizar la pipa y alojar en su interior los rodamientos para el tubo de dirección y, ciertos puntos de las placas macizas laterales del chasis serán mecanizados y taladrados para anclar las distintas piezas que se unen a este elemento que sirve de soporte principal del resto de componentes que forman la moto. La parte posterior del chasis donde éste se une con el basculante y el motor se obtienen mediante mecanizado.

Para la fabricación de todos componentes de aluminio de la motocicleta se usarán principalmente aleación de aluminio-silicio-magnesio 6063.

Para todas las piezas que requieran de soldadura se usará la aleación 6063. La soldabilidad de la aleación 6063 es muy buena lo que permitirá un importante ahorro de tiempo y una reducción en los posibles defectos debido a la soldadura. Todo el material de base 6063 habrá recibido, previo a la recepción en fábrica, un tratamiento térmico T5. El aluminio 6063 vendrá en forma de vigas cuadradas o redondas, chapa y de tochos para el mecanizado.

### **6.1. PROCESO DE MECANIZADO**

Se describen aquí, de forma esquemática, los procedimientos a seguir para la fabricación de algunos componentes de la motocicleta y un esquema con todo el proceso de montaje, desde la recepción de material hasta la salida del producto final. Todo el sistema de producción está basado en los planos que se pueden encontrar en el anexo I y en las hojas de proceso de mecanizado en el anexo II.

A continuación se detallan algunas de las piezas mecanizadas.

➤ Fabricación de las pletinas laterales

Las pletinas laterales parten de un macizo rectangular de 300x150x40, que se lleva a cortar por chorro de agua para dar la forma perimetral de la pieza. Se obtiene la siguiente pieza.

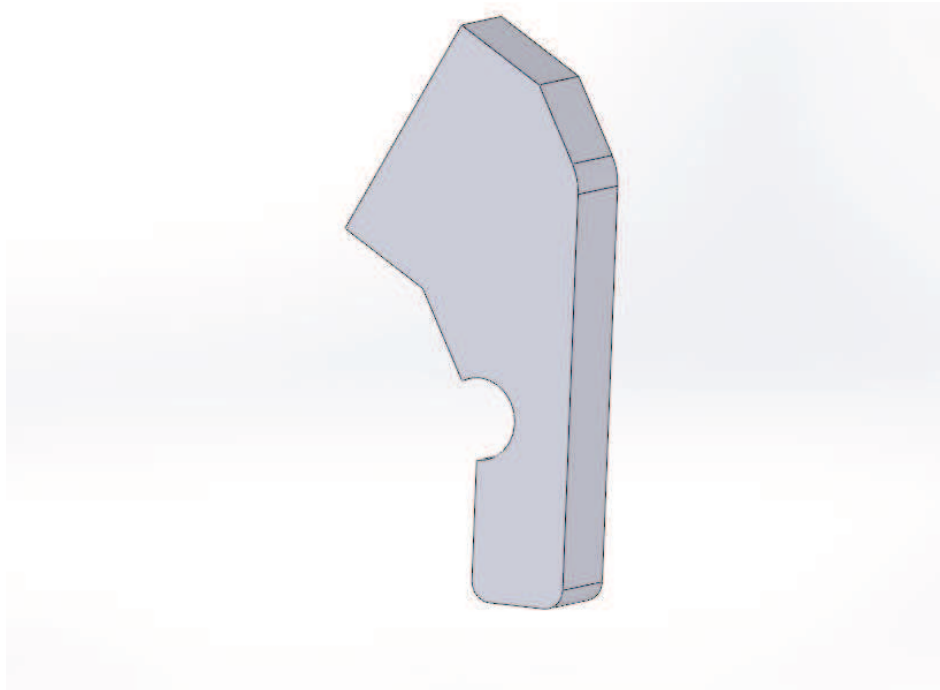


Figura 6.1 pletina lateral antes del mecanizado

A continuación se lleva a cabo un fresado frontal de la parte baja de la pletina, que se lleva a cabo por los dos laterales.

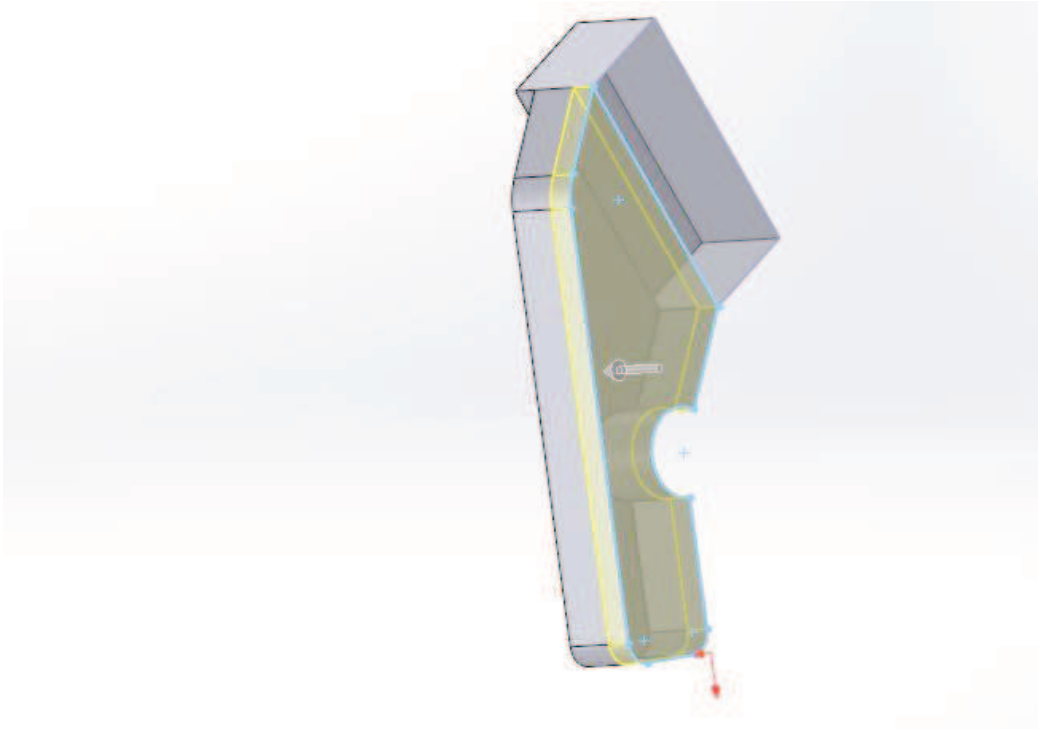


Figura 6.2 Pletina lateral en proceso de mecanizado

Después se fresa en ángulo para dar la forma definitiva.

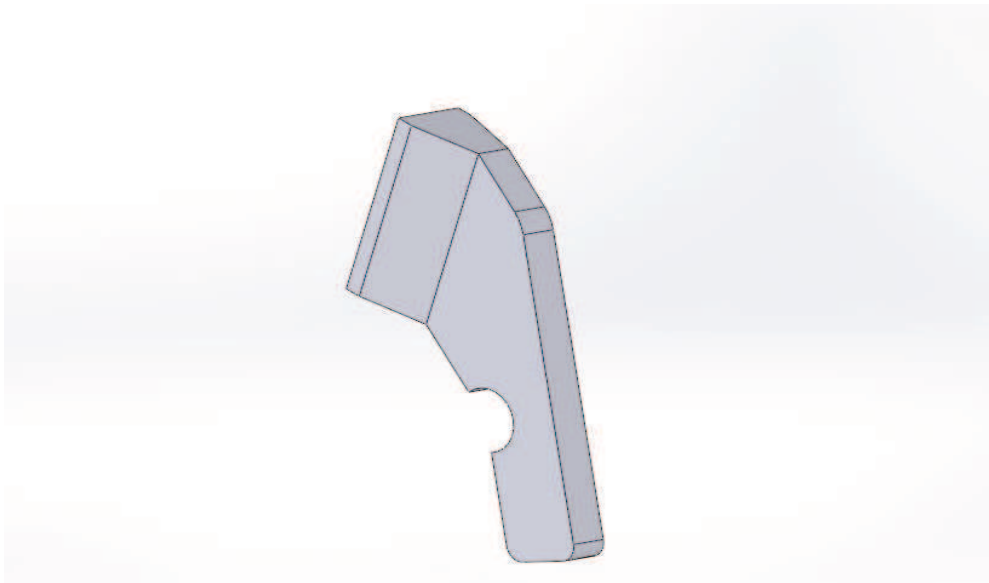


Figura 6.3 Pletina lateral después del mecanizado

- Fabricación de los soportes de la suspensión

Se parte de un macizo de aluminio de dimensiones 50x35x35.

Primero se mecaniza con una fresa circular.

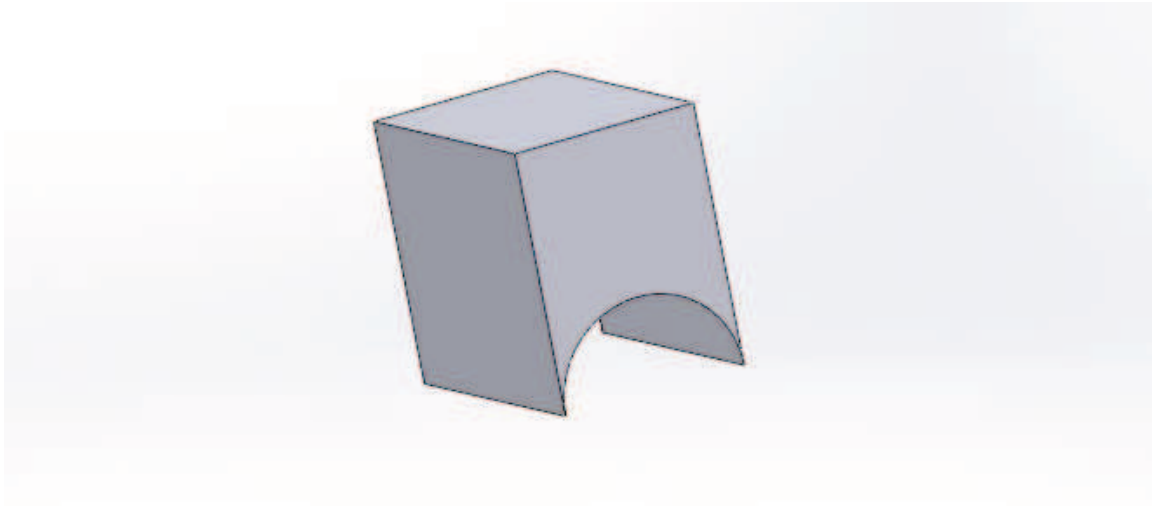


Figura 6.4 Soporte amortiguador en proceso de mecanizado

Después de hace el redondeo de la parte superior.

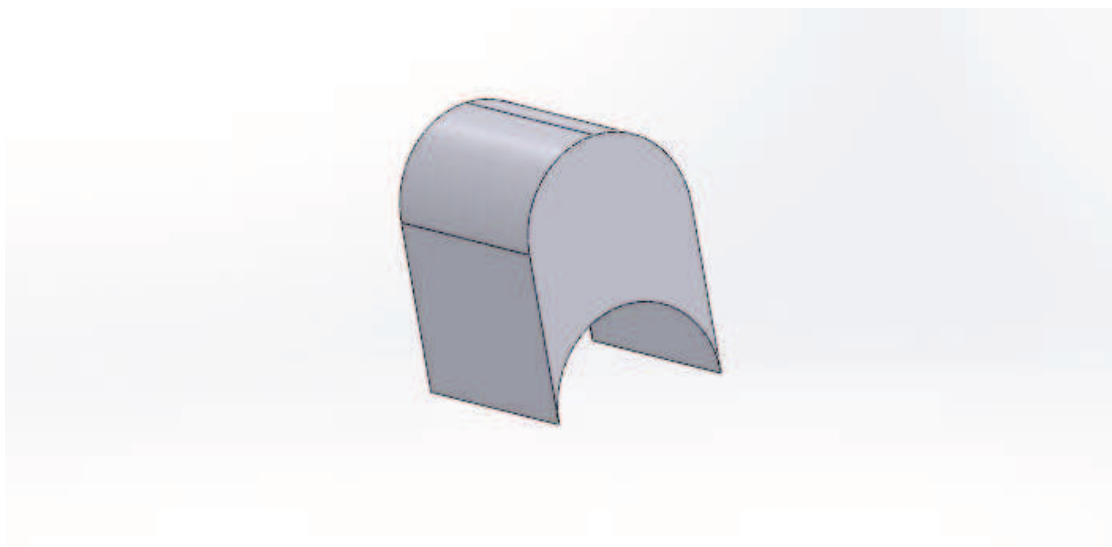


Figura 6.5 Soporte amortiguador en proceso de mecanizado

Más tarde se hace el agujero donde ira atornillado el amortiguador.

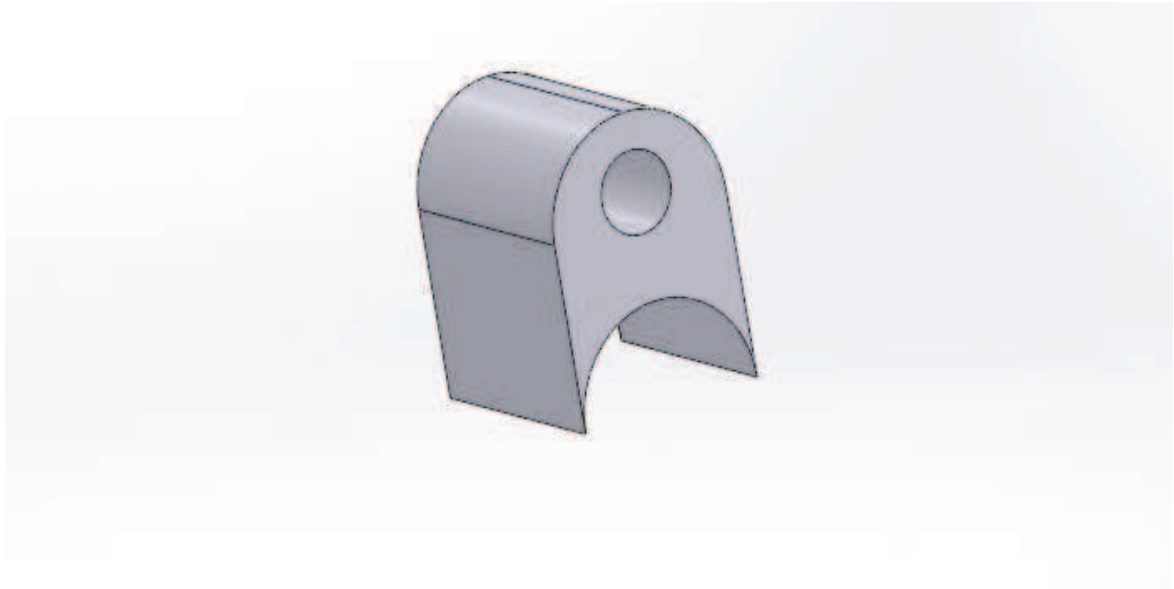


Figura 6.6 Soporte amortiguador en proceso de mecanizado

Y por último se fresa la parte central donde ira alojado la parte superior del amortiguador.

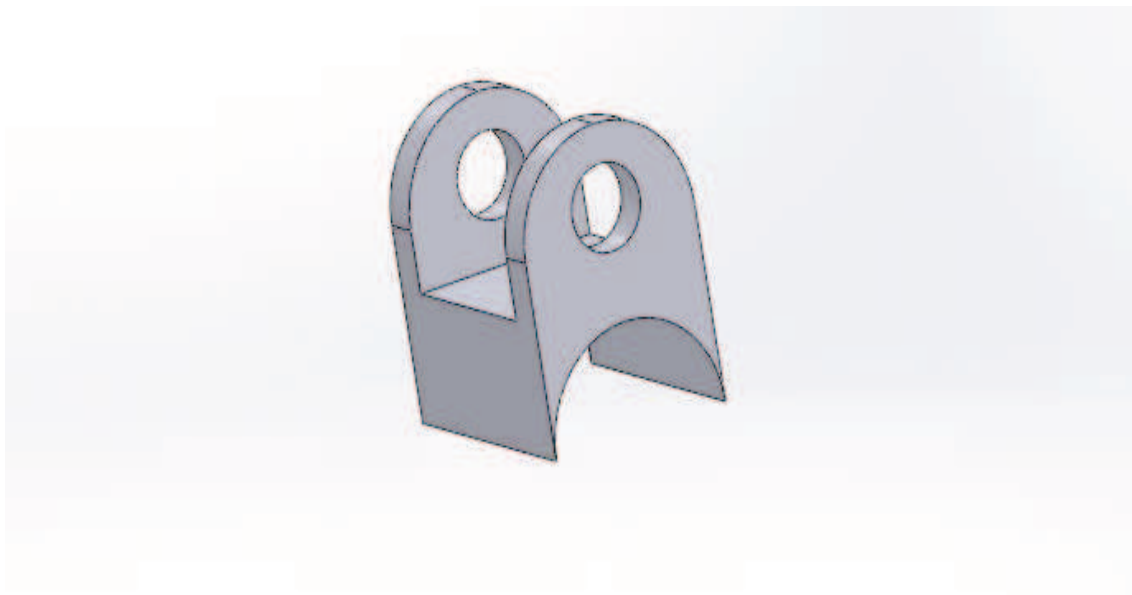


Figura 6.7 Soporte amortiguador terminado



## **6.2. PROCESO DE SOLDADURA**

Las aleaciones de aluminio se sueldan al arco, bajo atmósfera inerte (argón, helio o una mezcla de los dos) y normalmente se usan dos técnicas: la soldadura MIG y la soldadura TIG. Para soldar los distintos elementos del chasis y el basculante, se usará la soldadura TIG. Todo el procedimiento y preparaciones se describen en el siguiente apartado.

Soldadura al arco bajo atmósfera inerte con electrodo refractario o procedimiento TIG (Tungstene Inert Gas).

En este procedimiento se hace saltar un arco eléctrico entre un electrodo refractario de tungsteno y la pieza a soldar, mientras que un chorro de gas inerte, generalmente argón, rodeando el electrodo, protege el baño de fusión contra la oxidación. Una varilla de aportación sujeta con la mano alimenta el baño de fusión. Este procedimiento utiliza una fuente alimentada por corriente alterna estabilizada por HF específicamente concebida para la soldadura de las aleaciones de aluminio. Se utiliza en espesores comprendidos entre 1 y 6 mm y se puede robotizar. En la soldadura de aluminio con arco de tungsteno y gas de protección inerte (TIG) se usa una fuente de corriente alterna de 50 Hz., una corriente de alta frecuencia superpuesta (CA). El electrodo es no fusible de tungsteno puro o tungsteno aleado con circonio. Este método de soldadura se puede usar en todas las posiciones y utilizado correctamente permite la obtención de una soldadura de gran calidad. El arco rompe la película de óxido y por lo tanto, para la automática se usa hilo en bobinas. Como regla, se usa la soldadura TIG para espesores de 0,7 a 10 mm, pero no hay realmente un límite máximo. Se deben preparar los bordes cuidadosamente para que no haya aberturas entre las placas, ya que es mucho más fácil de controlar el baño de fusión si la separación es mínima. En espesores superiores a 5 mm. Se deben biselar las aristas de las uniones a soldar. Cuando se trata de soldadura de chapa fina resulta más ventajoso el uso de plantilla para evitar las distorsiones debidas al calor de la soldadura y las separaciones entre bordes debidas a aquellas.





### **Materiales de aportación**

En la soldadura TIG se puede o no utilizar materiales de aportación. Las mejores propiedades de la junta soldada en lo que se refiere a la resistencia, corrosión y ausencia de fisuras, se obtiene cuando se usan materiales de aportación de acuerdo con la tabla que en otras páginas detallamos.

No existe una norma general para la elección de los materiales de aportación debido al tipo de utilización y al parámetro que interese más en cada caso. Las de alto contenido en magnesio AlMg5 (EN AW 5356-5556) dan mayor resistencia, mientras que la de AlSi5 (EN AW 4043) es más resistente a la fisuración y proporciona mejor flujo de metal durante el proceso de fusión de las aleaciones templables. Este tipo de aleaciones (AlCu - AlMgSi - AlZn), no se deben soldar con material de aportación del mismo grupo de aleación por el proceso de fisuración. En el caso de que el material se vaya a anodizar posteriormente a la soldadura, se evitará el material de aportación AlSi5 porque cogerá en la zona de soldadura un color muy oscuro. Con el fin de reducir el peligro de la corrosión bajo tensión y aumentar la resistencia, se ha añadido Cu a las aleaciones de AlZnMg. Al hacer esto también empeora la soldabilidad. Diversas investigaciones señalan que se puede añadir como máximo 0,2% de Cu, antes de que el peligro de fisuración en caliente aumente considerablemente. Se elige en este caso el AlSi5 (EN AW 4043).

### **Atmósfera controlada**

Como gases de protección para la soldadura TIG, se usan siempre los gases inertes Argón y Helio. Durante la soldadura el gas inerte enfría la boquilla de soldadura y protege, al mismo tiempo, al electrodo y al baño de fusión. El gas también participa en el proceso eléctrico en el arco. Los gases comerciales que generalmente se usan son los siguientes:

- Argón, pureza 99,95 %.
- Argón + Helio (30/70, 50/50) para soldadura MIG, da un baño de fusión más amplio y caliente.



**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 104 de 112

- Helio para corriente continúa. En la soldadura TIG proporciona una fusión más caliente y velocidad de soldadura mayor, pero es más caro y requiere mayor consumo.

El Argón puro es el gas que con mayor frecuencia se usa y se debe emplear en la soldadura normal de taller, puesto que es mucho más económico y requiere menor flujo de gas. El Helio se usa sólo cuando se exige mayor penetración, por ejemplo, en soldadura en ángulo o cuando se suelda un material muy grueso.

### **Ambiente**

Cuando se suelda el aluminio, se producen diferentes tipos de humos y gases; lo mismo que en el caso de la soldadura de acero, con el fin de evitar la propagación de esta contaminación es aconsejable la instalación de extractores de humos y gases. La intensidad del arco es mucho mayor que en la soldadura de acero y bajo ningún concepto se debe mirar al arco sin una máscara de protección adecuada. La radiación ultravioleta (UV) intensa puede dañar los ojos y la piel, por lo cual el soldador de aluminio debe llevar ropa de protección que cubra todo el cuerpo. La cantidad de gas depende del método de soldadura, material de aportación y tipo de aleación. La soldadura TIG produce una cantidad de humo considerablemente menor que la soldadura MIG, debido al contenido menor de energía en el arco. Por esta razón es necesaria una buena ventilación general en combinación con medidas individuales como máscaras de aire fresco o dispositivos de aspiración de humos local (In situ).

### **El arco**

El proceso eléctrico en el arco es de gran importancia para comprender lo que pasa en la soldadura de aluminio. En principio se puede soldar con corriente continua (CC) o con corriente alterna (CA). Si observamos primero la CC, podemos elegir entre dos casos de polaridades diferentes, polaridad negativa y polaridad positiva. La polaridad negativa cede la mayor parte de su energía a la pieza de trabajo, 70 %, de modo que obtenemos un baño de fusión profundo, con buena penetración. La carga sobre el electrodo es reducida, lo cual es una ventaja en la soldadura TIG. Una gran desventaja, al emplear



**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 105 de 112

esta polaridad es que el arco rompe la película de óxido, de modo que se impone un tratamiento previo de material, como la preparación cuidadosa de los bordes, limpieza muy cuidadosa y bordes biselados. En combinación con arco pulsado se puede soldar chapa fina desde 0,06 mm. Es típico que en la distribución de calor, el 70 % corresponda al electrodo.

El baño de fusión es relativamente ancho y de escasa profundidad resultando en poca penetración.

La ventaja determinante para el uso de polaridad positiva consiste en el efecto rompedor de la película de óxido del arco, con tal eficacia, que dicha película ya no sea obstáculo para conseguir una buena calidad en la soldadura. El mecanismo para este efecto rompedor de la película de óxido no es completamente conocido, pero una explicación, es que se debe al bombardeo de la superficie de iones metálicos positivos análogo a la limpieza de superficies por chorreo.

Aunque el arco tiene esta propiedad no se debe prescindir de la eliminación del óxido antes de empezar la soldadura. El arco no es capaz de romper las películas de óxido gruesas formadas durante la laminación de chapas en caliente, sino sólo las capas finas que se forman después de la limpieza. La soldadura con corriente alterna (CA) implica que la polaridad se cambia aproximadamente 100 veces por segundo y, por lo tanto, se pueden considerar las propiedades de la soldadura con CA como el promedio entre los dos casos en la soldadura con corriente continua. La distribución del calor es casi la misma entre el electrodo y la pieza de trabajo; la penetración y ancho del baño de fusión cae entre los valores que rigen para los dos casos anteriores. El arco tiene todavía un efecto rompedor de la película de óxido. La corriente alterna se usa en la soldadura TIG normal con argón como gas protector. La corriente absorbida por el equipo se altera debido a la acción rectificadora del arco; por esta razón se ha diseñado una máquina para soldadura TIG que compensa este efecto.



### **Preparaciones previas a la soldadura**

La limpieza antes de la soldadura es esencial para conseguir buenos resultados. La suciedad, aceites, restos de grasas, humedad y óxidos deben ser eliminados previamente, bien sea por medios mecánicos o químicos. Todo el material deberá de examinarse y de limpiarse antes de proceder con la soldadura.

Al soldar secciones gruesas con delgadas, las dilataciones y contracciones pueden dar lugar a grietas y distorsiones. Será necesario precalentar las piezas antes de soldar. La temperatura de precalentamiento depende de la forma, aleación y tratamiento térmico de la aleación. Las piezas de la motocicleta con un espesor mayor a los 6mm requerirán de precalentamiento, lo que proporcionará un ahorro de tiempo de los soldadores y una mejora en la calidad de las soldaduras.

### **Fabricación del chasis**

Como se ha descrito con anterioridad, el chasis estará dividido en siete partes principales claramente diferenciadas y cuenta con distintos procesos de fabricación, que posteriormente se soldarán en el potro (banco de soldadura), construido a tal efecto para que queden perfectamente alineados y sujetos todos los tramos para soldarlos.

Material: aluminio 6063

Perfil rectangular 120x40x4, tocho redondo  $\phi 70$  (pipa dirección) y perfil redondo 20x2 (tirantes al motor), plancha rectangular 300x150x40 (pletinas laterales), placa rectangular 70x50x50 (soporte amortiguador).

A continuación se representan una figura enumerando del 1 al 6 el orden de la soldadura de las diferentes piezas que componen el chasis.

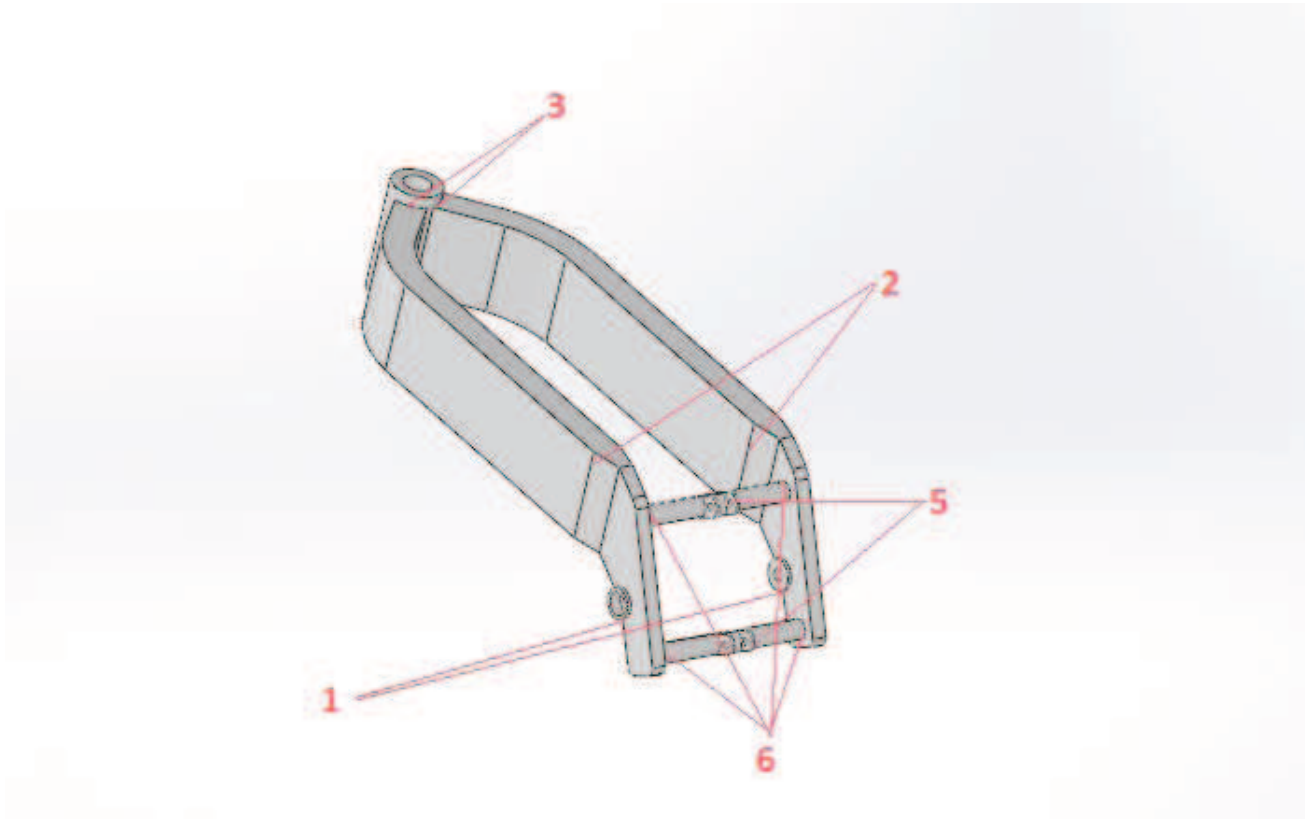


Figura 6.8 Secuencia de soldadura



Figura 6.9 Chasis MotoUPCT en proceso de soldadura



## 7. PRESUPUESTO

El presente presupuesto se ha elaborado en base a los planos y proceso de fabricación del prototipo.

El presupuesto para prototipo se divide en dos partes:

- Costes de los materiales en bruto
- Costes de conformado, mecanizado y soldadura.

El presupuesto de mano de obra y material se describe en la tabla siguiente, sin tener en cuenta el precio del transporte. Los precios deben ser tomados como referenciales, ya que varían según el mercado.

### ➤ Coste de los materiales

Tipo de material	Coste material	Cantidad de material	Coste total
Tubo rectangular 120x40x4	16,33 €/m	1,18 m	19,27 €
Tubo redondo 25x2	4,87 €/m	1,022 m	4,98 €
Macizo redondo 40mm	6,48 €/m	0,11 m	0,71 €
Macizo redondo 80mm	10,8 €/m	0,14 m	1,51 €
Macizo rectangular 300x150x40	9,84 €/m <sup>2</sup>	0,3x0,15 m <sup>2</sup>	19,68 €
Macizo rectangular 50x35x35	2,35 €/m <sup>2</sup>	0,05x0,035 m <sup>2</sup>	4,7 €
TOTAL			50.85 €



**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 109 de 112

➤ Coste de mecanizado

El tiempo de mecanizado ha sido calculado de la siguiente manera:

$$t = \frac{L}{n * Va}$$

Siendo:

t= Tiempo

L= Longitud a mecanizar

n= Velocidad de rotación

Va= Velocidad de avance

También se han tenido en cuenta los cambios de herramienta y reposición de material, estando más detallado en el anexo II.

Pieza	Tiempo	Coste	Total
Pipa	22.2 min	0.7 €/min	15.54 €
Pletina lateral	35.63 min	0.7 €/min	24.95 € x2
Casquillo pletina	2.75 min	0.7 €/min	1.93 € x2
Soporte amortiguador	8.4 min	0.7 €/min	5.88 € x2
Casquillo motor	2.75 min	0.7 €/min	1.93 € x2
Coste total de mecanizado			84.92 €

➤ Coste de piezas cortadas y conformadas

Pieza	Longitud	Coste	Total
Viga lateral	0.365 m	45 €/m	16.43 € x2
Viga lateral (doblado)		33 €	33 € x2
Barra soporte motor	0.0756 m	45 €/m	3.41 € x2
Pletina lateral	1.728 m	45 €/m	77.76 € x2
Coste total de corte			261.2 €





**PROYECTO DE:  
DISEÑO Y FABRICACION DE UN CHASIS DE  
MOTOCICLETA DE 125cc PARA MOTOSTUDENT**

**Realizado por:  
José Antonio Cano Corbalán**

Página 110 de 112

➤ Coste de soldadura

Piezas a soldar	longitud	coste	total
Pletina lateral – casquillo	14.6 cm	1.5 €/cm	21.9 €
Pletina lateral – viga	64.0 cm	1.5 €/cm	96 €
Viga – pipa dirección	65.0 cm	1.5 €/cm	97.5 €
Soporte amortiguador – barra	14.0 cm	1.5 €/cm	21 €
Barra – pletina lateral	31.4 cm	1.5 €/cm	47.1 €
Coste total de soldadura			283.5 €

➤ Coste total del prototipo del chasis

Coste del material	50.85 €
Coste del mecanizado	84.92 €
Coste del corte	261.2 €
Coste de la soldadura	283.5 €
<b>TOTAL</b>	<b>680.47 €</b>



## 8. Bibliografía básica

- Tony Foale, “Motocicletas. Comportamiento dinámico y diseño de chasis”, Ed. Tony Foale, Madrid. 2003.
- Gaetano Cocco, “Motorcycle Design and Technology”, Ed. Giorgio Nada Editore. Milán. 2004.
- Joseph Edgard Shigley. Charles R. Mischke: “Diseño en ingeniería mecánica”, Ed. Mc Graw Hill, México 1996.
- Manuel Arias-Paz Guitián, “ARIAS-PAZ. Motocicletas.”, Ed. CIE DOSSAT 2000.
- John Bradley, “The Racing Motorcycle. A technical guide for constructors. Vol. 1 y 2.”, Ed. Broadland Leisure Publications.



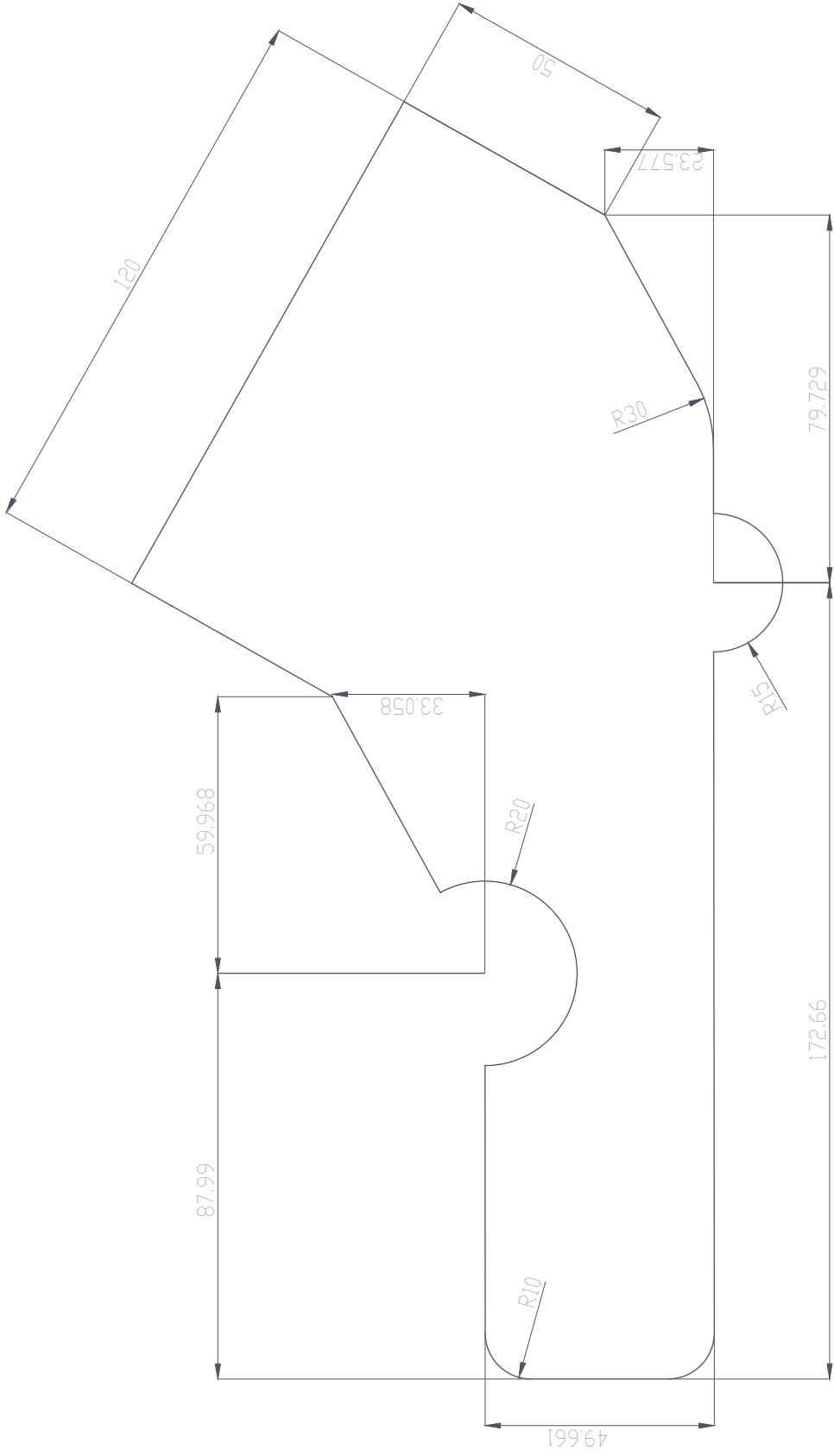
Prototipo final construido MotoUPCT M1



Equipo MotoUPCT con el premio al segundo clasificado

**ANEXO I**

**PLANOS**



Observaciones

plano para corte por chorro de agua

Escala

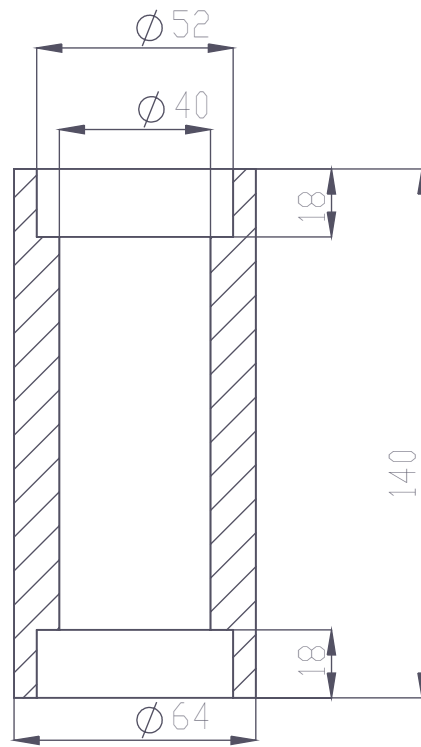
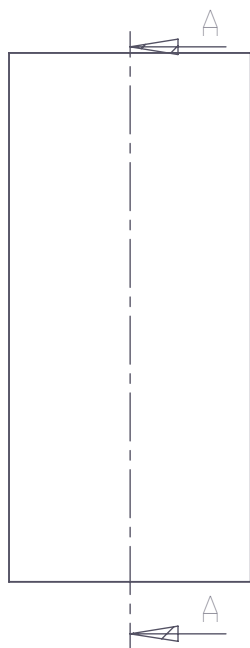
1:1

Pletina lateral

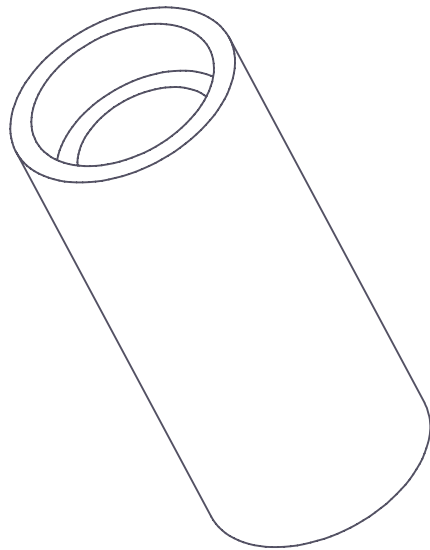
Jose Antonio Cano Corbalan

Nº de plano

1



SECCIÓN A-A



Observaciones

Jose Antonio Cano Corbalan

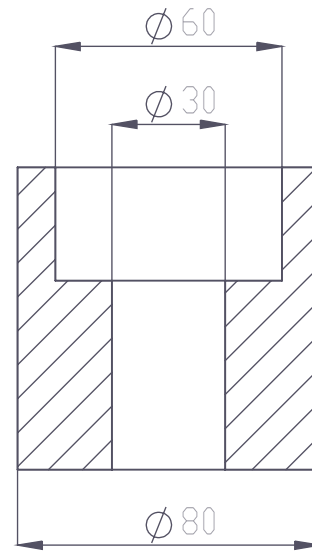
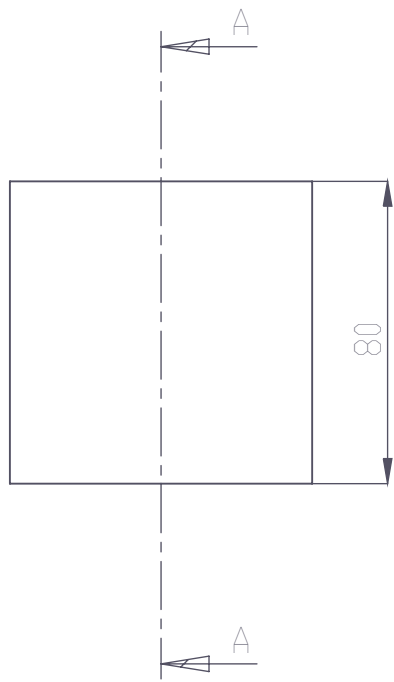
Escala

1:1

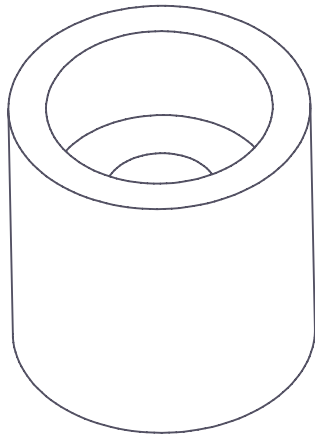
Pipa de direccion

Nº de plano

2



SECCIÓN A-A



Observaciones

Jose Antonio Cano Corbalan

Escala

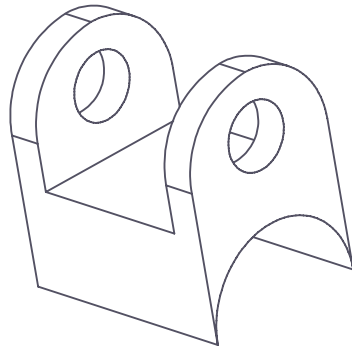
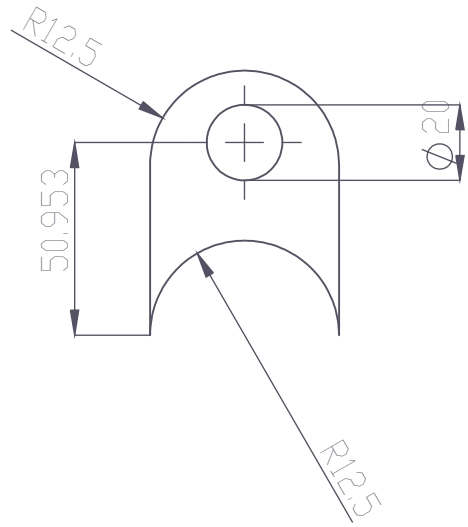
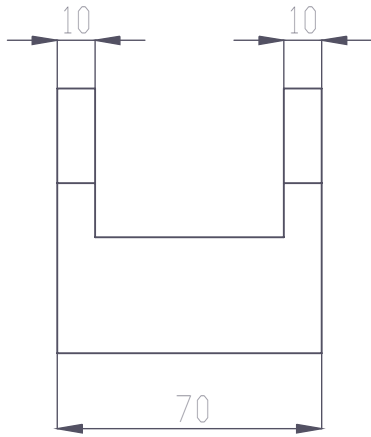
1:1

Casquillo eje basculante

Nº de plano

3





Observaciones

Jose Antonio Cano Corbalan

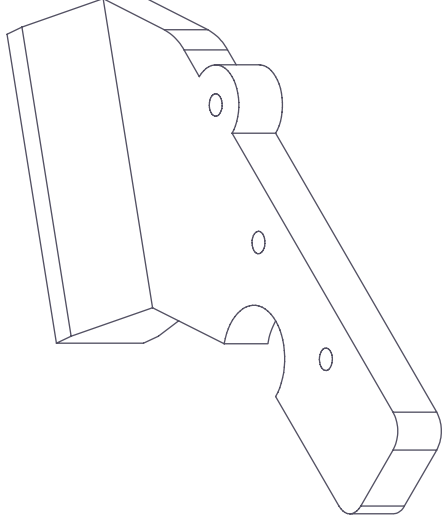
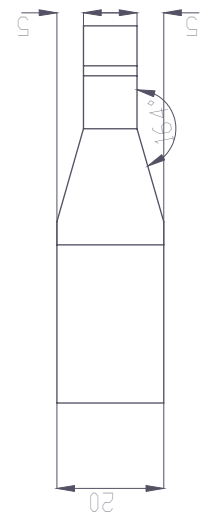
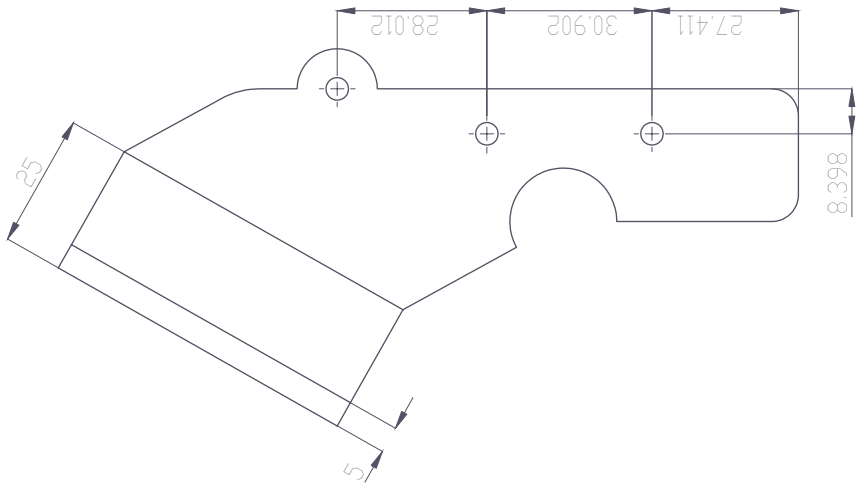
Escala

1:1

Soporte amortiguador

Nº de plano

4



Observaciones

plano para mecanizado

Escala

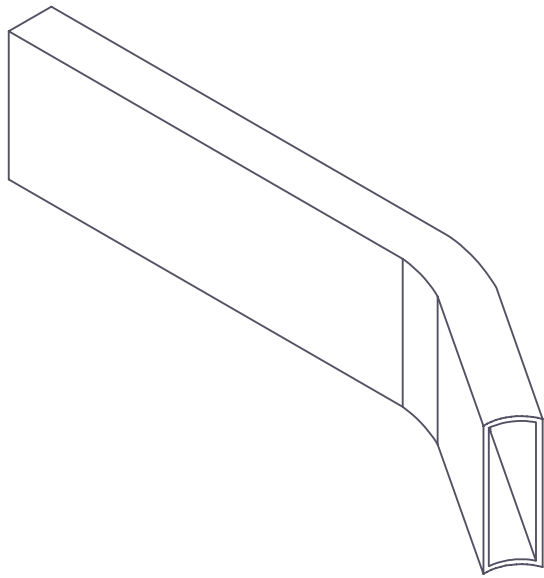
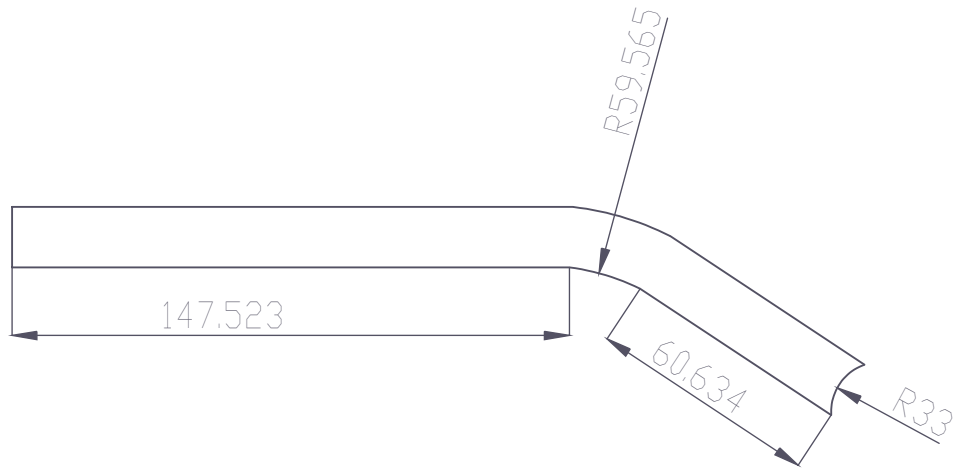
1:2

Pletina lateral

Jose Antonio Cano Corbalan

Nº de plano

5



Observaciones

Perfil rectangular 120x40x4

Jose Antonio Cano Corbalan

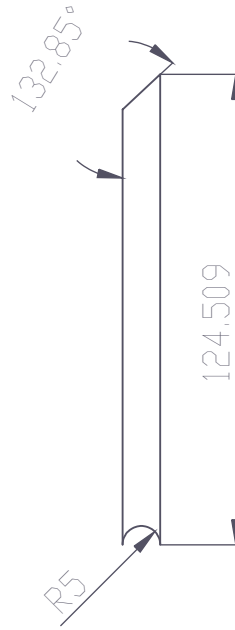
Escala

1:5

Viga chasis

Nº de plano

6



Observaciones

Barra normalizada 25x2

Jose Antonio Cano Corbalan

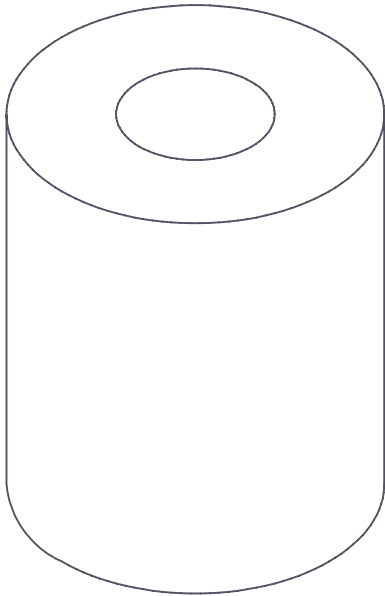
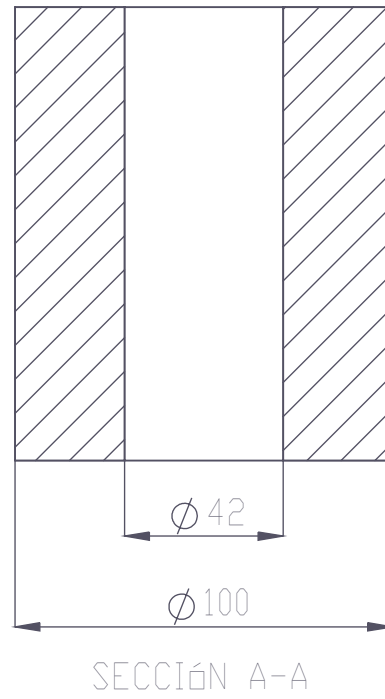
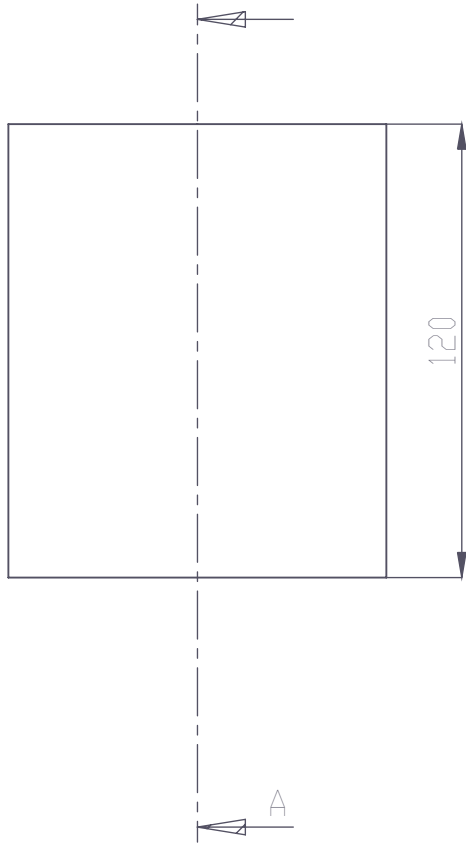
Escala

1:5

Barra soporte motor

Nº de plano

7



Observaciones

Jose Antonio Cano Corbalan

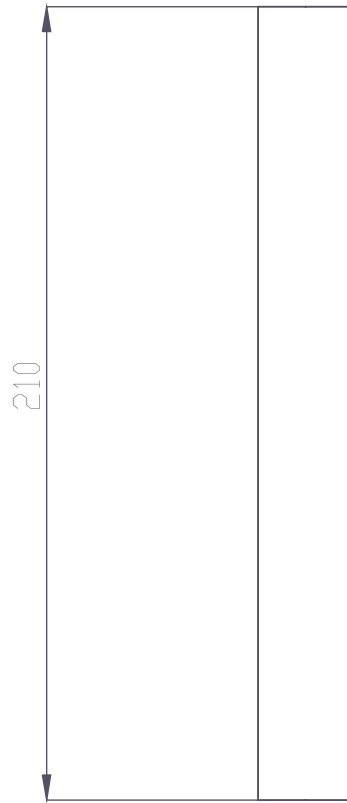
Escala

Casquillo soporte motor

Nº de plano

**2:1**

**8**



Observaciones

Barra normalizada 25x2

Jose Antonio Cano Corbalan

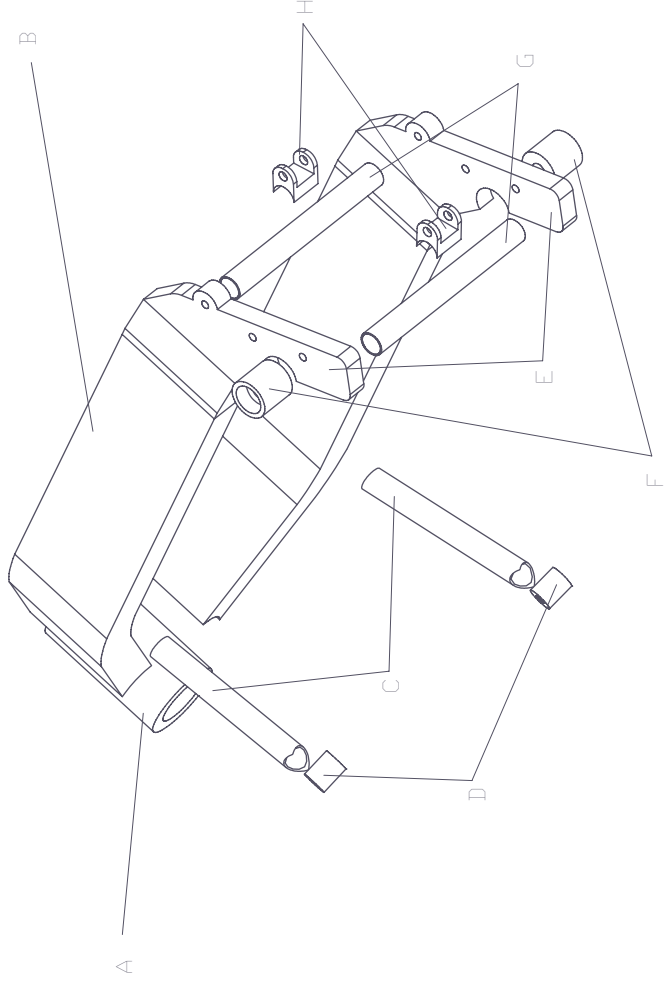
Escala

1:2

Barra cruzada

Nº de plano

9



Letra	Descripción	Plano
A	Pipa de dirección	2
B	Viga chasis	6
C	Barra soporte motor	7
D	Casquillo soporte motor	8
E	Pletina	5
F	Casquillo soporte basculante	3
G	Barra cruzada	9
H	Soporte amortiguador	4

Observaciones		Jose Antonio Cano Corbalan
plano para montaje		
Escala	Chasis explotado	Nº de plano
1:10		10



**ANEXO II**

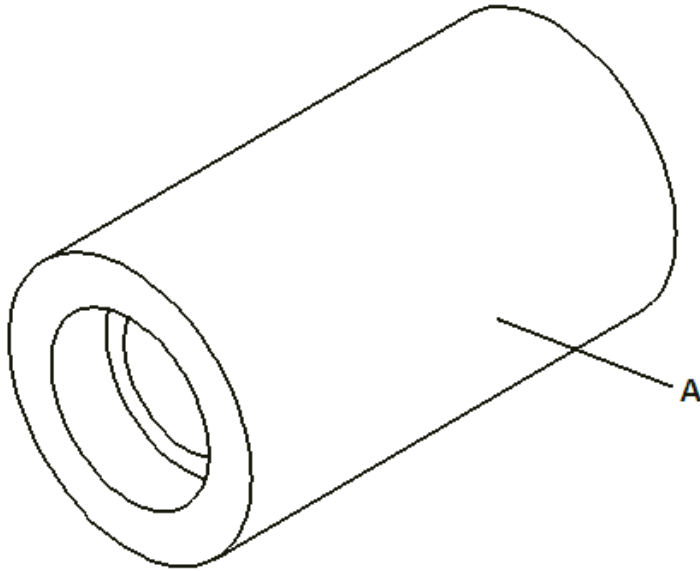
**HOJAS DE PROCESO**



**Hoja de proceso**  
**Pieza "A" – pipa de dirección**

Plano nº

**2**



Operación	Descripción	V <sub>c</sub> (rpm)	V <sub>a</sub> (mm/rev)	P (mm)	L (mm)	T (s)
1	Montar herramienta 08-KR H13A					
2	Cilindrado de desbaste de la cara "A"	300	0.25	4	70	56
3	Cilindrado de acabado de la cara "A"	1000	0.1	1	70	42
4	Montar herramienta 04-KF H14B					
5	Montar broca de 10mm					30
6	Hacer agujero	300	0.25		70	56
7	Montar broca de 20mm					30
8	Hacer agujero	300	0.25		70	56
9	Montar herramienta de interior SCLPR 06					45
10	Cilindrado de desbaste interior, hacer 5 pasadas	300	0.25	4	70	280
11	Cilindrado de desbaste interior	300	0.25	5	18	15
12	Cilindrado de acabado interior	1000	0.1	1	18	11
13	Dar la vuelta a la pieza					45
14	Repetir operaciones desde 1 hasta 10					666
15	Tiempo total 23.2 minutos					1392

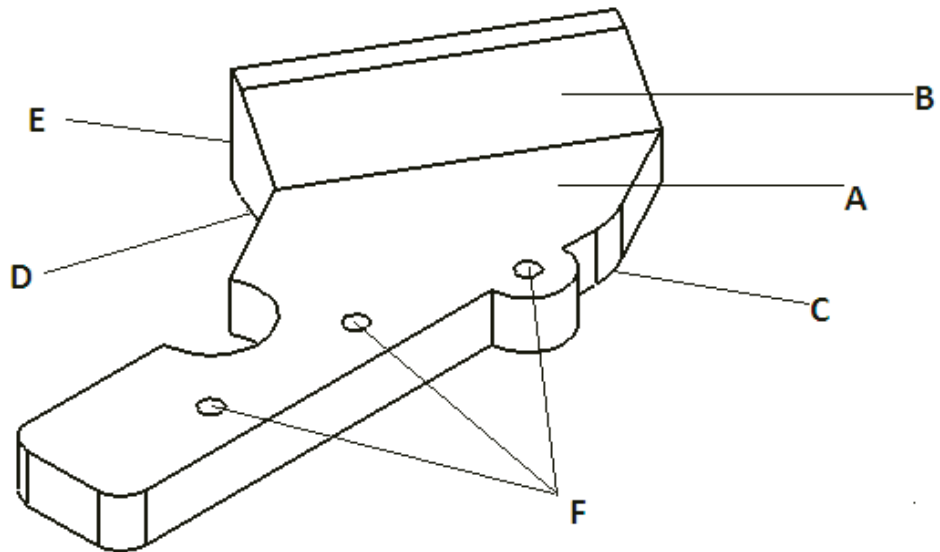


## Hoja de proceso

### Pieza "E" - pletina lateral

Plano nº

# 5



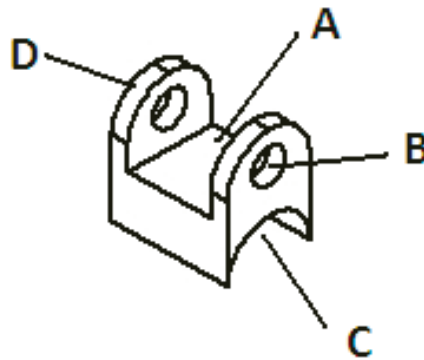
Operación	Descripción	V <sub>c</sub> (rpm)	V <sub>a</sub> (mm/rev)	P (mm)	L (mm)	T (s)
1	Fresado frontal de desbaste de la cara "A", paralelo a la cara "E" con fresa DIN 804. Hacer dos pasadas.	300	0.25	4.5	310x2	496
2	Fresado frontal de acabado.	1000	0.1	1	310	186
3	Levantar mesa 15°					8
4	Fresado frontal desbaste de la cara "B"	300	0.25	4.5	120x2	192
5	Fresado frontal acabado	1000	0.1	1	120	72
6	Dar la vuelta a la pieza					45
7	Fresado frontal de desbaste de la cara "C", igual que operación 1	300	0.25	4.5	310x2	496
8	Fresado frontal de acabado de la cara "C"	1000	0.1	1	310	186
9	Levantar mesa 15°					8
10	Fresado frontal de desbaste de la cara "D"	300	0.25	4.5	120x2	192
11	Fresado frontal de acabado de la cara "D"	1000	0.1	1	120	72
12	Poner mesa en posición horizontal y cambiar fresa por broca de 7.5mm					60
13	Taladrar agujeros "F"	300	0.2	10	20	20
14	Cambiar broca por macho de roscar 8x125					25
15	Roscar agujeros "F"	120	0.125	10	20	80
16	Tiempo total 35.63 minutos					2138



## Hoja de proceso

Plano nº

### Pieza "H" soporte amortiguador

**4**

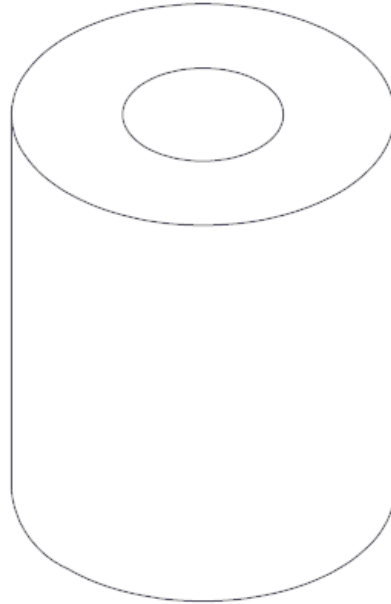
Operación	Descripción	$V_c$ (rpm)	$V_a$ (mm/rev)	P (mm)	L (mm)	T (s)
1	Fresado frontal de la cara "C" con fresa DIN 856, cuatro pasadas	300	0.25	4.5	35	112
2	Dar la vuelta a la pieza y montar fresa DIN 855					60
3	Fresado frontal de la cara "D", cuatro pasadas	300	0.25	4.5	35	112
4	Montar fresa DIN 804					
5	Fresado frontal de la cara "A", cinco pasadas	300	0.25	4	25	80
6	Girar la pieza y cambiar fresa por broca de 10.5 mm					60
7	Hacer agujero "B"	300	0.2	10	20	80
8	Tiempo total 8.4 minutos					504



**Hoja de proceso**  
**Pieza "D" – casquillo motor**

Plano nº

**8**



<b>Operación</b>	<b>Descripción</b>	<b>V<sub>c</sub> (rpm)</b>	<b>V<sub>a</sub> (mm/rev)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>L (mm)</b>	<b>T (s)</b>
1	Montar herramienta 08-KR H13A					30
2	Cilindrado de desbaste	300	0.25	4	35	28
3	Montar herramienta 04-KF H14B					30
4	Cilindrado de acabado	1000	0.1	1	35	21
5	Montar broca de 10mm					30
6	Hacer agujero	300	0.25		35	28
7	Montar broca de 17mm					30
8	Hacer agujero	300	0.25		35	28
9	Tiempo total 2.75 minutos					225

**ANEXO III**  
**NORMATIVA GENERAL**  
**MOTOSTUDENT**

**ÍNDICE**

1. OBJETIVO DE LA COMPETICIÓN .....	2
2. FASES DE LA COMPETICIÓN .....	3
3. CALENDARIO.....	4
4. REGLAMENTO.....	5
4.1. Idiomas oficiales.....	5
4.2. Autoridades sobre el reglamento .....	5
4.3. Validez del reglamento.....	5
4.4. Conocimiento del reglamento.....	5
4.5. Cumplimiento del reglamento.....	5
4.6. Violación de las normas del reglamento .....	5
4.7. Impugnación a otros vehículos.....	1
4.8. Cambios en la reglamentación.....	6
5. NORMATIVA SOBRE LOS EQUIPOS .....	7
5.1. Requisitos individuales de los participantes.....	7
5.2. Requisitos de los equipos .....	7
5.3. <del>Mentor</del> e Tutor del equipo. Representantes oficiales de los equipos .....	7
5.4. Aspectos federativos .....	7
5.5. Seguros .....	8
5.6. Asistencia externa a los equipos Universitarios.....	8
5.7. Número de equipos participantes.....	8
6. INSCRIPCIÓN .....	9
6.1. Cuotas de inscripción .....	9
6.2. Formalización de la inscripción .....	9
ANEXO A: DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS.....	10
A.1. Fases previas a las jornadas competitivas .....	10
A.2. Fase MS1.....	10
A.2.1. Demostración del prototipo.....	10
A.2.2. <b>Presentación</b> del proyecto industrial.....	11
A.2.3. Jurados .....	11
A.2.4. Premios.....	11
A.3. Fase MS2.....	12
A.3.1. Pruebas de seguridad en banco.....	12
A.3.2. Evaluación de prestaciones.....	12
A.3.3. Carrera.....	12
A.3. Premios .....	13



## **1. OBJETIVO DE LA COMPETICIÓN**

La competición MotoStudent promovida por la fundación Moto Engineering Foundation (en adelante MEF) es un desafío entre equipos universitarios de distintas UNIVERSIDADES españolas, europeas y del resto del mundo.

Consiste en diseñar y desarrollar un prototipo de moto de competición de pequeña cilindrada 125 cm<sup>3</sup>, 2 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, donde estos 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.

## 2. FASES DE LA COMPETICIÓN

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

Para que las motos y proyectos entren en competición o concurso deberán cumplir los requisitos previos de resistencia seguridad y funcionamiento indicados en el reglamento técnico.

Los equipos, que superen estos requisitos, competirán en la fase MS1 en la cual se evaluará el proyecto bajo el punto de vista industrial con especial atención a aspectos estéticos, técnico y económico. Esta evaluación, con sus criterios, jurado y premios se indican en el ANEXO a este documento.

Las motos que superen estas pruebas participarán en la fase de pruebas dinámicas denominada MS2.

Estas pruebas consistirán en una evaluación de cualidades de pilotaje efectuadas por probadores expertos. Para la valoración final se desarrollará una carrera en la que los participantes serán pilotos federados de copas de promoción, seleccionados por la organización. Las pruebas y su valoración se encuentran definidos en el ANEXO mencionado.

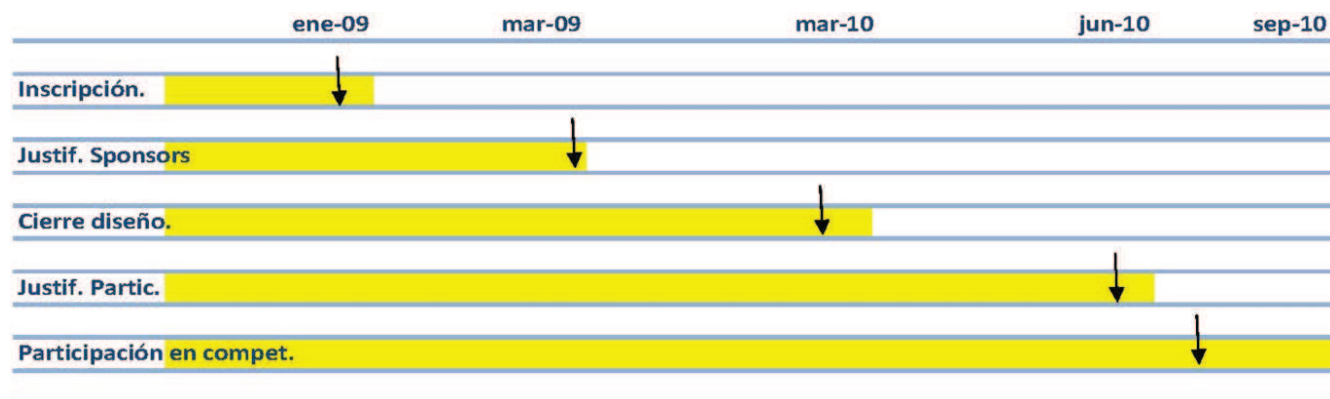
Niveles a superar por los equipos participantes:

	Excluyente	Puntuable
Requisitos mínimos	Si	No
Fase MS1 (Proyecto)	Si	Si
Fase MS2 (Seguridad)	Si	No
Fase MS2 (Pruebas dinámicas)	Si	Si
Fase MS2 (Carrera)	Si	Si

Todos los equipos participantes para ser evaluados en cualquiera de las categorías deben superar el nivel mínimo tanto en MS1 como en MS2, es decir ningún equipo puede fijarse como objetivo participar en una sola de las categorías ya que este hecho conculca el espíritu mismo de la competición.

### 3. CALENDARIO

El Calendario de la competición tiene una serie de fechas claves para los distintos equipos participantes y que deben cumplir con objeto de que entren en la evaluación final de la competición ya que se trata de desarrollar no solo un prototipo sino un proyecto de Ingeniería.



## **4. REGLAMENTO**

### **4.1. Idiomas oficiales**

Los idiomas oficiales de la competición MotoStudent serán español e inglés. La entrega de documentación, exposiciones públicas e información relativa a la competición será aceptable en ambos idiomas.

### **4.2. Autoridades sobre el reglamento**

El reglamento de MotoStudent es de responsabilidad única de la fundación MEF. Cualquier comunicado oficial que parta de Moto Engineering Foundation se ha de considerar como parte y ha de tener la misma validez que el reglamento aquí publicado.

Las ambigüedades o cuestiones concernientes al significado o intenciones de este reglamento serán resueltas por la fundación MEF. Todas estas cuestiones, formularios de consulta, etc., se encontrarán disponibles, para los equipos participantes, en una base de datos preparada a tal efecto en la web. de MEF. Así mismo quedarán correspondientemente archivadas las consultas y respuestas en una estructura informática dispuestas a nivel general o a nivel particular para cada equipo.

### **4.3. Validez del reglamento**

El reglamento de MotoStudent publicado en la web de la MEF y fechado en el calendario de la competición, serán las normas que tendrán efecto para cada una de las ediciones.

### **4.4. Conocimiento del reglamento**

Se hace responsable a los equipos de la lectura y conocimiento del reglamento y sus normas para la competición a la que se presentan. El reglamento de la competición incluye no solo este reglamento base sino todos los anuncios oficiales que sean publicados en la web. de la competición motostudent.com.

### **4.5. Cumplimiento del reglamento**

Al entrar en la competición, los equipos universitarios, tanto sus miembros individuales, los tutores de cada universidad, y cualquier otro personal adscrito al equipo universitario estarán sujetos al cumplimiento de las normas reflejadas por el reglamento y/o anunciadas por la MEF. Todos los equipos, tutores universitarios y representantes universitarios deben cooperar y seguir las instrucciones de organizadores y jueces de la MEF.

### **4.6. Violación de las normas del reglamento**

La violación intencionada de las normas y reglas aquí expresadas supondrá la expulsión de la competición sin opción a la reclamación en caso de que se pruebe que fue intencionada y esté demostrada. Cualquier cuestión, duda o comentario se deberá remitir al comité organizador del evento según proceda.

#### **4.7. Impugnación a otros equipos**

El Comité Organizador de la prueba se reserva el derecho, en cualquier momento de la competición, de inspeccionar y examinar las actividades de los equipos en competición. Cualquier aspecto detectado en la inspección que vulnere los principios de la competición puede llevar aparejado al equipo correspondiente a verse apartado de la competición. Cualquier equipo puede impugnar a otro equipo participante en el caso de observar anomalías. No obstante, deberá presentar una fianza previa a la reclamación que será devuelta por la organización en caso de que la reclamación prospere. “La cuantía de la fianza” será fijada por la organización.

El Comité Organizador de la prueba se reserva el derecho, en cualquier momento de la competición, de inspeccionar y examinar las actividades de los equipos en competición. Cualquier aspecto detectado en la inspección que vulnere los principios de la competición puede llevar aparejado al equipo correspondiente a verse apartado de la competición. Cualquier equipo puede impugnar a otro equipo participante en el caso de observar anomalías. Las impugnaciones deberán obligatoriamente presentarse por escrito, indicando el artículo del reglamento que se considera violado, con pruebas suficientes para su verificación. Adicionalmente, deberá presentarse una fianza simultáneamente a la reclamación que será devuelta por la organización en caso de que la reclamación prospere. “La cuantía de la fianza” será fijada por la organización y podría llegar según el caso a la cuantía del primer premio.

#### **4.8. Cambios en la reglamentación**

El Comité Organizador se reserva el derecho de revisar el calendario de la competición y/o modificar el reglamento de la competición en cualquier momento y usando cualquier medio que haga mas eficiente la difusión de las mismas para el evento de MotoStudent, quedando registrado en la página web de la competición.

## **5. NORMATIVA SOBRE LOS EQUIPOS**

### **5.1. Requisitos individuales de los participantes**

La competición pretende, como aspecto fundamental ser un vehículo de formación complementaria para los estudiantes. La competición es puramente de ingeniería y no un campeonato de velocidad por estas consideraciones la elegibilidad esta limitada a estudiantes universitarios de grado o postgrado.

Para pertenecer a un equipo inscrito en la competición los alumnos deben estar matriculados en una Universidad Pública o Privada. Estos deben estar matriculados en un grado o postgrado. Como mínimo, tienen que haber superado el 50% de los créditos de su carrera de grado universitario. Se establece una edad mínima de 18 años para los miembros integrantes del equipo.

### **5.2. Requisitos de los equipos**

Los equipos y los miembros que lo integran, registrados en la competición serán considerados como “participantes de la prueba” desde su inscripción, hasta la conclusión del evento. Cada equipo tendrá un mínimo de 7 participantes y un máximo de 15. Todo equipo universitario participante en MotoStudent deberá llevar como parte de su identificación el nombre de la Universidad o Centro Universitario a la que pertenece.

A su vez también pueden colaborar en la fase de desarrollo con el equipo otros centros Formativos como por ejemplo Centros de Formación de Educación Secundaria que por especiales características de equipamiento pueden complementar a la Universidad participante Sin embargo en las jornadas de Competición solamente podrán acceder a los distintos parques de trabajo los alumnos inscritos oficialmente.

Hasta seis meses (semestre académico) antes de la celebración de las pruebas será posible modificar la composición del equipo, siempre que un mínimo del 60% de sus componentes pertenezca al equipo inicial inscrito. En ningún caso se podrá reducir el número de componentes, es decir, en las modificaciones de la composición sólo se podrá sustituir o añadir participantes. Estas modificaciones deberán comunicarse puntualmente a la Organización. Las sustituciones no conllevan gasto adicional.

### **5.3. Tutor del equipo. Representantes oficiales de los equipos**

Cada equipo debe nombrar un tutor de la universidad, siendo este un profesor de Universidad o personal técnico de la misma. Así mismo dicho tutor deberá acompañar al equipo de estudiantes a la competición y será considerado por los organizadores de la competición como el representante oficial del equipo de la universidad.

El tutor junto con el alumno Delegado, alumno elegido por los estudiantes, serán los responsables de mantener el contacto con la Organización y serán los únicos representantes oficiales de los equipos reconocidos por la Organización.

### **5.4. Aspectos federativos**

Al ser pruebas de ingeniería y no de velocidad, los equipos no tendrán como requisito la necesidad de demostrar que algunos de los integrantes tengan licencias federativas expedidas por la autoridad competente, más

aun, cuando las pruebas dinámicas serán realizadas por pilotos externos a los equipos y elegidos por la organización.

### **5.5. Seguros**

Las universidades inscritas deberán integrar el trabajo realizado en el currículum formativo de forma y manera que esta competición entre dentro de las actividades QUE CUBRE EL SEGURO escolar. No obstante, cada equipo tendrá un seguro privado como garantía ante cualquier accidente que se pudiera presentar y que cubrirá a cada uno de sus integrantes.

### **5.6. Asistencia externa a los equipos Universitarios**

La involucración de Profesores y Técnicos de las Universidades, así como de Técnicos del Sector para el desarrollo de la actividad de los alumnos es de facto imprescindible y deseable para la competición. No obstante, es preciso recordar en este punto que el espíritu de la competición es fortalecer las habilidades de los estudiantes y ofrecer un marco para ello es también responsabilidad de todos. Por ello es preciso remarcar que se valorará como aspecto principal en el proyecto la demostración de que sean los propios estudiantes los que lleven a cabo las tareas y acciones directas en la construcción del prototipo.

### **5.7. Número de equipos participantes**

El número máximo de equipos participantes en la edición 2009-10 se establece en 30 equipos.

Por Universidad pueden presentarse más de un equipo. Cada equipo solo puede presentar un proyecto y prototipo.

## 6. INSCRIPCIÓN

### 6.1. Cuotas de inscripción

La cuota de inscripción se establece en 350€ más IVA por estudiante integrante del equipo.

Las tasas de inscripción deberán ser abonadas a la organización de MOTOSTUDENT antes de finalizar el primer mes de Enero de la competición, que se establece con carácter bianual.

Las tasas de inscripción no serán reembolsables.

La inscripción da derecho a los alumnos inscritos a participar en el desarrollo de la competición y a los materiales y servicios que la organización pone a disposición de los equipos. Estos materiales o componentes se indican en el reglamento técnico.

### 6.2. Formalización de la inscripción

En la fase de constitución de los equipos se enviara a la Organización una página de preinscripción que figura en la página principal de la pagina web de motostudent. En ella se indican los estudiantes que inicialmente van a formar parte del equipo con datos de contacto e identificación.

Todos los miembros del equipo participante deberán aportar, en el momento de la inscripción o registro, los documentos que a continuación se detallan y, así mismo, proveer de datos de contacto para situaciones de emergencia.

La inscripción se formalizara rellenando los documentos que se encuentran en la pestaña de equipos /winchill de la pagina web motostudent.

- ✓ Doc MS\_2009-01. Miembros del equipo.
- ✓ Doc MS-2009-02. Constitución del equipo.
- ✓ Doc MS\_2009-03. Carta de oficialización del equipo.
- ✓ Doc MS\_2009-04. Imagen copia de ingreso.
- ✓ Doc MS\_2009-05. Imagen copia de seguro.
- ✓ Doc MS- 2009-06. Solicitud de sistema CAD.

Una vez los equipos hayan presentado la documentación indicada la organización les adjudicara su correspondiente código contraseña de forma que puedan acceder a su dominio particular en que el que se encontrará la información técnica digital correspondiente a los componentes suministrados.



## **ANEXO A: DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS**

Como se ha indicado anteriormente los equipos participantes tendrán que someterse a una serie de pruebas sucesivas eliminatorias agrupadas en dos fases MS1 y fase MS2.

### ***A.1. Fases previas a las jornadas competitivas***

Como se ha descrito en las informaciones de la competición, con objeto de que la misma tenga realmente carácter industrial se establecen unas fechas límite para una serie de actuaciones previas a las jornadas de competición.

- ✓ Presentación de justificación de patrocinadores. En la que los equipos participantes deben justificar de forma clara que empresas e instituciones sufragan la construcción del prototipo. Se formalizará a través del formulario en la página web y esta justificación debe presentarse antes del 1 de Abril del 2009. Tras esta justificación, al mes siguiente los equipos recibirán los componentes reglamentarios.
- ✓ Presentación de diseño cerrado. Antes del 31 de Marzo del 2010 los equipos participantes presentaran a la organización información gráfica de detalle del chasis y basculante o equivalente con cotas principales que será guardada por la organización. Esta información debe permitir a los jurados sin manipulación informática alguna verificar los futuros prototipos. La organización fija como formato específico documentos pdf de los planos de conjunto y/o detalle con tamaño máximo A3. Esta documentación solo será analizada por los jurados en las jornadas de competición y validarán que el prototipo presentado responde a esa información gráfica. Como es lógico se pueden aceptar modificaciones pero no de carácter sustancial.

El incumplimiento de estos hitos acarrea la separación de la competición.

### ***A.2. Fase MS1***

La fase MS1 es una fase demostrativa en la que los equipos participantes deberán mostrar y explicar el prototipo realizado y el proyecto de industrialización del citado prototipo.

#### **A.2.1. Demostración del prototipo**

Los grupos presentarán un prototipo para que sea revisado por los inspectores conforma los aspectos dimensionales y de seguridad que indica el reglamento técnico.

Los equipos pueden disponer de los elementos de recambio (cualquier componente o parte de la moto) que consideren oportunos. Estos recambios deberán ser presentados a la organización simultáneamente con el prototipo para su verificación, validación y sellado. La utilización de componentes no sellados por la organización significara la expulsión inmediata de la competición.

Por otra parte realizara 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.

También presentaran en el stand preparado por la organización los paneles informativos que consideren convenientes.

### **A.2.2. Presentación del proyecto industrial**

El proyecto industrial será defendido ante un jurado de expertos elegidos por la organización y deberá contener la información siguiente:

El proyecto se desarrollara sobre los siguientes condicionantes:

Moto de circuito, con una serie anual de 500 unidades y un costo de fabricación máximo de 4500€. En este concepto se contemplan los conceptos siguientes: componentes (compras exteriores), amortización de utillajes en 5 años, mano de obra directa, repercusión infraestructura de empresa y gastos financieros. Esta moto de serie será derivada de la moto prototipo con las mínimas diferencias exigidas por el proceso de fabricación en la serie y por las adaptaciones a los componentes de la serie que no deben porque ser los mismos que en la moto prototipo.

El proyecto constará de cuatro apartados independientes, con las siguientes puntuaciones máximas.

- ✓ Diseño del vehículo (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 proceso industrial de fabricación de la serie (100 puntos).

Cada apartado del proyecto industrial de los distintos equipos se presentará ante un mismo jurado de expertos, elegidos por la organización.

Para la exposición de cada apartado los equipos designaran uno o dos alumnos diferentes.

### **A.2.3. Jurados**

Los jurados que evaluarán los proyectos estarán formados por técnicos del sector Industrial y de la competición de vehículos de dos ruedas elegidos por la organización, tanto para esta categoría como la categoría MS2.

Los jurados se establecerán por temáticas., un jurado de Diseño, otro de Análisis y Cálculos técnicos, otro de Definición del sistema de fabricación e industrialización y otro de Costes.

La evaluación del jurado será inapelable.

### **A.2.4. Premios**

Se otorgarán premios a:

- ✓ Al mejor proyecto industrial que incluirá una mención a la mejor innovación o aplicación técnica (Todas las fases).

El premio será de 6000€ con trofeo para el equipo y un “stage” para integrantes del equipo en empresas industriales del sector o empresas de competición.

- ✓ Dos accésits de 3000€ a:

Mejor diseño.

Mejor innovación tecnológica.

### A.3. Fase MS2

La fase MS2 es una fase de validación experimental en la que las motos prototipo de los equipos participantes que hayan superado la Fase MS1 deberán demostrar su calidad de actuación superando distintas pruebas en banco y en circuito.

#### A.3.1. Pruebas de seguridad en banco

Estas pruebas pretenden ser una garantía de robustez, fiabilidad y seguridad ante las pruebas en circuito.

Así las motos deberán superar las siguientes pruebas:

- ✓ Prueba de resistencia de chasis según especificaciones de reglamento técnico
- ✓ Prueba de frenada en banco de rodillos según especificaciones de reglamento técnico
- ✓ Prueba de ruidos

La sistemática de presentación y prueba de las motos se realizara mediante un proceso de verificación que se dará a conocer a los equipos con suficiente antelación.

#### A.3.2. Evaluación de prestaciones

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 en una vuelta al circuito.

Cada moto será probada por un mínimo de tres pilotos, los cuales evaluarán:

- ✓ Capacidad de frenada (80 puntos)
- ✓ Capacidad de aceleración (80 puntos)
- ✓ Maniobrabilidad (80 puntos)
- ✓ Estabilidad (80 puntos)
- ✓ Velocidad punta (80 puntos)

La organización facilitará a los equipos piloto, circuito y tiempo de prueba limitado para la puesta a punto de la moto previo a la prueba de evaluación de prestaciones.

Los probadores serán designados por la organización de la prueba y su resolución será inapelable. Como consecuencia de la evaluación conjunta de sus prestaciones, se establecerá una clasificación de las motos. Si alguna de las motos no supera el 25% de la puntuación máxima en alguna de las capacidades valoradas se considerara no apta para la carrera.

#### A.3.3. Carrera

Las motos que hayan superado la prueba anterior, participarán en una carrera de velocidad en circuito.

Esta prueba tendrá carácter competitivo con una valoración en el computo de las pruebas dinámicas según la siguiente tabla de puntuación:

Posición	Puntos
1º	100
2º	90

Posición	Puntos
5º	76
6º	72

Posición	Puntos
9º	60
10º	57

Posición	Puntos
13º	48
14º	45

3º	85
4º	80

7º	68
8º	64

11º	54
12º	51

15º	42
16º al 30º	40

El equipo que no termine la carrera obtendrá 0 puntos por este concepto.

Para entrar en la puntuación los equipos que terminen deberán haber recorrido al menos el 50% de las vueltas recorridas por el primer clasificado.

Las motos se pilotarán por pilotos de categoría promoción seleccionados por la organización y sorteadas entre ellos.

Para facilitar la puesta a punto de la moto se facilitaran dos tandas de entrenamiento sin valor clasificatorio, cuyo desarrollo se comunicara oportunamente por parte de la organización.

La carrera se llevara a cabo sobre una longitud mínima de 45 km. La organización establecerá según el caso el número de vueltas o duración de la carrera. En el circuito de velocidad de ALCANIZ será de 8 vueltas.

El orden de la parrilla de salida se establecerá según la clasificación obtenida en la categoría MS1, de forma que el equipo con mejor puntuación ocupará el primer puesto de la parrilla. En caso de empate el orden de parrilla se establecerá por sorteo.

### **A.3. Premios**

Se otorgarán premios a las tres primeras motos clasificadas.

Al equipo de la primera moto clasificada se le entregara un premio de 6000€ y trofeo.

Al equipo clasificado en segundo lugar se le entregara un premio de 3000€ y trofeo.

Al tercer equipo clasificado se le otorgara un premio de 1500€ y trofeo.

Al resto de equipos participantes que hayan finalizado la carrera recibirán un trofeo recordatorio de su participación en la prueba.

**ANEXO IV**  
**REGLAMENTO TECNICO**  
**MOTOSTUDENT**

**ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN: Objetivos fundamentales de este reglamento .....	3
2. LA MOTOCICLETA: Orientación general y definición del carácter de la misma .....	4
3. REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO .....	5
3.1. Dimensiones .....	5
3.2. Pesos .....	5
4. CICLÍSTICA .....	6
4.1. Bastidor .....	6
4.2. Suspensiones .....	6
4.2.1. Suspensión delantera .....	6
4.2.2. Suspensión trasera .....	6
4.3. Dirección .....	6
4.3.1. Diseño .....	6
4.3.2. Amortiguador de dirección .....	7
4.4. Sistema de frenos .....	7
4.4.1. Freno delantero .....	7
4.4.2. Freno trasero .....	7
4.5. Estriberas .....	7
4.6. Manillar .....	7
4.7. Basculante .....	8
4.8. Llantas y neumáticos .....	8
4.9. Protecciones para caídas .....	8
5. CARENADOS .....	9
5.1. Restricciones dimensionales .....	9
5.2. Seguridad .....	9
6. MOTOR .....	10
6.1. Tipo .....	10
6.2. Características .....	10
6.3. Cilindro .....	10
Caja de láminas: no se permite su modificación. En caso de rotura se permite el recambio original .....	10
6.4. Culata .....	10
6.5. Cáster .....	10
6.6. Caja de cambios .....	10
6.7. Transmisión secundaria .....	10
6.8. Embrague .....	10
6.9. Acelerador .....	11
7. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE .....	12
7.1. Carburador / Inyección .....	12
7.2. Depósito de combustible .....	12
7.3. Conductos de combustible .....	12
7.4. Sistema de llenado .....	12
7.5. Tipo de combustible .....	12

8. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN .....	13
8.1. Refrigeración interna del motor .....	13
8.2. Radiador .....	13
8.3. Líquidos refrigerantes .....	13
9. SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE .....	14
9.1. Conductos de admisión .....	14
9.2. Airbox .....	14
9.3. Sistemas de sobrepresión .....	14
10. SISTEMA DE ESCAPE .....	15
11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	16
11.1. Cableado .....	16
11.2. Conectores .....	16
11.3. Componentes .....	16
12. SISTEMAS ELECTRÓNICOS .....	17
12.1. Centralita .....	17
12.2. Tablier.....	17
12.3. Otros sistemas electrónicos .....	17
13. SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS .....	18
14. OTROS COMPONENTES COMERCIALES .....	19
15. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIONES TÉCNICAS .....	20
15.1. Homologación del chasis .....	20
15.2. Verificación de cotas generales .....	20
15.3. Verificación de pesos .....	20
15.4. Verificación de ruidos .....	20
15.5. Verificación del cumplimiento de la normativa de seguridad .....	20
16. IDENTIFICACIÓN DE LA MOTOCICLETA .....	22
16.1. Números y fondos .....	22
16.2. Identificación frontal .....	22
16.3. Dorsales laterales.....	22
16.4. Número de identificación de bastidor de la motocicleta.....	22
16.5. Nombre de la universidad .....	22
16.6. Espacio en el bastidor para adhesivo de verificación técnica.....	22
16.7. Espacio para soporte y alojamiento del transponder .....	22
17. FIGURAS .....	24

## **1. INTRODUCCIÓN: Objetivos fundamentales de este reglamento**

Este documento contiene la normativa técnica reguladora de la competición denominada "Motostudent". El principal objetivo consiste en estandarizar y acotar el amplio abanico de posibilidades de construcción de un prototipo. De este modo todos los proyectos se ajustarán a una línea de trabajo orientativa y común. Así pues, se posibilita una competencia objetiva entre los participantes.



## **2. LA MOTOCICLETA: Orientación general y definición del carácter de la misma**

El objeto de la competición es 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. La especialidad son las carreras de velocidad.

### 3. REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO

#### 3.1. Dimensiones

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

- ✓ La anchura mínima entre los extremos de los semimanillares (o manillar en su caso) ha de ser de 450 mm. (Figura 1)
- ✓ El ángulo mínimo de inclinación lateral de la motocicleta sin que ningún elemento de la misma (exceptuando los neumáticos) toque el pavimento debe ser 50°. Dicha medición se realiza con la motocicleta descargada (sin piloto) 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. (Figura 2)
- ✓ Límite 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)

#### 3.2. 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 final de la competición.

Está permitido lastrar el vehículo para alcanzar el peso mínimo.

## 4. CICLÍSTICA

### 4.1. Bastidor

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

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

### 4.2. Suspensiones

#### 4.2.1. Suspensión delantera

El diseño de la composición del sistema de suspensión delantera es libre.

En el caso de uso de horquilla en la composición de la suspensión delantera se deberá utilizar la proporcionada por la organización solo autorizándose el cambio de las tijas.

La horquilla proporcionada por la organización no puede ser modificada estructuralmente. Solo está permitido el cambio de características de la horquilla con el cambio de la viscosidad del aceite hidráulico y muelles.

Está prohibido el uso de titanio, aleaciones ligeras y compuestos de fibra en los ejes de rotación de los componentes del sistema de suspensión delantera.

#### 4.2.2. Suspensión trasera

El diseño de la composición del sistema de suspensión trasera es libre.

En el caso de uso de amortiguador en la composición de la suspensión trasera se deberá utilizar el proporcionado por la organización.

El amortiguador proporcionado por la organización no puede ser modificado estructuralmente. Solo se permite el cambio del muelle.

Está prohibido el uso de titanio, aleaciones ligeras y compuestos de fibra en los ejes de rotación de los componentes del sistema de suspensión trasera.

### 4.3. Dirección

#### 4.3.1. Diseño

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 y accionamientos. El objetivo es evitar daños en las manos y dedos del piloto en caso de caída. (Figura 3)

El ángulo mínimo de giro de la dirección deberá ser de 15° medidos a cada lado del eje longitudinal de la motocicleta. (Figura 3)

El ángulo de giro de la dirección deberá estar limitado con un tope a cada lado.

#### **4.3.2. Amortiguador de dirección**

Está permitido el uso de amortiguador de dirección.

#### **4.4. Sistema de frenos**

La motocicleta deberá disponer tanto de freno delantero como freno trasero.

##### **4.4.1. Freno delantero**

Deberá utilizarse el conjunto de freno delantero (bomba, latiguillos y pinza) proporcionado por la organización.

Se permite la elección del tipo de pastillas de freno y disco.

Se permite la sustitución de los latiguillos de freno por otros de diferente longitud.

La situación del accionamiento de la bomba de freno y la modificación de la leva de accionamiento es libre con la restricción de que, si su ubicación fuese el manillar, su longitud no podrá ser superior a 200 mm y su extremo deberá ser una esfera de un diámetro mínimo de 18 mm.

##### **4.4.2. Freno trasero**

Deberá utilizarse el conjunto de freno trasero (bomba, latiguillos y pinza) proporcionado por la organización.

Se permite la elección del tipo de pastillas de freno y disco.

Se permite la sustitución de los latiguillos de freno por otros de diferente longitud.

La situación del accionamiento de la bomba de freno y la modificación de la leva de accionamiento es libre con la restricción de que, si su ubicación fuese el manillar, su longitud no podrá ser superior a 200 mm y su extremo deberá ser una esfera de un diámetro mínimo de 18 mm.

#### **4.5. Estriberas**

Como requisito deberán tener protegidos los extremos con un tope de nilón 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.

#### **4.6. Manillar**

La anchura del manillar medida entre los extremos de los puños no podrá ser inferior a 450 mm. (Figura 1)

Las puntas del manillar deberán ir protegidas con un tope de nilón redondeado de un radio mínimo de 8 mm.

No está permitido el uso la de manillares o semimanillares contruidos en [materiales y/o ALEACIONES de comportamiento FRAGIL](#).

Los soportes del manillar o semimanillares deberán estar diseñados con el fin de minimizar el riesgo de fractura en caso de caída. Se deberán utilizar radios mínimos de 2 mm en el anclaje para facilitar deformaciones sin fractura.

#### **4.7. Basculante**

Está prohibido el uso de titanio, aleaciones ligeras y compuestos de fibra en la fabricación de los ejes de rotación del basculante.

Es obligatorio el uso de un protector de cadena que impida la interferencia entre el cuerpo del piloto y el punto de engrane cadena-corona en la rueda trasera.

#### **4.8. Llantas y neumáticos**

La organización suministrará 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 ruedas.

Esta permitido el uso de protectores de nilón en los extremos del eje para posibles caídas. Estos protectores deberán ser redondeados con un diámetro igual o superior al del eje utilizado.

Los ejes de rueda no podrán sobresalir de su alojamiento en sus extremos más de 30 mm. No se consideran en esta medida posibles protectores de nilón.

#### **4.9. Protecciones para caídas**

Se aconseja el uso de topes de nilón para proteger la motocicleta en caso de caída. También se permite el uso de protectores de fibra para chasis y cárter de motor.

## 5. CARENADOS

### 5.1. Restricciones dimensionales

Todos los bordes y acabados del carenado han de ser redondeados. Radio mínimo 1 mm.

La anchura máxima del carenado será de 600 mm. (Figura 3)

Límite frontal: el carenado en ningún caso podrá sobrepasar la vertical frontal trazada tangencialmente a la circunferencia exterior del neumático delantero.

Límite posterior: el carenado en ningún caso podrá sobrepasar la vertical posterior trazada tangencialmente a la circunferencia exterior del neumático trasero.

Lateralmente: El carenado no podrá cubrir lateralmente al piloto a excepción de los antebrazos (esta excepción solamente en posición de mínima resistencia aerodinámica del piloto). La llanta posterior no podrá cubrirse en más de 180°.

Entre la altura del asiento y la parte más elevada del colín la cota máxima será de 150 mm.

La utilización de guardabarros no es obligatoria.

El guardabarros delantero no podrá cubrir más de 135° de la circunferencia del neumático medido desde la parte posterior del neumático con origen del ángulo en la horizontal que pasa por el eje de rueda. En esos 135° las dimensiones del guardabarros son libres.

Esta permitido el uso de alerones como pieza del carenado. Deberán no superar la anchura del carenado o del colín ni superar la altura de los extremos del manillar. El radio mínimo será de 2 mm. Se permite el uso de dispositivos móviles aerodinámicos.

### 5.2. Seguridad

Todos los sobraderos de la motocicleta deberán redirigirse a un depósito de un mínimo de 250 cm<sup>3</sup> de capacidad para evitar vertido de líquidos. (Sobradero de aceite cárter, depósito de gasolina, refrigerante).

## 6. MOTOR

Deberá utilizarse el motor proporcionado por la organización. El motor se entregará sellado y se prohíbe totalmente su manipulación interna.

### 6.1. Tipo

Motor monocilíndrico de 125 cm<sup>3</sup> 2 tiempos con refrigeración líquida.

### 6.2. Características

Descritas en las hojas técnicas en la WEB.

### 6.3. Cilindro

Caja de láminas: no se permite su modificación. En caso de rotura se permite el recambio original.

### 6.4. Culata

No se permite el mecanizado de la culata para el uso de sensor de detonación.

### 6.5. Cáster

No se permite la modificación del mismo ni tan siquiera en sus anclajes externos.

### 6.6. Caja de cambios

Está prohibida la modificación de la caja de cambios en cualquiera de sus componentes. Tan sólo se permite la instalación de sensores para la adquisición de datos.

### 6.7. Transmisión secundaria

El tipo de transmisión es libre.

### 6.8. Embrague

La situación del accionamiento de la leva del embrague es libre con la restricción de que su longitud no podrá ser superior a 200 mm y su extremo deberá ser una esfera de un diámetro mínimo de 18 mm. La esfera puede estar rectificadas con un plano de una anchura mínima de 14 mm, los bordes del plano han de ser redondeados.

### **6.9. Acelerador**

El acelerador ha de ser de retorno automático de manera que se asegure su cierre en caso de que el piloto suelte el mismo.



## **7. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE**

### **7.1. Carburador / Inyección**

El carburador es de libre elección. Se prohíbe el uso de carburadores cerámicos.

Está permitido el uso de sistemas de inyección de carburante adicionales al carburador y la programación electrónica de los mismos. (Sistemas "powerjet")

### **7.2. Depósito de combustible**

El respiradero del depósito de combustible deberá estar provisto de una válvula de retención. El respiradero deberá verter en el depósito de sobrantes de líquidos.

El depósito de carburante de cualquier tipo deberá ir relleno con material retardante de llama o disponer de otro depósito flexible interno de seguridad. En el caso de los depósitos "no metálicos" es obligatorio el uso de este segundo depósito adicional de goma o resina. El fin de esta vejiga de seguridad no es otro que impedir el derrame de carburante en caso de rotura del depósito.

Está prohibido presurizar el depósito de carburante.

El tanque de gasolina deberá ser calificado como "apto" por la organización antes de la realización de las pruebas en cumplimiento de las consideraciones anteriormente expuestas.

### **7.3. Conductos de combustible**

Todos los conductos de combustible del depósito al carburador o sistema de inyección deberán estar provistos de racords estancos de seguridad. De manera que en caso de desprendimiento del depósito de la motocicleta sea el racord el que se desconecte y no otras uniones del conducto. Por tanto, para la apertura del racord la fuerza aplicada deberá ser, máximo, el 50% de la fuerza necesaria para desprender cualquier otra unión o rotura del material componente del conducto.

### **7.4. Sistema de llenado**

El tapón del depósito de combustible deberá ser estanco y estar provisto de un sistema seguro de cierre que impida a posibilidad de desprenderse en caso de caída.

### **7.5. Tipo de combustible**

El combustible será administrado por la organización y corresponderá a gasolina comercial de 98 Octnos.

El aceite para la realización de la mezcla será de libre elección.

Está prohibida la utilización de aditivos al carburante mejoradores del índice de Octano.

## **8. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

### ***8.1. Refrigeración interna del motor***

No se permite la modificación del sistema de refrigeración interna del motor.

### ***8.2. Radiador***

El número, la situación, el tamaño y la composición de los radiadores son libres siempre y cuando cumplan con los requerimientos dimensionales de las cotas generales de la motocicleta.

### ***8.3. Líquidos refrigerantes***

Los líquidos refrigerantes utilizados podrán ser agua o refrigerantes comerciales.

## **9. SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE**

### **9.1. Conductos de admisión**

La composición, dimensiones y situación de los conductos de admisión de aire son libres siempre que éstas cumplan los requerimientos dimensionales de las cotas generales de la motocicleta.

### **9.2. Airbox**

La composición, dimensiones y situación de las cajas de aire son libres siempre que éstas cumplan los requerimientos dimensionales de las cotas generales de la motocicleta.

### **9.3. Sistemas de sobrepresión**

Está prohibido el uso de sistemas “turbo” para el aumento de presión de gases en la admisión. Únicamente se permite el aprovechamiento aerodinámico del movimiento del vehículo mediante el uso de tomas de aire y sistemas de airbox.

## **10. SISTEMA DE ESCAPE**

El sistema de escape será de libre elección siempre que cumpla los requerimientos dimensionales generales de la motocicleta y la normativa sonora.

## 11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La composición de la instalación eléctrica deberá ser elaborada por cada equipo competidor. Esta prohibido el uso de una instalación comercial.

### 11.1. Cableado

El tipo de cable a utilizar, el diseño y la ejecución del mazo de cables son libres.

### 11.2. Conectores

El tipo de conectores es libre. Se deberá tener en cuenta la posibilidad del correcto funcionamiento eléctrico de la motocicleta en condiciones de lluvia.

### 11.3. Componentes

Se permite el uso de componentes comerciales. (bobinas, baterías, reguladores, conectores).

Todas las motocicletas deberán ir provistas de un botón de paro de seguridad en el lado izquierdo del manillar. Deberá estar indicado en color rojo para su fácil localización en caso de emergencia. Dicho botón de paro deberá cortar el suministro eléctrico a cualquier componente de la motocicleta.

## **12. SISTEMAS ELECTRÓNICOS**

### **12.1. Centralita**

La centralita para la gestión electrónica será proporcionada por la organización (coste aparte) a los equipos que la requieran. Se permite la utilización libre de otras centralitas.

### **12.2. Tablier**

El sistema de información utilizado en el tablier es libre.

### **12.3. Otros sistemas electrónicos**

Está permitido el uso libre de otros sistemas electrónicos como cambio semiautomático, limitadores de vueltas, sistemas de información, limitadores de velocidad, control de servos...

### **13. SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS**

Esta permitido el uso de sistemas de adquisición de datos relativos a parámetros de motor, dinámica de la motocicleta y comportamiento del piloto.

Se podrán utilizar sistemas comerciales o la adaptación de sistemas de otro tipo de vehículos.

Así mismo, se permite la utilización libre de todo tipo de sensores tanto de fabricación propia como reutilización de adaptaciones.

El software utilizado podrá ser comercial o de diseño propio.

#### **14. OTROS COMPONENTES COMERCIALES**

Se permite el uso de elementos de adquisición comercial excepto los prohibidos explícitamente en este reglamento.



## 15. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIONES TÉCNICAS

Para el control y verificación de vehículos se creará una ficha para cada prototipo. Este documento será relleno 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.

### 15.1. 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 aplicarán dos tipos de carga no simultaneas. Una carga horizontal progresiva de 250 daN longitudinalmente a la motocicleta en los ejes de rueda delantera y otra vertical de 200 daN . No se admitirán deformaciones permanentes en la estructura del chasis.

Introducir sistema y dibujo de anclaje a las bridas de la tija para aplicar carga sistema de medición.

### 15.2. Verificación de cotas generales

Se medirán y supervisarán las cotas generales de diseño estipuladas en este reglamento.

### 15.3. Verificación de pesos

Se acondicionará un centro de verificaciones y controles donde los participantes podrán verificar su vehículo.

Se podrá solicitar por la organización controles de pesos en cualquier fase de la competición.

Los controles se realizarán sobre el vehículo en orden de marcha con todos sus sistemas y componentes además de los líquidos necesarios para su uso.

Inicialmente se realizará una calibración del sistema de medida.

Se realizarán tres pesadas del vehículo y la media de los tres resultados será el valor asignado.

La tolerancia en la medida es 1 kg por debajo del mínimo.

### 15.4. Verificación de ruidos

El prototipo será analizado en un espacio abierto donde no existan obstáculos en un radio de 10 m.

El ruido ambiente no podrá ser superior a 90 dB/A en un radio de 10 m.

La medida se realizará a 50 cm del extremo del tubo de escape y en un ángulo de 45°.

La medida límite será de 113 dB/A.

La verificación se realizará a un rango fijo de revoluciones del motor 5000 rpm.

### 15.5. Verificación del cumplimiento de la normativa de seguridad

Se realizará una verificación completa de cada uno de los puntos referentes a seguridad de cada uno de los apartados descritos en este reglamento. Por encima de cualquier criterio técnico a nivel de prestaciones o

construcción del vehículo deberá prevalecer, como prioritario, la seguridad de los participantes. Para ello, todos los prototipos deberán cumplir los requisitos de seguridad en cualquier fase de la competición. De manera especial se hace hincapié en la verificación del vehículo tras haber sufrido un accidente con el fin de garantizar la seguridad del mismo.

## 16. IDENTIFICACIÓN DE LA MOTOCICLETA

### 16.1. *Números y fondos*

Las medidas mínimas de los números serán de 140 mm de alto por 30 mm de ancho.

Las medidas mínimas de los fondos serán de 275 mm de ancho por 200 mm de alto.

El color de los números deberá ser negro y el fondo blanco.

Al menos 25 mm entorno a los números deberán estar libres de otros grafismos.

### 16.2. *Identificación frontal*

La motocicleta deberá ser identificada con un dorsal frontal que permita una visualización clara del vehículo durante la competición.

### 16.3. *Dorsales laterales*

Del mismo modo se deberá identificar la motocicleta lateralmente con el dorsal asignado.

### 16.4. *Número de identificación de bastidor de la motocicleta*

Cada prototipo deberá disponer de número de chasis grabado en el mismo para la identificación del mismo en cualquier situación.

### 16.5. *Nombre de la universidad*

En todos los prototipos deberá aparecer el nombre de la universidad o las iniciales en caracteres de un tamaño no inferior a 50 mm de alto por 30 mm de ancho.

### 16.6. *Espacio en el bastidor para adhesivo de verificación técnica*

Se deberá proveer al bastidor de un espacio mínimo de 70 mm de ancho por 40 mm de alto para la fijación del adhesivo de verificación de la organización. Si no directamente en el bastidor, se deberá habilitar una placa para la fijación del mismo.

### 16.7. *Espacio para soporte y alojamiento del transponder*

Se deberá habilitar un espacio para la fijación del transponder y su soporte. Este espacio deberá ser de un mínimo de 120 mm de alto por 120 mm de ancho, 60 mm de fondo.

El espacio deberá estar localizado en la parte derecha del vehículo y en una posición protegida de posibles caídas.

No deberá existir obstáculo de interferencia en la línea entre el transponder y el receptor en el lugar de medición. La organización suministrará las características dimensionales del transponder así como el tipo de soporte.

Es responsabilidad del equipo la correcta fijación del transponder.

17. FIGURAS

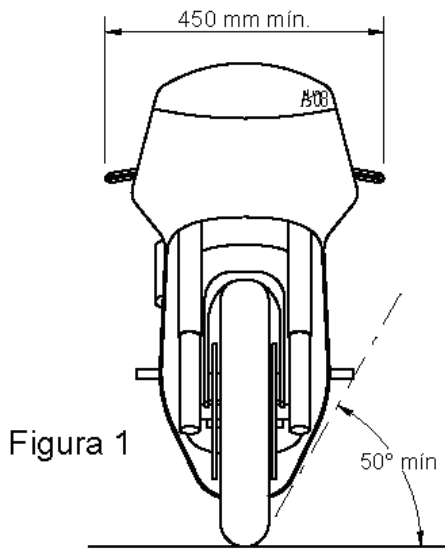


Figura 1

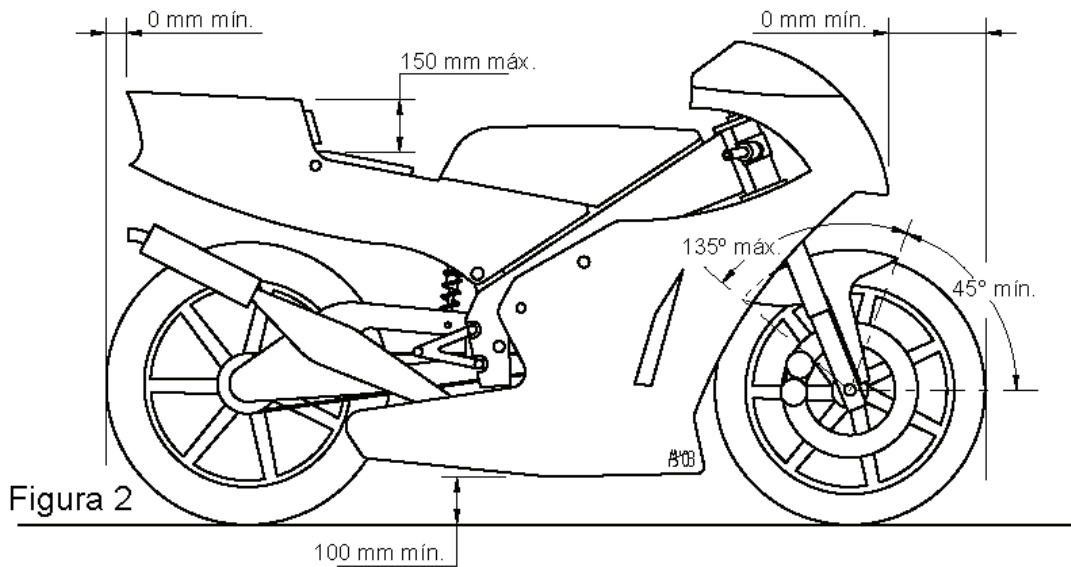


Figura 2

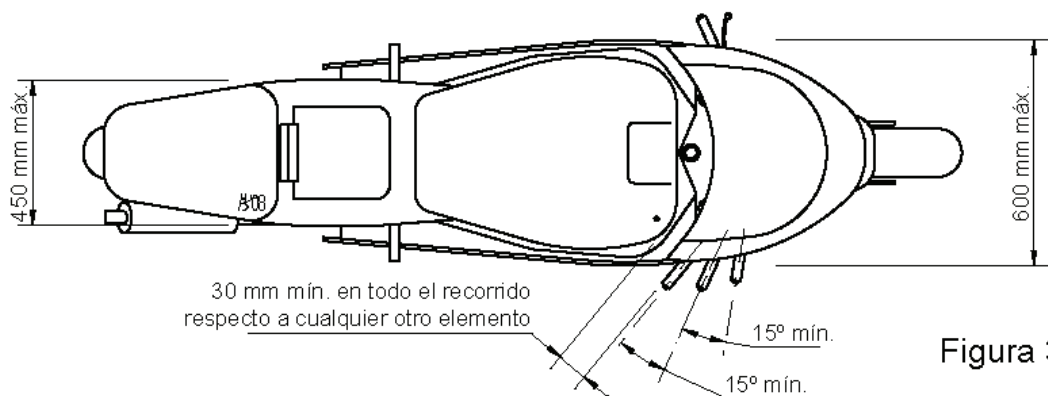


Figura 3