



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
(ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Especialidad Mecánica

CONVERSIÓN SCRAMBLER DE UNA MOTOCICLETA

Autor: Carlos Gil Boronat

Director: Juan de Norveto Moríñigo

Madrid

Julio de 2018

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. CARLOS GIL BORJAT

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: CONVERSIÓN SCRAMBLER DE UNA MOTOCICLETA, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar "marcas de agua" o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e

intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

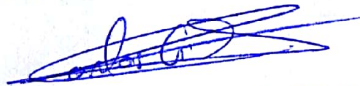
6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 17 de JULIO de 2018

ACEPTA

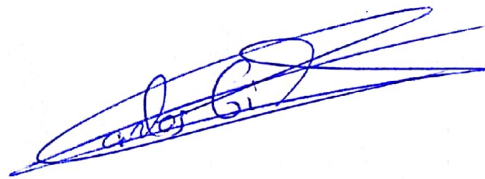


Fdo. CARLOS GIL BORONAR

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Conversión Scrambler de una motocicleta en la ETS de Ingeniería - ICAI
de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2017/2018 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Carlos Gil Boronat Fecha: 17/ 07/ 2018



Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Juan de Norverto Morínigo Fecha: 17/07/2018



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
(ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Especialidad Mecánica

CONVERSIÓN SCRAMBLER DE UNA MOTOCICLETA

Autor: Carlos Gil Boronat

Director: Juan de Norveto Moríñigo

Madrid

Julio de 2018

CONVERSIÓN SCRAMBLER DE UNA MOTOCICLETA

Autor: Gil Boronat, Carlos

Directores: Norverto Morínigo, Juan

Entidad Colaboradora: ICAI - Universidad Pontificia Comillas

Introducción

El mundo del motor está en un constante movimiento y una constante evolución que lleva a superarse y mejorar tecnológicamente día a día, como se demuestra con cada noticia que aparece sobre los vehículos eléctricos o vehículos autónomos, aunque por otro lado crece cada día más una corriente que da la vuelta hacia la estética antigua y lo mezcla con las nuevas tecnologías transformando y personalizando los vehículos.

Dentro de este mundo de las transformaciones de motocicletas hay muchas corrientes más pequeñas como pueden ser las “café racer”, las “custom”, las “chopper” o la corriente con la que se va a trabajar en este proyecto, las motocicletas “scrambler”.

Metodología

A la hora de realizar una reforma lo primero que hay que tener claro es el estilo que quieres conseguir y que motocicleta vas a utilizar para ello, en nuestro caso será una Yamaha SR250 de 1989 en perfectas condiciones. Una vez elegida la motocicleta se realizarán diversos diseños acordes con el estilo scrambler así como un estudio exhaustivo de la normativa española sobre reformas en vehículos.

La reforma propuesta se basará en una mejora del sistema de frenos mediante la implantación de frenos de disco en sustitución del sistema de freno de tambor original que montaba la motocicleta. Se decide centrarse en mejorar el freno delantero con el objetivo de mejorar la seguridad del vehículo y la maniobrabilidad de la motocicleta.

Una vez planteada la reforma se tendrá que validar mediante el cálculo teórico de la fuerza de frenado y la distancia de frenado como método de evaluación, también se deberá comprobar que las fuerzas que aparecen en la motocicleta no provocan un fallo en la estructura. Esto se realizará mediante simulación y análisis del chasis de la motocicleta mediante el método de elementos finitos mediante el software ANSYS.

Resultados

Tras los cálculos y simulaciones se obtienen los siguientes resultados:

	Distancia de frenado
Freno de tambor	17.5
Máxima frenada	4.68

Simulación	Tensiones (MPa)	Deformaciones (mm)	Coefficiente de seguridad
Freno de tabor	93.98	0.073	3.88
Frenada máxima	335.6	0.239	1.09

Estos estados de tensiones se encuentran bien en la pipa de dirección donde se aplica el par de frenado o bien cerca del enganche del motor que actúa como un empotramiento.

Conclusiones

Como se puede ver en las tablas, la distancia se ve reducida considerablemente, a pesar de que la estructura principal de la motocicleta, el chasis, no tiene mucho margen en cuanto a las fuerzas que sufre por la frenada, por lo que se recomienda reforzar el chasis aumentando la sección de los tubos.

SCRAMBLER CONVERSION OF A MOTORBIKE

Author: Gil Boronat, Carlos

Directors: Norverto Morínigo, Juan

Collaborating Entity: ICAI - Universidad Pontificia Comillas

Introduction

The world of the motor is in a constant movement and a constant evolution that leads to improve technologically day by day, as shown by every news item that appears on electric vehicles or autonomous vehicles, although on the other hand every day a current grows more that goes back to the old esthetic and mixes it with the new technologies transforming and personalizing the vehicles.

Within this world of the transformations of motorcycles there are many smaller currents such as the "cafe racer", "custom", "chopper" or the current with which one is going to work on this project, the scrambler motorcycles.

Methodology

At the time of making a reform the first thing that you have to be clear is the style you want to achieve, and which motorcycle you will use for it, in our case it will be a 1989 Yamaha SR250 in perfect condition. Once the motorcycle is chosen, different designs will be made according to the scrambler style, as well as an exhaustive study of the Spanish regulations on vehicle reforms.

The proposed reform will be based on an improvement of the braking system by the implementation of disc brakes to replace the original drum brake system that the motorcycle used to mount. It is decided to focus on improving the front brake in order to improve the safety of the vehicle and the maneuverability of the motorcycle.

Once the reform has been proposed, it will be necessary to validate by means of the theoretical calculation of the braking force and the braking distance as an evaluation method. It should also be verified that the forces that appear on the motorcycle do not cause a failure in the structure. This will be done by simulation and analysis of the motorcycle's chassis using the finite element method using the ANSYS software.

Results

After the calculations and simulations, the following results are obtained:

	Braking distance
Drum brake	17.5
Maximum braking	4.68

Simulation	Tensions (MPa)	Deformation (mm)	Security coefficient
Drum brake	93.98	0.073	3.88
Maximum braking	335.6	0.239	1.09

These states of tension are found in the steering head where the braking torque is applied or close to the motor coupling acting as an embedment.

Conclusions

As can be seen in the tables, the distance is considerably reduced, despite the fact that the main structure of the motorcycle, the chassis, does not have much room in terms of the forces suffered by braking, so it is recommended to reinforce the chassis increasing the section of the tubes.

Agradecimientos

Casi nada en esta vida se puede hacer solo, y este proyecto no iba a ser menos, es por esto por lo que estos agradecimientos tienen lugar en un documento como este.

En primer lugar y más importante quiero agradecer a mis padres y a mi familia todo el apoyo y la ayuda en todos los proyectos que he ido metiendo durante todos estos años, sin vosotros sería imposible que yo estuviera aquí.

A mi compañero José Antonio Fernández por aguantarme todos los días a todas horas durante estos últimos dos años.

Gracias a todos mis amigos y compañeros del ISC Formula Student porque me dais muchos dolores de cabeza y me obligáis a sacar lo mejor de mi día a día.

Por último, dar las gracias a todos mis amigos que me han aguantado en algún momento de debilidad o que me han acompañado en mis momentos de felicidad porque me habéis ayudado a ser quien soy y en especial a mis compañeros de la 3.5 por hacer que la biblioteca sea casi como mi casa.

Índice

1.	Introducción.....	9
1.1.	Objetivos del proyecto.....	9
1.2.	Motivación	10
1.3.	Metodología de trabajo	10
1.4.	Recursos a emplear.....	11
2.	Estado de la cuestión.....	13
2.1.	Origen	13
2.1.1.	Origen de las transformaciones.....	14
2.2.	Tipos de Motocicletas.....	16
2.2.1.	Deportiva	16
2.2.2.	Turismo	17
2.2.3.	Naked	17
2.2.4.	Trail	18
2.2.5.	Cross.....	19
2.2.6.	Trial	20
2.2.7.	Scooter	20
2.2.8.	Café Racer	21
2.2.9.	Bratstyle	22
2.2.10.	Bobber.....	23
2.2.11.	Tracker	23
2.2.12.	Chopper	24
2.2.13.	Scrambler	25
2.3.	Partes de una motocicleta	26
2.3.1.	Motor	27
2.3.2.	Bastidor.....	28
2.3.3.	Chasis	28
2.3.4.	Suspensión	34
2.3.4.2.	Suspensión trasera.....	37
2.3.5.	Frenos	38
2.3.6.	Transmisión.....	44
3.	Diseño de la motocicleta	47
3.1.	Selección de moto base	47
3.2.	Diseño previo	48
3.2.1.	Cambios propuestos	48

3.3.	Normativa	49
3.4.	Diseño final de la motocicleta.....	51
3.4.1.	Cambios propuestos	53
4.	Estudio de Frenos	61
4.1.	Teoría de frenos	61
4.1.1.	Efecto de la altura del centro de gravedad.....	65
4.1.2.	Generación de momento.....	66
4.2.	Cálculo teórico	67
4.2.1.	Descripción de los frenos.....	67
4.2.2.	Cálculo.....	71
4.3.	Distancia de frenado.....	73
4.3.1.	Ensayo de la moto original.....	75
4.3.2.	Cálculo de las fuerzas de frenado y ejercidas por el piloto	75
4.3.3.	Fuerza de frenado con el freno de disco	77
4.3.4.	Fuerza máxima de la rueda.....	78
4.3.5.	Distancia de frenado	79
5.	Análisis y simulación del chasis.....	81
5.1.	Modelado del chasis	81
5.1.1.	Software utilizado	81
5.1.2.	Proceso de modelado	82
5.2.	Análisis y simulación mediante método de elementos finitos (MEF)	86
5.2.1.	Software.....	87
5.2.2.	Mallado del chasis.....	88
5.2.3.	Condiciones de contorno	89
5.2.4.	Resultados.....	91
5.2.5.	Análisis	93
5.2.6.	Conclusiones	93
6.	Proceso de transformación y homologación	95
7.	Presupuesto	97
8.	Futuros trabajos.....	99
	Referencias	100
	Anexos	102

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Gráfico GANT de la planificación	10
Ilustración 2: Motocicleta con propulsión de vapor	13
Ilustración 3: Primera motocicleta fabricada en serie y con fines comerciales	14
Ilustración 4: Primer modelo Harley Davidson	15
Ilustración 5: Motocicleta deportiva	16
Ilustración 6: Motocicleta Gran Turismo	17
Ilustración 7: Motocicleta naked	18
Ilustración 8: Motocicleta Trail	19
Ilustración 9: Motocicleta Cross	19
Ilustración 10: Motocicleta Trial	20
Ilustración 11: Motocicleta Scooter.....	21
Ilustración 12: Moto estilo Cafe Racer	22
Ilustración 13: Moto estilo Bratstyle	22
Ilustración 14: Moto estilo Bobber	23
Ilustración 15: Moto estilo Tracker	24
Ilustración 16: Moto estilo Chopper	25
Ilustración 17: Moto estilo Scrambler	25
Ilustración 18: Partes de la motocicleta	26
Ilustración 19: Motor Yamaha SR250	27
Ilustración 20: Chasis tipo Scooter.....	29
Ilustración 21: Chasis de cuna simple	29
Ilustración 22: Chasis de Cuna simple abierta	30
Ilustración 23: Chasis de doble cuna	31
Ilustración 24: Chasis Multitubular	32
Ilustración 25: Chasis doble viga.....	33
Ilustración 26: Chasis Monoviga	34
Ilustración 27: Primeras suspensiones delanteras	35
Ilustración 28: Horquilla Telescópica	37
Ilustración 29: Suspensión trasera.....	38
Ilustración 30: Freno de tambo	39
Ilustración 31: Comparación freno de motocicleta y freno de coche	41
Ilustración 32: Freno de disco perimetral.....	42

Ilustración 33: Pinza de freno	43
Ilustración 34: Engranajes de caja de cambios	45
Ilustración 35: Transmisión por cadena.....	45
Ilustración 36: Transmisión por correa.....	45
Ilustración 37: Yamaha SR 250	47
Ilustración 38: Primer diseño.....	48
Ilustración 39: Diseño final mecánico.....	51
Ilustración 40: Diseño final estético	52
Ilustración 41: Diseño final 3	53
Ilustración 42: Disco de freno	54
Ilustración 43: pinza de freno	54
Ilustración 44: Bomba de freno	55
Ilustración 45: Botellas delanteras	56
Ilustración 46: Llanta delantera	57
Ilustración 47: Manillar	57
Ilustración 48: Puño del acelerador.....	58
Ilustración 49: Espejos retrovisores.....	58
Ilustración 50: Asiento	59
Ilustración 51: Efecto de la aerodinámica.....	62
Ilustración 52: Fuerzas de frenado de distintas motocicletas.....	63
Ilustración 53: Distancia de frenado de una moto tipo	63
Ilustración 54: Efecto de la capacidad calorífica	64
Ilustración 55: Ratio centro de gravedad- distancia de ejes.....	66
Ilustración 56: Fuerzas en el freno de tambor.....	68
Ilustración 57: Freno original de la motocicleta	69
Ilustración 58: Fuerzas en un freno de tambor	70
Ilustración 59: Fuerzas en un freno de disco	71
Ilustración 60: Flujo de decisión de los frenos.....	74
Ilustración 61: Relación de freno de la maneta.....	76
Ilustración 62: Relación freno de tambor	77
Ilustración 63: Logo SolidWorks	81
Ilustración 64: Módulo de soldadura de SolidWorks.....	81
Ilustración 65: Chasis Yamaha SR250	83
Ilustración 66: Modelado Chasis Yamaha SR 250	84
Ilustración 67: Vista isométrica del Chasis.....	84

Ilustración 68: Vista lateral del chasis.....	85
Ilustración 69: Vista superior del chasis	85
Ilustración 70: Logo ANSYS	87
Ilustración 71: Mallado de 5mm.....	88
Ilustración 72: Mallado de 2.5 mm.....	89
Ilustración 73: Momento sobre pipa de dirección, primer ensayo	90
Ilustración 74: Enganches del motor.	91
Ilustración 75: Tensiones en el ensayo del freno de tambor	91
Ilustración 76: Deformaciones del ensayo del freno de tambor	92
Ilustración 77: Tensiones en el ensayo de fuerza máxima de frenado.....	92
Ilustración 78: Deformaciones del ensayo de fuerza máxima de frenado	93
Ilustración 79: Desmontaje de la moto	96

Índice de tablas

Tabla 1: Ensayo de frenada.....	75
Tabla 2: Momentos de frenado	79
Tabla 3: Distancias de frenado.....	80
Tabla 4: Propiedades Acero SAE 1010	82
Tabla 5: Estadísticas de la malla del primer ensayo	89
Tabla 6: Estadísticas de la malla del segundo ensayo	89
Tabla 7: Momentos aplicados sobre la pipa de dirección	90
Tabla 8: Resultados de las simulaciones.....	93
Tabla 9: Elementos y procesos de homologación	95
Tabla 10: Presupuesto	98

1. Introducción

La tendencia general en el mundo de la tecnología y el transporte es la innovación y los diseños más modernos. A pesar de todo esto, en los últimos años y en gran medida influenciado por la crisis económica mundial, comenzó de nuevo la tendencia a la reutilización de los productos, algo que todos nuestros abuelos hacían y que con el crecimiento de la economía y la modernización se fue perdiendo. Esta vuelta al pasado se ha visto en las motos en la subida en popularidad de las motos clásicas, como demuestran las grandes marcas como BMW o Ducati sacando motos con estilo antiguo, pero también en la transformación de las motos antiguas por parte de los usuarios, es en esta zona donde se centra el proyecto.

Esta tendencia de la transformación de motocicletas busca restaurar y renovar las antiguas motocicletas de éxito para poder alargar su vida útil y poder usarlas durante más tiempo. Para que esto sea posible es necesario no solo restaurar las partes dañadas de motos antiguas, si no también mejorar las prestaciones de estas, principalmente en cuanto a seguridad y contaminación para que cumplan las normativas actuales, las cuales se han ido endureciendo.

El proyecto consiste en transformar y homologar una Yamaha SR 250, una motocicleta antigua líder en ventas, en una motocicleta tipo Scrambler. Primero se realizará un diseño estético de la motocicleta, más tarde se debe hacer un análisis de seguridad y contaminación para saber que partes de la motocicleta son necesarias de mejorar para poder cumplir la normativa actual o bien para mejorar las prestaciones.

Una vez terminada la transformación, se debe realizar un estudio de prestaciones y seguridad, así como una valoración económica de la transformación, antes de continuar con los trámites de la homologación.

1.1. Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto consiste en transformar una moto antigua, convirtiéndola en una moto de estilo scrambler, para ello se va dividir este objetivo principal en los siguientes objetivos menores:

- Diseño final de la motocicleta, estético, de piezas y elementos necesarios a cambiar siguiendo el estilo scrambler.
- Estudio del sistema de frenos y planteamiento de un nuevo sistema que mejore el rendimiento.
- Preparación de la motocicleta para el proceso de homologación.
- Análisis de la viabilidad legal de la reforma a realizar

1.2. Motivación

La motivación para la realización de este proyecto es ser capaz de renovar una motocicleta antigua, contribuyendo a una mentalidad de reutilización, pudiendo alargar la vida útil de los vehículos. Esto es importante a la hora de cambiar la mentalidad consumista a la que ha tendido la sociedad en las últimas décadas.

Por otro lado, la mejora en el sistema de frenado, en las suspensiones y en la posición de conducción contribuye a la mejora del parque automovilístico en busca de una menor tasa de accidentes y por tanto una menor tasa de muertos en carretera.

1.3. Metodología de trabajo

El trabajo seguirá el siguiente cronograma:

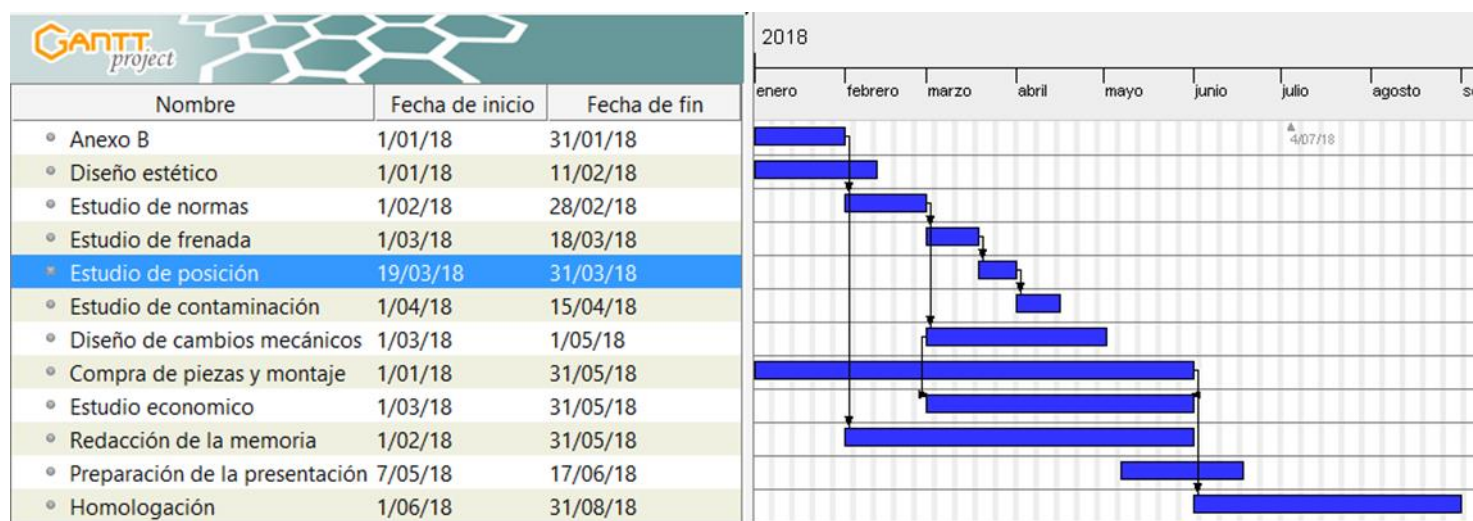


Ilustración 1: Gráfico GANT de la planificación

En caso de realizarse ensayos para el proyecto, se realizarán un mínimo de 3 pruebas para cada tipo de ensayo, asegurando así la validez de los resultados obtenidos en ellos.

A la hora de realizar los estudios, primero se recabará información sobre el tema, se planteará un diseño inicial y por último se realizarán los ensayos o pruebas necesarias para validar los diseños.

1.4. Recursos a emplear

Para la realización del proyecto se utilizará:

- Base de datos de proyectos
- Apuntes de Diseño de máquinas
- Información en Webs especializadas
- Software:
 - o Gantproject
 - o Excell
 - o Word
 - o SolidWorks
 - o ANSYS
- Pista de pruebas

2. Estado de la cuestión

2.1. Origen

Las motocicletas tienen su origen en una evolución de las bicicletas a medida que la tecnología iba avanzando, por lo que es difícil establecer fechas concretas para ello.

Los primeros intentos de crear una motocicleta datan del siglo XIX. En las primeras tentativas se fusionaron los entonces denominados bicis con pequeñas calderas de vapor. Al parecer, los tres primeros emprendedores que consiguieron este hito fueron un americano, Sylvester H. Roper, y dos franceses, Louis-Guillaume Perreaux y Pierre Michaux, que trabajaron juntos.

No sería hasta 1868, cuando apareció la primera patente relacionada con este tema, si bien en aquellos momentos aun no era considerada como una motocicleta dado que estaba propulsada con vapor, quedándose en un prototipo que nunca llegó a fabricarse.



Ilustración 2: Motocicleta con propulsión de vapor

Fuente: <http://juanchoferia.blogspot.com/>

En 1876, el ingeniero Nikolaus Augusto Otto inventó el primer motor de combustión interna, que fue denominado “motor de ciclo Otto”, y que a la postre sería el precursor de los motores de gasolina. Gracias a esta creación, la primera motocicleta con motor de combustión interna (es decir, con motor de explosión) fue construida en 1885 por

los alemanes Wilhelm Maybach y Gottlieb Daimler, y en 1894, se presentó en Múnich la primera motocicleta fabricada en serie con fines comerciales.



Ilustración 3: Primera motocicleta fabricada en serie y con fines comerciales

Fuente: <http://www.saberia.com/cual-fue-la-primera-marca-de-motos/>

2.1.1. Origen de las transformaciones

El término “Scrambler” que se atribuye actualmente a un estilo concreto de motocicletas tiene su origen en la palabra inglesa “Scramble”, haciendo referencia a su traducción como “mezcla”. Por tanto, las motocicletas “Scrambler” tienen en común la combinación de elementos de motos de carretera con elementos de motos de campo.

El nacimiento de este estilo de motocicletas podría remontarse a los años 40 del siglo pasado. En esta época, en Estados Unidos existían dos fabricantes de motocicletas: Harley Davidson e Indian que, fundamentalmente, las fabricaban para el ejército y la policía.

Al estallar la Segunda Guerra Mundial, Harley Davidson firmó un contrato con el ejército que le permitiría fabricar miles de motocicletas durante la guerra destinadas al campo de batalla. Al usar las primeras motos fuera de caminos y carreteras surgieron algunos problemas y para solucionarlos, comenzaron a realizar modificaciones en las motocicletas para dotarlas de más manejabilidad y mayores virtudes off-road. Entre otras, se reforzaron los guardabarros, se aumentó su altura, se instalaron protectores, y se trató de hacer la moto lo más sencilla y polivalente posible.

Estas motocicletas serían las precursoras de lo que actualmente se denomina el estilo Scrambler, es decir, una moto que de origen estaba pensada para su conducción por carretera y se fue transformando sin cambiar su base original, enfocándola al off-road y a la aventura, con un estilo sencillo, clásico y minimalista.



Ilustración 4: Primer modelo Harley Davidson

Fuente: <https://www.curiosfera.com/historia-de-la-moto/>

En paralelo, en Inglaterra, a finales de los 50 y especialmente en la década de los 60, se comenzó a popularizar el término Scrambler, asociado a la adaptación y transformación de motocicletas pensadas originalmente para su uso en asfalto. Las modificaciones se realizaban para darle más posibilidades de realizar carreras y, principalmente, consistían en cambiar el manillar por uno más ancho, instalar neumáticos con tacos y levantar los guardabarros. Normalmente, también se procuraba aligerar la moto lo máximo posible retirándole piezas “prescindibles”, pues el fin de estas transformaciones por lo general era su uso en carreras ilegales por circuitos improvisados.

A raíz de estos primeros cambios, en los Estados Unidos se creó una gran en torno a estas prácticas desde principios del siglo pasado. Comenzando desde las primeras Harley Davidson o las primeras Indian, hasta nuestros días, se han estado transformando, reconvirtiendo y renovando motocicletas de todo tipo. Sin embargo, esta cultura de la transformación de vehículos nunca ha tenido una gran influencia en España, a pesar de que su incidencia es mayor que en el resto de Europa.

El uso de las motocicletas tuvo una expansión rápida gracias a la movilidad que aportaban y al reducido precio que tenían en comparación con el coste de los coches. Las transformaciones de las motocicletas se han ido generalizando, en unos casos como consecuencia de carencias económicas que no permiten su renovación, y en otros casos, simplemente por el deseo de personalizar los vehículos. Para conseguirlo los usuarios empezaron a adaptar los recambios de motocicletas antiguas o diferentes a las suyas para poder seguir utilizándolas sin tener que gastar apenas dinero.

Tal como ya hemos apuntado, este tipo de prácticas se fue poniendo de moda y desarrollando a lo largo de los años, llegando a ser muy extendidas en países como EE. UU., en parte, gracias a las legislaciones y políticas mantenidas sobre los vehículos en estos

países que han favorecido su desarrollo. Por el contrario, en países como el nuestro, donde las leyes en el ámbito de la seguridad, la contaminación y la homologación de vehículos son más restrictivas, no se ha podido alcanzar el mismo grado de desarrollo, fundamentalmente, debido a las trabas y dificultades que obstaculizan el proceso creativo.

En definitiva, el término “Scrambler” se utiliza para denominar a un estilo concreto de motocicletas que tienen en común la combinación de elementos de motos de carretera con elementos de motos de campo.

2.2. Tipos de Motocicletas

Desde la creación de la primera motocicleta en serie en 1894, han ido surgiendo a lo largo de los años muchos tipos de motocicletas en función del uso que se las ha dado y también en respuesta a nuevas necesidades dando lugar a una gran variedad de tipologías en el mercado.

Actualmente, los tipos de motocicletas que existen en el mercado se pueden clasificar como sigue:

2.2.1. Deportiva

Las motocicletas “deportivas”, como su propio nombre indica, tienen un aspecto similar a las motos de competición. Se caracterizan por ser motos de gran cilindrada con altas prestaciones. Su aspecto incluye carenados agresivos donde se busca una mayor penetración aerodinámica.



Ilustración 5: Motocicleta deportiva

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005

Dentro de las motos deportivas, existe una variante de este tipo de motocicletas, denominada generalmente como RR (Race Replica) que, a diferencia de las anteriores, no buscan el aspecto de una moto de competición si no que directamente son motocicletas de

competición a las que se les incluyen los elementos necesarios para poder circular por la calle, como pueden ser retrovisores, alumbrado, filtros de contaminación y demás elementos que exige la normativa para ello.

2.2.2. Turismo

Estas motocicletas están ideadas para la realización de largas travesías. Se caracterizan por unos carenados amplios, con gran protección contra el viento, asiento alto y posición de conducción erguida, grandes depósitos de combustible y un gran equipamiento complementario como son las maletas, GPS, pantallas protectoras.



Ilustración 6: Motocicleta Gran Turismo

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005

Según la cilindrada y potencia del motor se pueden organizar, a su vez, en dos subcategorías:

- Turismo: Cilindrada de hasta 1000cc
- Gran Turismo: Cilindrada desde 1000cc

2.2.3. Naked

Este tipo de motocicletas se caracteriza porque van “desnudas”, como su propio nombre indica, debido a que van desprovistas de carenado y dejan a la vista gran parte de su parte ciclo. A pesar de que su denominación aparece después de la implantación genérica de los carenados en las motocicletas, se podría decir que es el primer tipo de motocicleta que se creó.



Ilustración 7: Motocicleta naked

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005

Dentro de las naked aparecen un par de variaciones como son:

- Roadster: De gran cilindrada y pensadas para viajes largos con un ligero carenado.
- Streetfighter: Se trata de una motocicleta a medio camino entre las deportivas y las naked. Podría decirse que son naked con prestaciones deportivas o bien, deportivas sin carenado.

2.2.4. Trail

El origen de este tipo de motocicleta fue la exploración. Son motocicletas pensadas para realizar travesías por fuera de la carretera, disponen de un gran recorrido de suspensión, una posición de conducción muy alta y llevan pantallas de protección para el piloto. Este tipo de motos son las utilizadas para rallys como el Dakar.



Ilustración 8: Motocicleta Trail

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005

2.2.5. Cross

Esta tipología engloba a las motocicletas diseñadas para las competiciones de motocross, por lo que, entre sus características principales, destacan, la aparición con neumáticos de tacos y largos recorridos de suspensión.



Ilustración 9: Motocicleta Cross

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005

Generalmente no están preparadas para circular por la calle, pero existe una variante de estas motocicletas, denominada “enduro” que si está preparadas para poder circular por la calle.

2.2.6. Trial

Al igual que las anteriores, este tipo de motos están preparadas para las competiciones de trial. Están pensadas para superar obstáculos y se caracterizan porque se conducen de pie, por lo que carecen de asiento, y por el bajo peso que tienen.



Ilustración 10: Motocicleta Trial

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005

2.2.7. Scooter

Estas motocicletas están pensadas para circular por la ciudad, y a diferencia de todas las anteriores, el piloto no va sentado a horcajadas. Además de esta característica, se diferencia del resto por incorporar un carenado que cubre también las piernas, por tener espacio de almacenamiento debajo del asiento y por no tener caja de cambios. En vez de disponer de caja de cambios estas motocicletas utilizan un sistema de transmisión mediante una correa y distintos conos que provocan distintas relaciones entre el motor y la rueda según los rpm del motor.



Ilustración 11: Motocicleta Scooter

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005

2.2.8. Café Racer

El estilo Café Racer nació en la Inglaterra después de la segunda guerra mundial, concretamente, en la década de los 50. Los entonces rockeros y jóvenes de la época modificaban sus motocicletas con el fin de ir más rápido en carreras callejeras entre los distintos cafés de la ciudad, surgiendo de estas prácticas la tipología “Café Racer”.



Ilustración 12: Moto estilo Cafe Racer

Fuente: <https://www.caferaceros.com/cafe-racer/honda-cb750-marilyn-cafe-racer-broque-motorcycles/>

Se diferencian de las demás, principalmente, por el uso de semimanillares, colines alterados para reducir espacio, estriberas retrasadas y un aligeramiento general en toda la moto. En sus inicios, todas estas modificaciones se utilizaban para ganar velocidad y agilidad en la motocicleta.

2.2.9. Bratstyle

Hay quien dice que este estilo surge en Japón. Las *Bratstyle* son unas motos similares a las anteriores en las que existe una base de *café racer* mezclado con otros estilos. Por tanto, comparte muchas características con las *café racer*, como pueden ser el uso de los semimanillares o dejar la moto lo más ligera posible.



Ilustración 13: Moto estilo Bratstyle

Fuente: <http://www.caferacerpasion.com/diferencias-entre-cafe-racer-bobber-street-tracker-brat-style-y-custom/>

La principal diferencia de estilo entre las *bratstyle* y las *café racer* se encuentra en la parte trasera de la moto, en el colín y en el asiento, ya que este tipo de motos utiliza asientos más largos y no suele tener colín.

2.2.10. Bobber

El estilo *bobber* nace en estados unidos después de la segunda guerra mundial y es desarrollado, principalmente, por soldados del ejército americano. Se buscan abaratar las motos que fabrican en américa y es por ello por lo que las bases para este tipo de motos suelen ser motos de gran cilindrada, *Harley Davidson*, *Indian*, etc.



Ilustración 14: Moto estilo Bobber

Fuente: <http://www.caferacerpasion.com/diferencias-entre-cafe-racer-bobber-street-tracker-brat-style-y-custom/>

Se caracterizan por ser motos bajas y largas, así como con un chasis rígido. Usan neumáticos anchos y un asiento monoplaza con una posición de conducción más cómoda y menos ágil para la conducción en ciudad.

2.2.11. Tracker

Este tipo de motocicletas se basa en las motos de carreras de *Dirt track*, utilizan su estilo, pero modifican los elementos necesarios para que se pueda circular con ellas por la calle. Se caracterizan por utilizar un colín monoplaza y llevar grafiado un número al estilo de las motos de carreras.



Ilustración 15: Moto estilo Tracker

Fuente: <http://www.caferacerpasion.com/diferencias-entre-cafe-racer-bobber-street-tracker-brat-style-y-custom/>

2.2.12. Chopper

Las Chopper nacen en Estados Unidos en los años 60 y, actualmente, son las más populares en Estados Unidos. Se caracterizan por ser motos bajas con una horquilla muy larga de gran recorrido y unos manillares de gran altura. Suele llevar la rueda delantera muy estrecha, al contrario que la trasera, que suele ser muy ancha y de menor diámetro.



Ilustración 16: Moto estilo Chopper

Fuente: <http://www.caferacerpasion.com/diferencias-entre-cafe-racer-bobber-street-tracker-brat-style-y-custom/>

2.2.13. Scrambler

Finalmente, las motos tipo *Scrambler* son concebidas para salir de la carretera. Están pensadas para la gente que quiere explorar más allá de las carreteras convencionales y pretenden transmitir la sensación de libertad con la que nacieron las primeras motocicletas.



Ilustración 17: Moto estilo Scrambler

Fuente: <https://www.pinterest.com.mx/pin/475270566905675195/>

Se caracterizan por llevar ruedas de tacos o mixtas con llantas de radios, disponer de unas suspensiones altas con guardabarros y un tubo de escape alto. También suelen llevar un manillar recto, estilo motocross y pocos elementos superficiales, buscando una moto lo más ligera y simple posible.

2.3. Partes de una motocicleta

A continuación, se presenta una breve descripción de las distintas partes de una motocicleta.

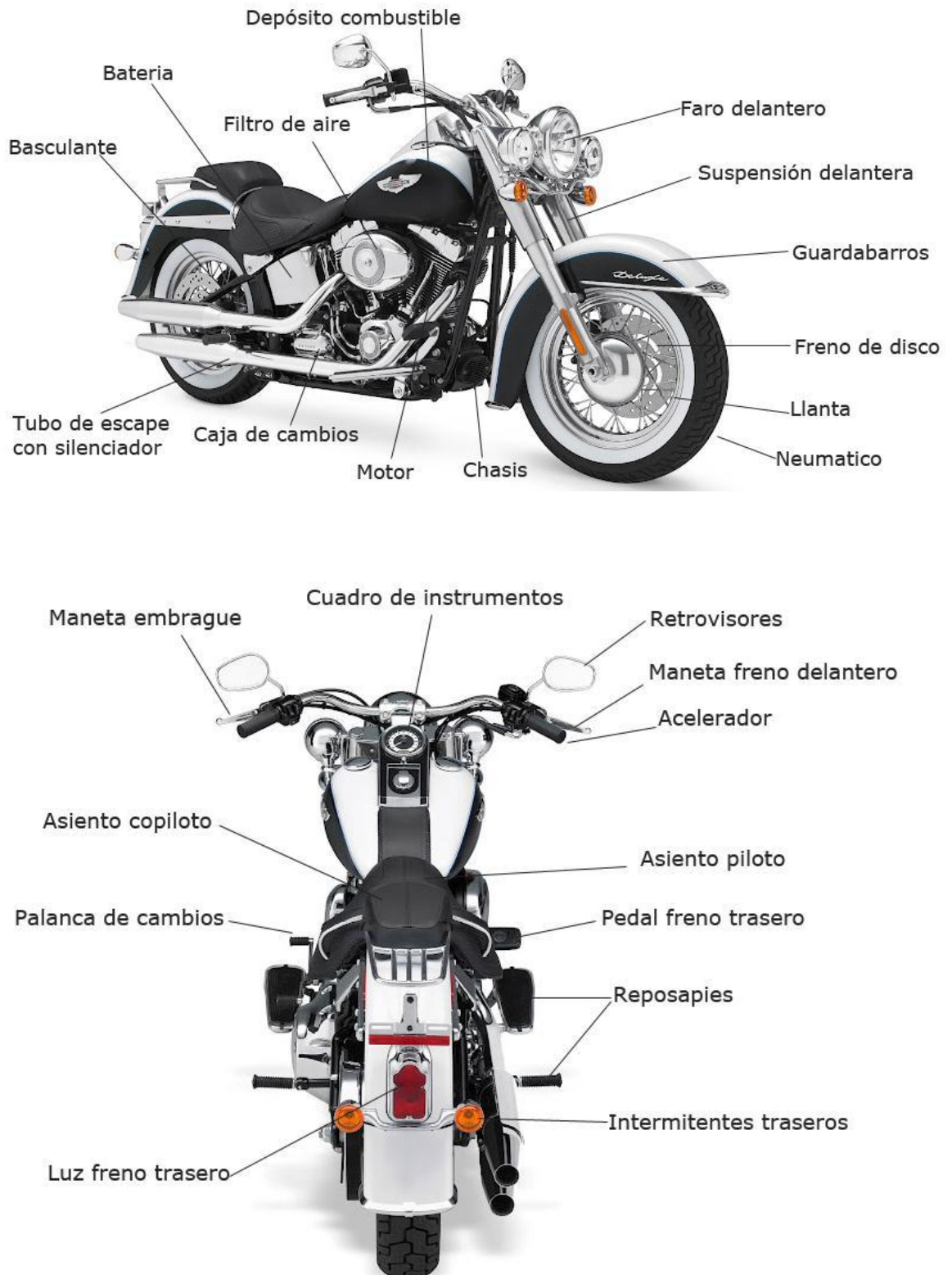


Ilustración 18: Partes de la motocicleta

2.3.1. Motor

El motor es el elemento que transmite el par al sistema de transmisión, transforma la energía calorífica o eléctrica en energía cinética, dependiendo si es un motor de combustión interna o un motor eléctrico. Aunque tradicionalmente se han utilizado motores de combustión interna, casi exclusivamente motores de gasolina, actualmente están empezando a introducirse en el mercado motocicletas impulsadas por motores eléctricos.

Dentro de los motores de combustión interna existe la posibilidad de que dispongan de un motor de dos tiempos o de un motor de cuatro tiempos. Estos últimos se han impuesto en el mercado debido al menor desgaste de sus piezas y, por tanto, un menor gasto en mantenimiento, además de producir una menor contaminación.

Los motores se pueden clasificar de muchas maneras diferentes: por número de cilindros; por potencia; por colocación; o por cilindrada. No obstante, la forma más utilizada de diferenciar los motores en el mundo de las motos es por cilindrada. La cilindrada en las motos oscila desde los 50cc en los ciclomotores hasta 1200cc en las motos de gran potencia, llegando incluso hasta los 1800cc en algunas excepciones como es la *Honda Goldwind*, una moto muy pesada pensada para grandes viajes.

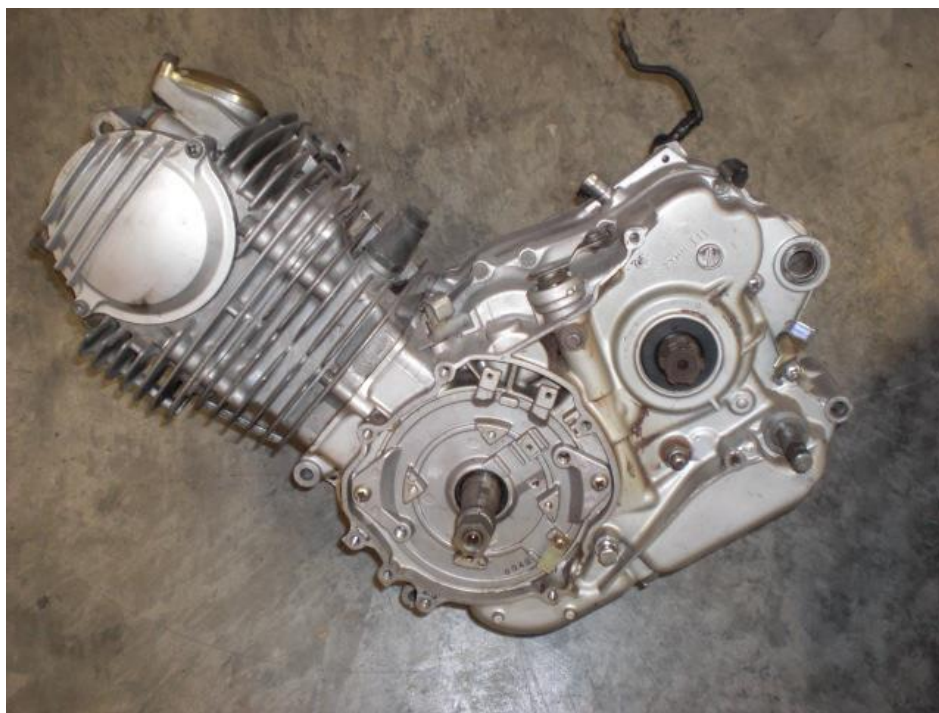


Ilustración 19: Motor Yamaha SR250

Fuente: <http://www.motosdesguace.com/motor-yamaha-specialclassic-p-42271.html>

Debido a la ligereza de las motocicletas, cobra importancia la función estructural de los motores, aportando rigidez y ayudando a un mejor comportamiento de la motocicleta.

2.3.2. Bastidor

El bastidor está formado por todo lo que no es el motor: suspensiones, ruedas, el chasis, el subchasis y el basculante. El bastidor es el encargado de soportar las fuerzas de la motocicleta, tanto estáticas como dinámicas.

Las fuerzas estáticas son principalmente los distintos pesos que actúan sobre la motocicleta: Piloto, motor, transmisión y demás accesorios como el depósito de gasolina o posibles maletas de equipajes.

Las fuerzas dinámicas, sin embargo, son las más importantes en el comportamiento de la motocicleta y, por tanto, las que más afectan al bastidor. Son las fuerzas que aparecen durante el funcionamiento normal de la motocicleta, siendo las más significativas: las fuerzas de frenado y aceleración, también llamadas fuerzas de inercia; las fuerzas producidas durante la toma de las curvas; y las fuerzas debidas a obstáculos, baches o desperfectos en el terreno.

2.3.3. Chasis

El chasis es el elemento estructural donde se sujeta el motor, y además sirve de unión entre la suspensión delantera, mediante la pipa de dirección, y el subchasis y el basculante. Es un elemento que aporta mucha rigidez y esta reforzado, generalmente, en la zona de unión con la suspensión delantera, debido a que es la zona del chasis que sufre mayores esfuerzos.

El material de fabricación del chasis ha ido evolucionando a lo largo de los años, desde los primeros chasis de acero, pasando por los actuales chasis de aluminio hasta los chasis de carbono de las motocicletas de competición donde se utilizan los últimos avances en tecnología.

A lo largo de los años se han desarrollado diferentes tipos de chasis:

-TIPO SCOOTER

Se caracteriza por tener una pipa de dirección muy baja, casi a la altura del sillín, una estructura abierta, generalmente con un tubo estructural que pasa por debajo de las piernas del piloto. Se suele usar una chapa estampada para aguantar el peso del piloto. En ocasiones se colocan chapas de acero como elementos que actúan estructuralmente y aerodinámicamente a la vez

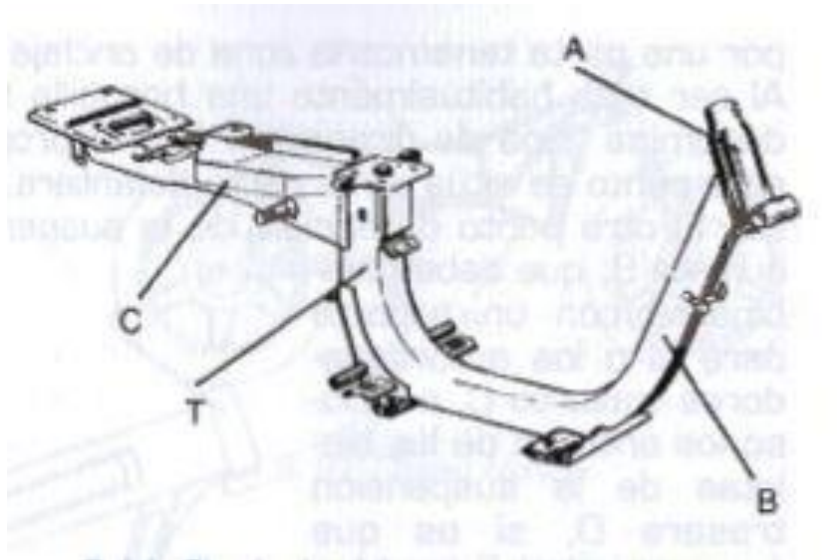


Ilustración 20: Chasis tipo Scooter

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005

Debido a la limitación de velocidad que suelen tener este tipo de motocicletas no necesitan tener una gran rigidez, permitiendo el uso de un chasis abierto que aumenta la comodidad del piloto.

-CUNA SIMPLE

El chasis tipo “Cuna Simple” consiste en una sección reforzada que sale de la parte superior de la pipa de dirección y un tubo que sale de la parte inferior de la misma hasta la parte inferior del motor.

Por otro lado, la zona inferior del motor y el anclaje al basculante y al subchasis se sujetan mediante distintos tubos, que también se unen a la sección superior del chasis.



Ilustración 21: Chasis de cuna simple

Fuente: <https://www.portalscooter.com/reportajes/tipos-de-chasis-motos-scooters/2/>

Este tipo de chasis tiene una variante, son los chasis de cuna interrumpidos. En este tipo de chasis la parte estructural de debajo del motor desaparece convirtiendo al motor en una parte estructural clave.

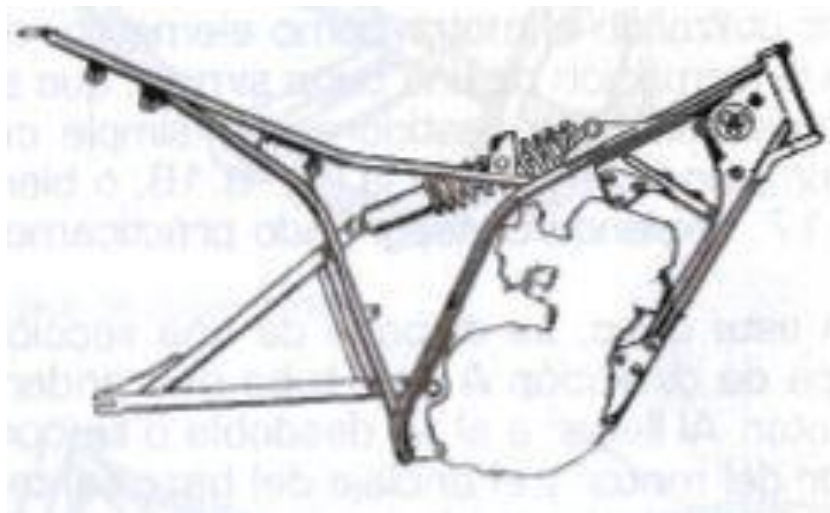


Ilustración 22: Chasis de Cuna simple abierta

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005

Este tipo de chasis se usa en motos de calle con una potencia no demasiado alta, debido a que no disponen de una rigidez muy alta. Actualmente casi no se fabrican motos con este chasis.

-DOBLE CUNA

Los chasis de doble cuna son una mejora o evolución de los chasis de cuna simple. Tienen características similares a los chasis de cuna simple destacando una diferencia principal: de la parte delantera salen dos tubos en vez de uno desde la pipa de dirección hacia la zona inferior del motor, abrazando a este por los laterales y llegando a los enganches del basculante por separado.

Estos chasis tienen más rigidez debido a que se encuentran completamente cerrados, en la mayor parte de los casos, formando una estructura más sólida y más ancha que los chasis de cuna simple, lo que permite instalar motores de mayor tamaño y, por tanto, mayor cilindrada y más potencia.

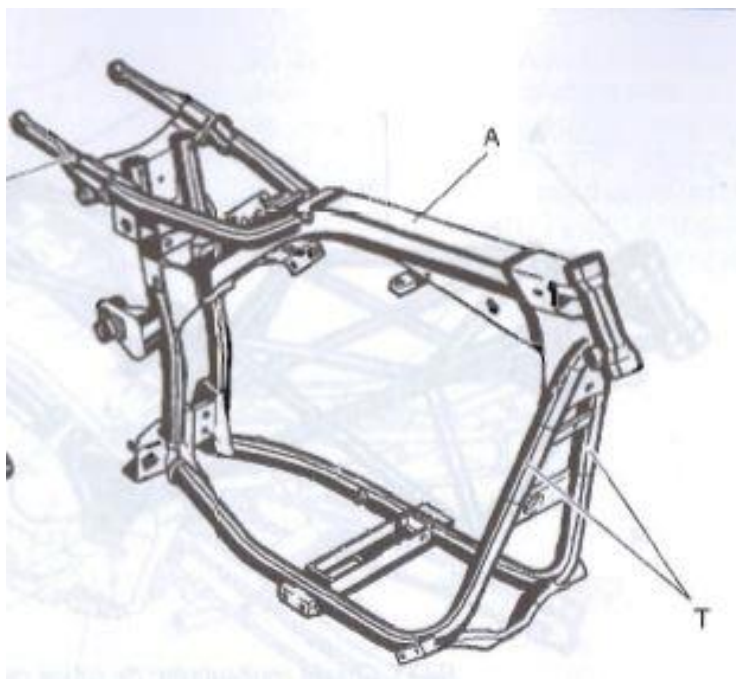


Ilustración 23: Chasis de doble cuna

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005

En los casos en los que el chasis dificulta la extracción del motor debido a su tamaño, pueden aparecer chasis desmontables. Estos chasis tienen la ventaja de que, en lugar de tener todas las uniones soldadas, disponen de algunas uniones atornilladas, facilitando de esta manera el posible desmontaje del motor en caso de necesidad.

Los chasis de cuna, tanto simple como doble, han dominado y dominan el mercado, es por ello por lo que es fácil ver variaciones a las características más generales, anteriormente indicadas. También se pueden encontrar chasis en los que se varía en el material utilizado, sustituyendo el material habitual por acero tratado al cromo molibdeno, o bien cambiando la sección de los tubos utilizados por secciones cuadradas o triangulares.

-MULTITUBULAR

En los chasis multitubulares el motor suele encontrarse colgado de los tubos, aprovechando la gran rigidez que suelen tener los motores para usarlos como un elemento con función resistente. Este tipo de chasis está más orientado a la competición y a su uso en motos de gran cilindrada y potencia. En su diseño se busca que los tubos trabajen solo a tracción y compresión para aportar la mayor rigidez posible y aguantar las fuerzas que aparecen en estas motocicletas.

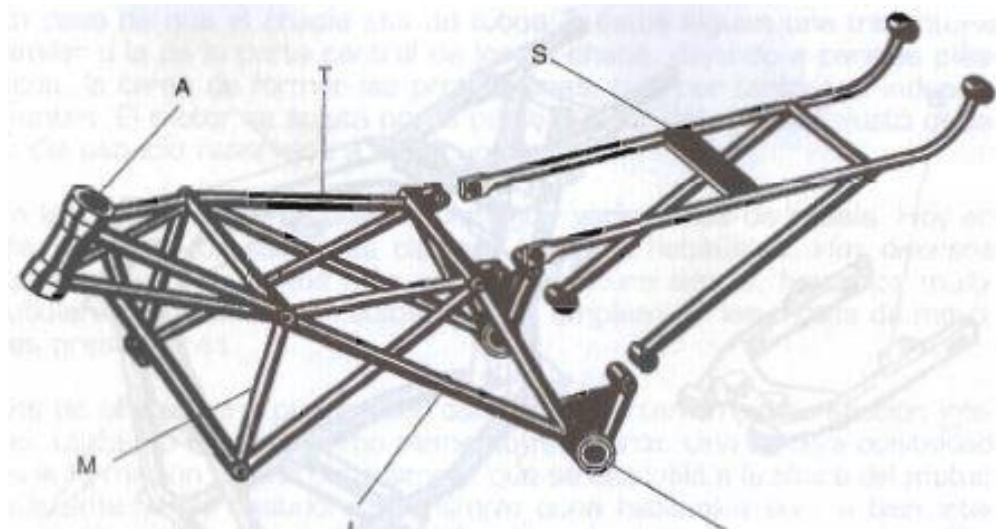


Ilustración 24: Chasis Multitubular

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005

-DOBLE VIGA

Como el propio nombre indica están formado por un par de vigas de gran sección que sustituye al entramado de tubos de los anteriores chasis en la función de elementos resistentes. En este tipo de chasis aparecen desde la pipa de dirección dos vigas que se bifurcan y van hasta el anclaje del basculante, abrazando al motor por la parte posterior. En este caso, los anclajes del motor se realizan mediante tubos de una sección menor que se encuentran soldados o atornillados a la estructura principal.

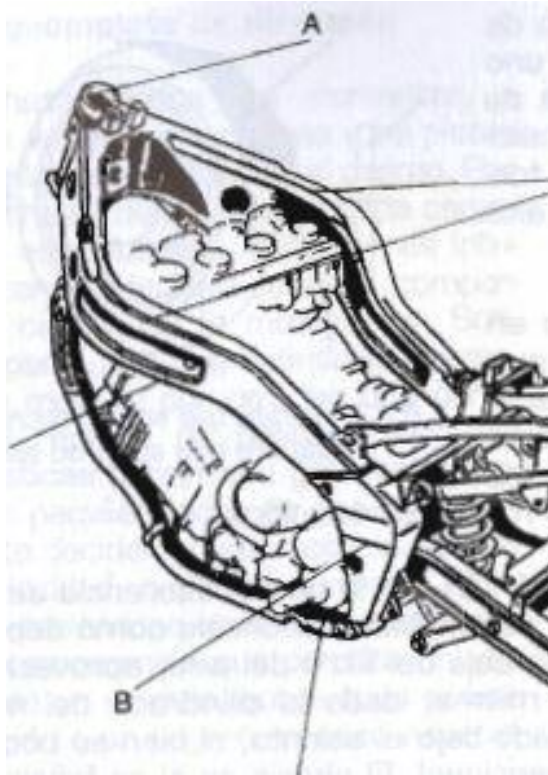


Ilustración 25: Chasis doble viga

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005.

Algunos fabricantes optan por realizar estos chasis con materiales más ligeros como el aluminio, en estos casos las dos vigas principales pasar a tener una sección mayor o bien a ser macizas para soportar los diferentes esfuerzos. En estos casos también es necesario reforzar las zonas de la pipa de la dirección y la unión con el basculante.

-MONOVIGA

Los chasis monoviga se pueden entender, bien como una variación o bien como un tipo diferente de chasis. Estos chasis se caracterizan por disponer de una viga central de gran sección que se une en la parte superior de la pipa de dirección y va hasta el enganche del basculante pasando por encima del motor, como si fuera una columna vertebral. De esta viga central salen, por los laterales o por la parte delantera, distintos soportes para la sujeción del motor.



Ilustración 26: Chasis Monoviga

Fuente: <https://experienciasdeunmotero.wordpress.com/2015/06/11/el-chasis-de-la-moto-ese-gran-desconocido-al-que-tanto-debemos/>

2.3.4. Suspensión

La suspensión es un sistema de amortiguación cuya principal función es aislar al piloto y a los elementos mecánicos de la motocicleta de los posibles desperfectos que se encuentren en el camino. Para ello es necesario incorporar unos elementos elásticos entre la estructura principal y la carretera, es lo que se denomina suspensión. La razón por la cual son necesarias las suspensiones es porque estos desperfectos que se encuentran en la carretera podrían causar botes en la moto cuando se circula a alta velocidad, provocando una pérdida de contacto de la moto con el suelo y, por tanto, una pérdida de maniobrabilidad y tracción, además de que también provoca una gran incomodidad en el piloto. La suspensión busca solucionar estos problemas, así como alargar la vida útil de los distintos elementos mecánicos, ya que los baches y las vibraciones reducirían considerablemente la vida útil debido a los efectos de la fatiga en los materiales.

A diferencia de las primeras motocicletas, que no tenían suspensiones, las actuales llevan dos sistemas de suspensión diferentes e independientes, la suspensión delantera y la suspensión trasera.

2.3.4.1. Suspensión delantera

A pesar de que al principio del siglo XX las motocicletas no incorporaban ningún tipo de suspensión, pronto se dieron cuenta de la necesidad de instalar sistemas de amortiguación en la rueda delantera para mejorar la maniobrabilidad de las motocicletas, sobre todo en los terrenos irregulares de la época.

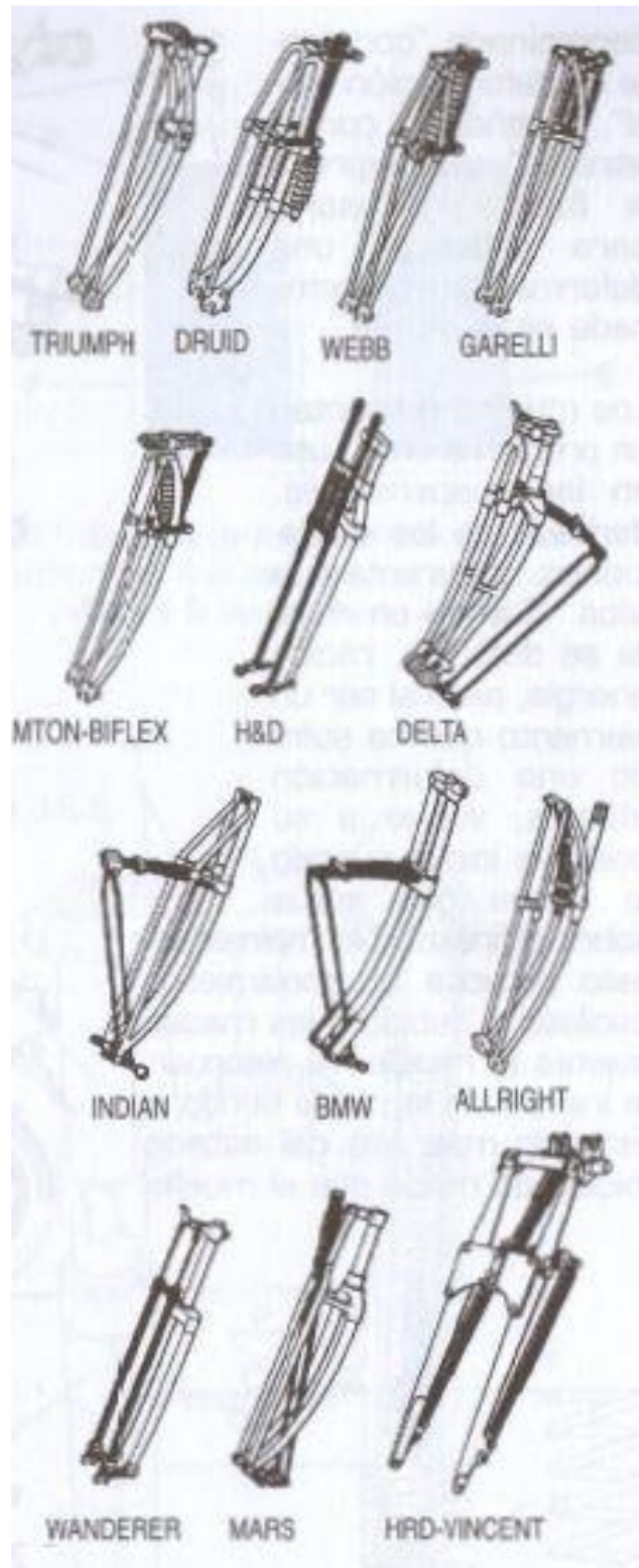


Ilustración 27: Primeras suspensiones delanteras

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005.

Al principio cada marca desarrollaba un tipo diferente de suspensión, dando lugar a que convivieran diferentes tipos de suspensión delantera al mismo tiempo. No es hasta 1935, que BMW monta la primera suspensión con horquilla telescópica que es el sistema más utilizado en las motos de calle hoy en día, y prácticamente el único en las motocicletas de competición.

Antes de ver las principales suspensiones delanteras hay que remarcar los parámetros más importantes que afectan en las suspensiones, que son:

- La 'K' De los muelles, constante de deformación
- El amortiguamiento de las botellas
- Las masas suspendidas y no suspendidas,
- Las características de los neumáticos

-Horquilla telescópica

El sistema de suspensión más utilizado actualmente es la Horquilla telescópica, y, de hecho, casi el 100% de las motocicletas lo llevan incorporado.

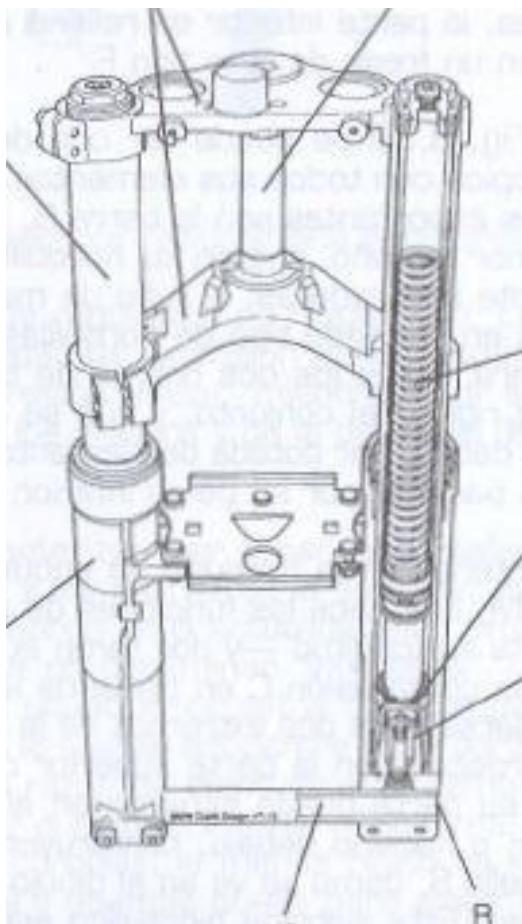


Ilustración 28: Horquilla Telescópica

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005.

El sistema dispone de dos brazos o botellas que se unen a la pipa de dirección a través de unas piezas denominadas “tijas”, que en la parte inferior se unen a la rueda delantera. Cada brazo está constituido por dos tubos concéntricos de los cuales uno es un poco más grande que el otro, permitiendo que se introduzca un tubo en el otro.

Dentro de estas botellas se introduce un muelle que hace las funciones de suspensión, permitiendo que el sistema vuelva al estado original una vez superado el bache. Para reducir lo máximo posible la oscilación provocada por la naturaleza del muelle, se rellena parte de la botella con un aceite hidráulico y también se coloca un freno de este tipo.

En los últimos años han proliferado las llamadas “horquillas invertidas” que colocan el tubo de mayor diámetro en la parte superior, al revés que las horquillas tradicionales. Estas nuevas horquillas aportan mayor rigidez al sistema y también reducen la cantidad de masa no suspendida, mejorando así el funcionamiento de la suspensión.

2.3.4.2. Suspensión trasera

A pesar de que la importancia de incorporar un sistema de suspensión en la rueda trasera es menor a incorporarlo en la delantera, ya que esta soporta la mayor parte de las

imperfecciones del terreno, no tardo en empezarse a colocar sistemas de suspensión en ambas ruedas.

La suspensión trasera une el basculante al chasis o en ocasiones al subchasis, su función principal es mantener la rueda trasera en el suelo para poder transmitir el par del motor y poder frenar también con la rueda trasera.

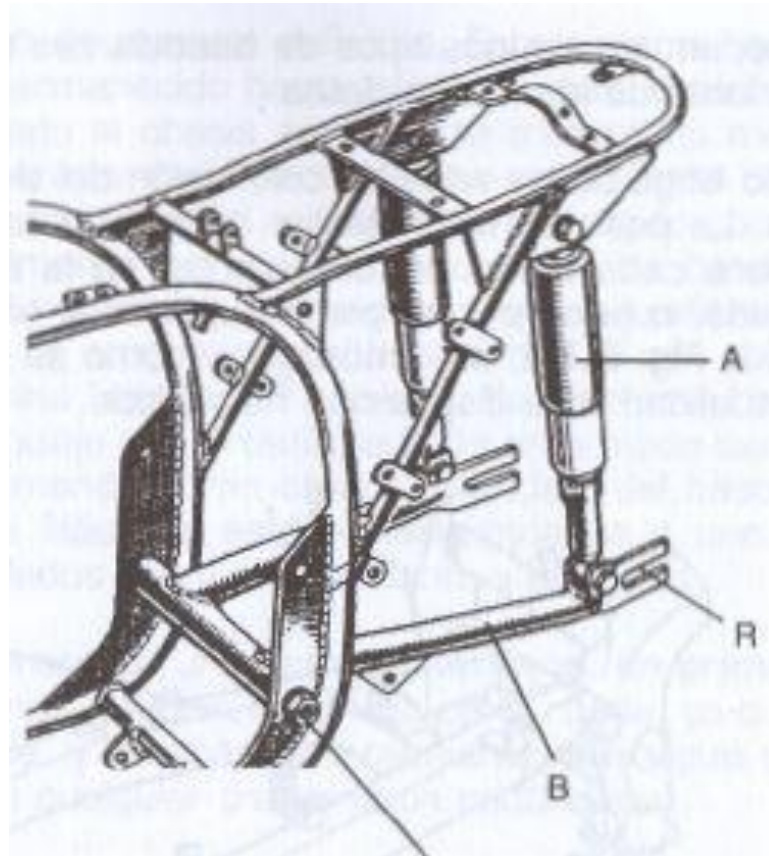


Ilustración 29: Suspensión trasera

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005.

Actualmente hay dos sistemas de suspensión trasera, el primero y más antiguo es el sistema de doble amortiguación sobre el basculante. En este sistema se colocan dos amortiguadores sobre los lados del basculante y se conectan por la parte superior al chasis.

El segundo método, más moderno, es el de “monoamortiguador”. En este sistema aparece, normalmente, un solo amortiguador enganchado en la línea central del basculante, y conectando también por la parte superior al chasis. En este sistema de suspensión aparece también, en motocicletas de altas prestaciones, un sistema de bieletas que busca una línea de amortiguación progresiva, al contrario de las suspensiones tradicionales que tienen una amortiguación lineal.

2.3.5. Frenos

Los frenos son el sistema que permita detener la moto, se encuentran acoplados a las ruedas y en la actualidad aparecen dos tipos de frenos: los frenos de zapata y los frenos de disco.

-Frenos de zapata

A pesar de que en la actualidad predominan los denominados frenos de disco, no nos podemos olvidar de los frenos de zapata o frenos de tambor. Estos frenos, que todavía se usan en algunos ciclomotores y motos pequeñas, principalmente para abaratar precio, dominaron el mercado hasta los años 90.

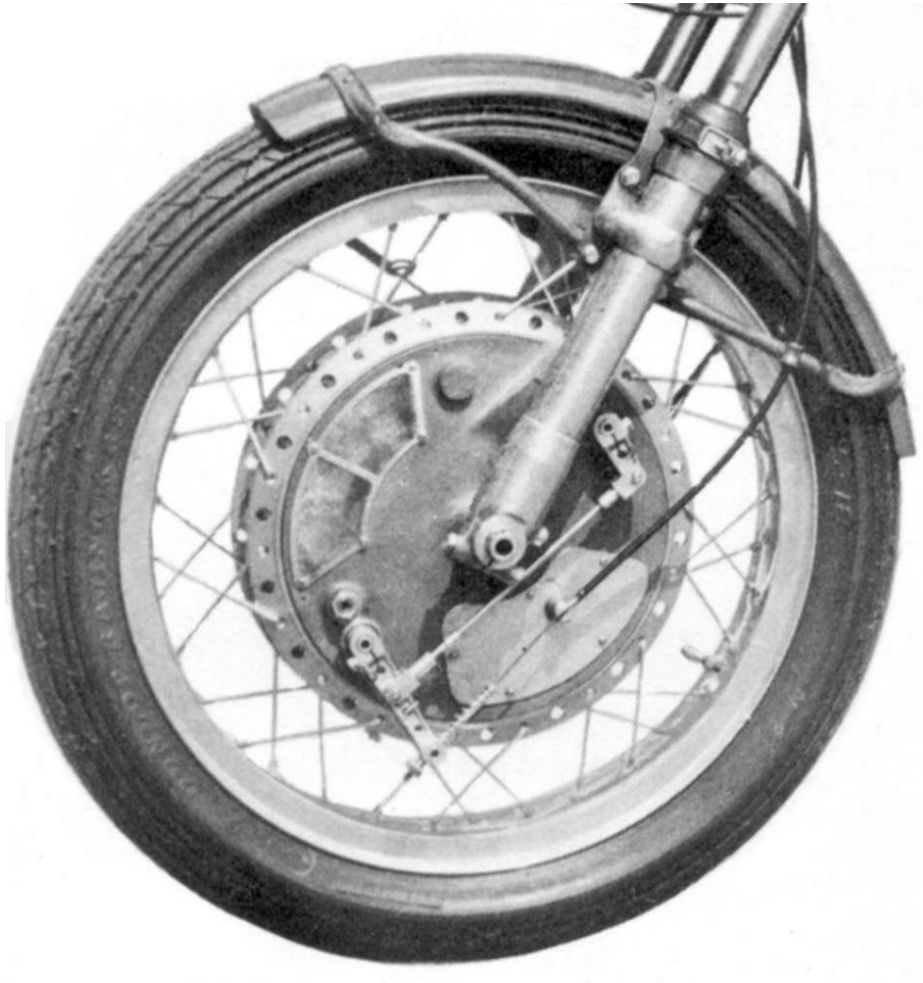


Ilustración 30: Freno de tambo

Fuente: Motorcycle handling and chassis design

Hasta entonces, los frenos de tambor en distintos niveles de desarrollo habían protagonizado el mercado de motocicletas a pesar de las grandes limitaciones que estos sistemas tenían.

Con el desarrollo de los frenos de tambor de doble zapata se consiguió una potencia de frenado considerable, siempre y cuando el freno se mantuviera frío. Debido a la forma de este sistema de freno, el rozamiento de las zapatas con la carcasa provoca un calentamiento excesivo y una expansión térmica. Esta expansión se puede minimizar con un diseño más rígido del sistema, aunque el problema de sobrecalentamiento nunca ha sido fácil de solucionar debido a que el freno de tambor es muy difícil de refrigerar.

-Frenos de disco

Los frenos de disco en las motocicletas aparecen como una solución más eficiente que los frenos de tambor, aunque también menos económica, a pesar de esto, los frenos de disco son los dominantes del mercado actual.

Este tipo de frenos está formado por un disco de freno, normalmente de acero, unas pinzas, que ejercen la fuerza sobre el disco, y un sistema hidráulico para transmitir la fuerza desde la maneta del conductor hasta las pinzas.

La refrigeración de los frenos de disco en las motocicletas se realiza mediante convección, gracias al aire, y muy rara vez se ve un disco con algún tipo de refrigeración adicional. A diferencia con los frenos de los coches, los frenos de las motocicletas modernas se denominan frenos flotantes. Estos frenos se caracterizan por tener un centro vaciado fabricado de un material ligero como el aluminio, mientras que el exterior del disco es macizo y de materiales menos ligeros como el acero. La parte exterior y la central se unen mediante tornillos.

Esta disposición de los frenos de disco permite que se produzca un ligero movimiento lateral, que sirve para evitar la deformación del disco debido al sobrecalentamiento o a una mala distribución de la temperatura debida a que las pinzas de freno actúan solo sobre una parte del disco.

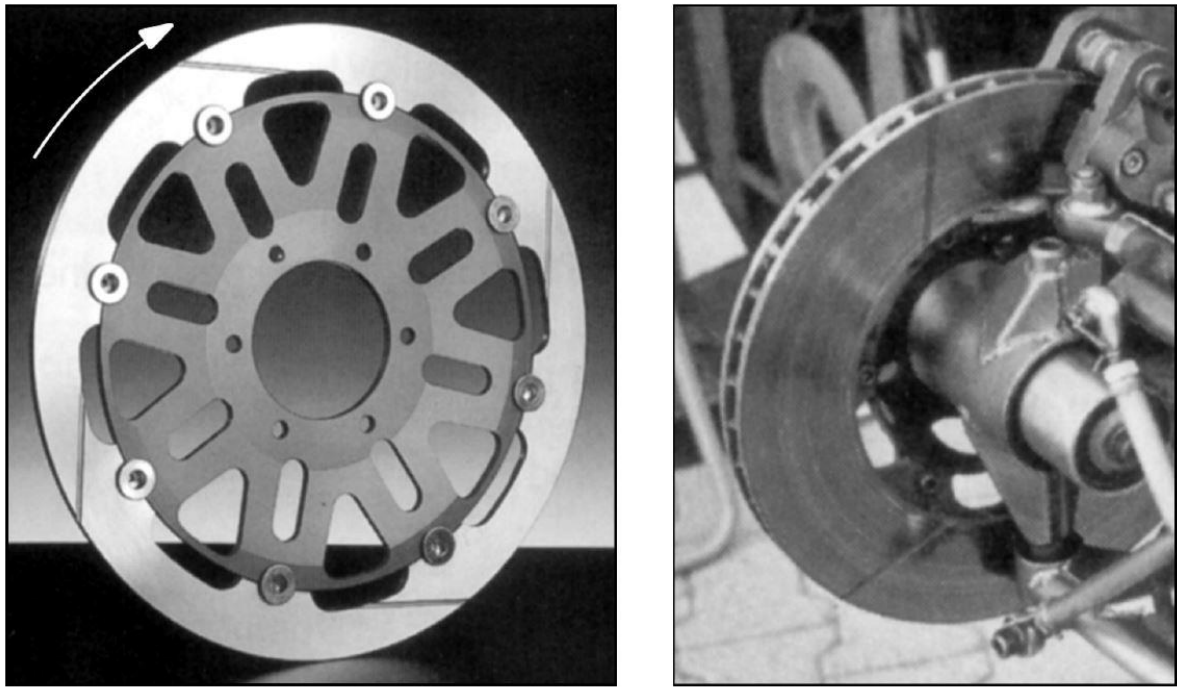


Ilustración 31: Comparación freno de motocicleta y freno de coche

Fuente: Motorcycle handling and chassis design

Como se observa en la ilustración 18, los discos de frenos de los coches son macizos y más gruesos que los de las motos. Esta diferencia es debida, en parte, a la búsqueda de ligereza de los frenos de motocicleta ya que la masa del disco afecta negativamente al manejo de la motocicleta y al funcionamiento de la suspensión.

Según evolucionaban las motos y la potencia de estas aumentaba, era necesario aumentar la potencia de frenado. Para conseguirlo, una solución fue aumentar el diámetro de los discos de frenos. Sin embargo, al aumentar los diámetros aparecieron algunos problemas como era la limitación del diámetro al disponer la pinza de freno por el exterior del disco de freno y el aumento de peso debido al aumento de diámetro. Estas limitaciones dieron lugar a la aparición de los primeros discos de freno perimetrales.

Los frenos de disco perimetrales, en vez de enganchar el disco de freno por el centro de la llanta, lo que hacen es disponer de unos enganches en el borde de la llanta, permitiendo así llegar al diámetro máximo y reduciendo considerablemente el peso del soporte. No obstante, para que este sistema funcione es necesario cambiar la disposición del agarre de las pinzas de freno, pasando a colocarse por la parte interior del disco en vez de por la parte exterior.



Ilustración 32: Freno de disco perimetral

Fuente: Motorcycle handling and chassis design

-Pinzas de freno

Las pinzas de freno se sujetan de manera fija a las botellas de suspensión y por otro lado abrazan al disco de freno con las pastillas, sin llegar a tocarlo mientras el freno no esté actuando.

Las pinzas de freno se pueden clasificar de dos maneras diferentes:

- Forma de actuar sobre el disco
- Número de pistones

Las pinzas se pueden clasificar como pinzas de efecto simple o doble efecto según si los pistones se colocan en un lado de la pinza o en ambos. En el caso de las pinzas de efecto simple el cuerpo de la pinza de freno debe tener cierta libertad para moverse lateralmente y así poder equilibrar las fuerzas del pistón.



Ilustración 33: Pinza de freno

Fuente: Motorcycle handling and chassis design

Respecto al número de pistones, a la hora de hablar de motos convencionales de calle, lo más habitual es encontrar pinzas de uno o dos pistones, sin embargo, cuando se aumenta de cilindrada y de potencia como ocurre con las motos deportivas y de competición, es más habitual hablar de pinzas de 4 pistones debido a la necesidad de aumentar la capacidad de frenado de la motocicleta.

En la actualidad han empezado a aparecer las pinzas de freno de 6 pistones, con 3 pistones a cada lado, siendo estas pinzas las más potentes hoy en día.

Dentro de las pinzas de freno se encuentran las pastillas, que son las piezas que entran en contacto con el disco de freno. Tradicionalmente el material de las pastillas estaba basado en asbestos, aunque por razones de salud se forzó a buscar nuevas soluciones. Actualmente el material de las pastillas de freno está en continua evolución. Por ejemplo, en motocicletas de competición donde los discos están hechos de carbono las pastillas tienen que ser también de carbono.

-Sistema hidráulico

El sistema hidráulico del freno consta de los latiguillos y de la bomba de freno. A diferencia de los coches que solo tienen uno, las motocicletas tienen dos sistemas

hidráulicos con sus respectivas bombas, uno para el freno delantero y otro para el freno trasero.

Las bombas son bombas axiales accionadas mediante un pequeño pistón colocado bien en la maneta o bien en el pedal, dependiendo si se trata del freno delantero o del trasero. Los latiguillos se encuentran a la salida de la bomba y se encargan de conectar esta última con las pinzas y los pistones.

2.3.6. Transmisión

La transmisión es el sistema encargado de transmitir el par y la potencia del motor hasta la rueda trasera de la motocicleta, incluyendo todos los mecanismos por los que se transmite la energía. Generalmente se divide en transmisión primaria y transmisión secundaria.

2.3.6.1. Transmisión primaria

La transmisión primaria es la encargada de transmitir el movimiento desde el cigüeñal del motor hasta fuera del motor, pasando por el embrague y por la caja de cambios. Esta etapa suele llevar consigo una desmultiplicación, disminuyendo la velocidad en la misma proporción que aumenta el par, esto se puede realizar mediante cadena o mediante engranajes. Este último método es el más habitual ya que minimiza el mantenimiento y permite reducir el tamaño del motor.

-Embrague

El embrague es el mecanismo que sirva para conectar y desconectar la transmisión del movimiento desde el cigüeñal hasta la rueda a voluntad del piloto mediante una maneta en el manillar. Suele colocarse entre la transmisión primaria y el eje primario de cambio, aunque también es posible que se coloque directamente tras el cigüeñal.

-Caja de velocidades

La caja de velocidades es imprescindible para hacer funcionar al motor en el intervalo de velocidades optimas de par y potencia, sin importar la velocidad de la motocicleta. Gracias a este sistema es posible conseguir diferentes velocidades de giro en el eje secundario, que sale de la caja de cambio, para una misma velocidad en el eje primario, entra a la caja de cambios desde el embrague. Esto se consigue mediante un sistema de engranajes y un selector de marchas que permite elegir qué conjunto de engranajes transmiten el par en cada marcha.

El número de marchas en cada motocicleta varía dependiendo del modelo, si bien lo normal es disponer de un intervalo entre 4 marchas en algunas motos custom y de 6 o 7 marchas en modelos deportivos con gran potencia, lo más habitual es encontrarse con motos de 5 marchas.

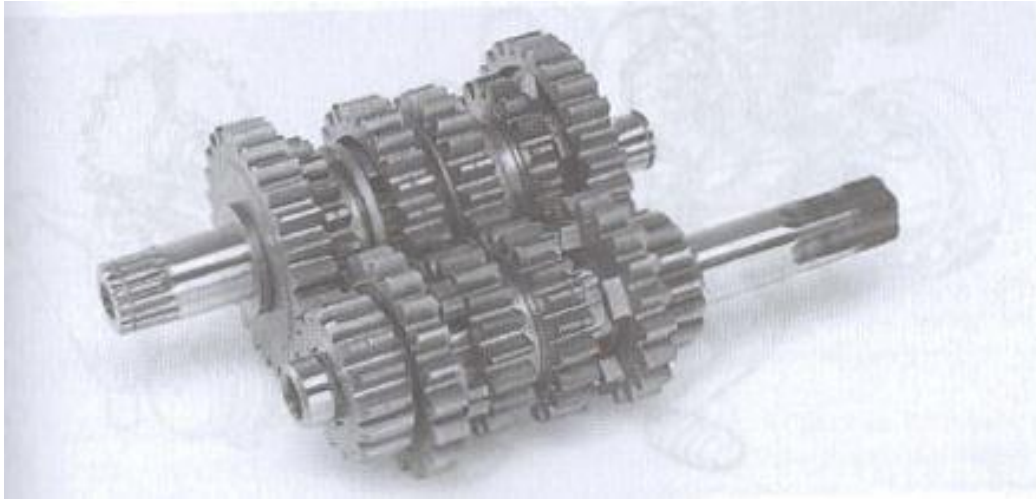


Ilustración 34: Engranajes de caja de cambios

Fuente: Motocicletas, Arias Paz, 2005.

La caja de velocidades se acciona mediante un pedal en el pie izquierdo, generalmente se acciona hacia abajo para reducir marcha y hacia arriba para aumentarla, estando el punto muerto entre la primera marcha y la segunda. Hay algunos casos en los que se invierte este sentido de las marchas como en algunas motos de competición.

2.3.6.2. Transmisión secundaria.

La transmisión secundaria es el sistema encargado de transmitir el movimiento y la potencia del motor desde la salida de la caja de cambios hasta la rueda. Los principales sistemas de transmisión son la transmisión por cadena, por correa y por cardan.



Ilustración 36: Transmisión por correa



Ilustración 35: Transmisión por cadena

3. Diseño de la motocicleta

3.1. Selección de moto base

A la hora de elegir la base del proyecto se tiene varias opciones que se usan habitualmente. Las principales motos que se usan suelen ser las BMW K100 o K75 o las Honda CB750 y otras motos de la gama CB de honda.

Debido a la inexperiencia y al bajo presupuesto se decide utilizar estos dos criterios a la hora de elegir la moto base. Por esto la moto elegida es la Yamaha SR 250, esta moto muy popular en los años 80 y 90 en España presenta una mecánica simple y gracias a la popularidad que tuvo se encuentran ejemplares en muy buenas condiciones.



Ilustración 37: Yamaha SR 250

En este caso se ha encontrado una Yamaha en perfecto estado de funcionamiento salvo un problema con la batería por un precio bajo. Esto permite más posibilidades a la

hora de realizar la transformación, por lo que se decide no solo realizar el proyecto de manera teórica, si no intentar una transformación real.

3.2. Diseño previo

Como paso previo al comienzo del proyecto y partiendo de la moto base que se ha elegido, se debe realizar un diseño previo de la motocicleta Scrambler que se quiere conseguir.

Se ha realizado un boceto con la imagen final a la que se quiere llegar.

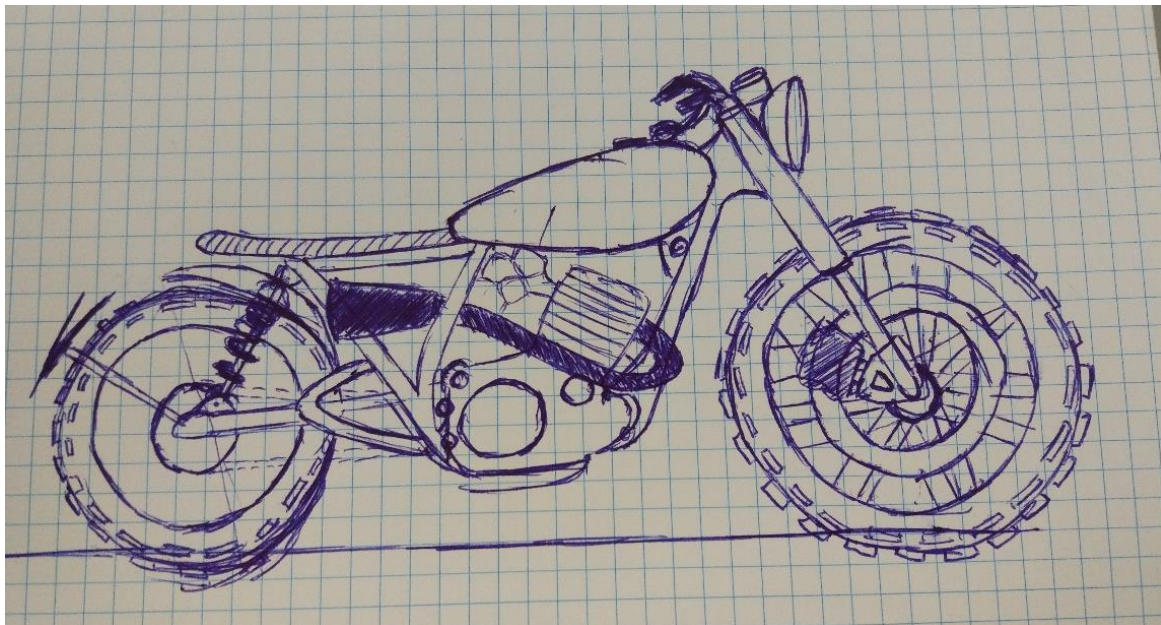


Ilustración 38: Primer diseño

En este primer diseño, se deja crear libremente sin pensar en las posibles limitaciones como pueden ser el presupuesto, la normativa o la complejidad de la transformación y por tanto el tiempo o los medios necesarios.

3.2.1. Cambios propuestos

En el diseño previo se busca la optimización de la moto base, para ello se pretende mejorar la seguridad, la maniobrabilidad, la eficiencia y la estética. Para conseguir estos objetivos se deberían cambiar o mejorar distintas piezas de la motocicleta, proponiendo las siguientes intervenciones:

Listado de piezas básicas y comunes presentes en la transformación Scrambler.

En este diseño se cambia:

- Llanta delantera
- Freno delantero
- Neumáticos
- Botellas de suspensión
- Manillar
- Espejos retrovisores
- Instrumentación
- Luces
- Tubo de escape
- Suspensión trasera
- Filtro de aire
- Asiento
- Porta matriculas
- Pintura
- Batería y sistemas eléctricos

3.3. Normativa

Una vez se tiene el diseño previo, la siguiente fase es realizar un estudio de la normativa vigente en España y hacer un análisis para determinar si las reformas planteadas en el diseño previo son viables según los recursos y las posibilidades que se tienen actualmente.

Actualmente en España, la normativa de reformas en vehículos viene reflejada en el “Manual de Reformas de Vehículos”, que a su vez se apoya en el “Manual de Procedimiento de inspección de Estaciones de ITV”. En estos dos documentos viene legislado todos los tipos de reformas que están permitidas en nuestro país, así como los papeles y procedimientos que hay que realizar para la realización y homologación de las distintas reformas.

De esta normativa se puede extraer que existen dos tipos de reformas: reformas de importancia y reformas normales, donde cada tipo de reforma tiene un procedimiento diferente que se explicara a continuación.

-Reforma normal:

En este tipo de reformas entran todas aquellas que no juegan un papel importante en el funcionamiento normal de la motocicleta. Se entiende que no afectan al funcionamiento normal, los elementos estéticos no estructurales, la iluminación y otros elementos.

Para llevar a cabo este tipo de reformas es necesario presentar la siguiente documentación:

- Informe de conformidad de la marca: Este informe lo emite la marca de la motocicleta o bien un laboratorio especializado. En este documento se debe reflejar si la pieza de la reforma se encuentra dentro de la homologación europea y, en tal caso, reflejar el número de homologación.
- Certificado de taller: Este documento certifica que la reforma se ha llevado a cabo en un taller certificado para realizar este tipo de reformas. En el certificado se deben incluir las reformas llevadas a cabo en el taller y quien las ha realizado.

-Reforma de importancia:

Las reformas de importancia engloban todas aquellas que modifican en algún aspecto las características principales de la motocicleta o bien el funcionamiento de la misma, como puede ser realizar alguna reforma en el motor, en la suspensión o en los frenos.

En este tipo de reformas es necesario presentar:

- Informe de conformidad de la marca: Documento similar a los presentados en las reformas normales.
- Certificado de taller: Documento similar a los presentados en las reformas normales.
- Proyecto técnico: El proyecto debe ser realizado por un técnico competente, suscrito por quien lo realiza, y en el que se documente el vehículo y las reformas que se van a realizar en el mismo. Debe disponer de una estructura de proyecto, es decir, una memoria, con antecedentes, descripción del vehículo antes y después de la reforma y descripción de la reforma en sí misma. Debe contener,

además, unos cálculos justificativos, un pliego de condiciones, un presupuesto y los planos del proyecto.

- Certificado final de obra: El certificado tiene que estar firmado por el ingeniero encargado del proyecto, reflejando, a su vez, quien es el encargado, el taller donde se ha realizado la reforma, todas las reformas efectuadas, así como fotografías justificativas de la finalización del proyecto.

3.4. Diseño final de la motocicleta

Una vez revisada la normativa y hecho un estudio de los trámites requeridos para la realización de las distintas reformas, se decide realizar una revisión del diseño inicial para que se acerque más a las posibilidades reales de realización teniendo en cuenta el presupuesto, el tiempo y los conocimientos que se tiene.

Con base en la normativa de aplicación, se decide reducir el número de reformas de importancia que se implantarán en la motocicleta, centrándose principalmente en la mejora del sistema de frenado para hacer la motocicleta más segura y más manejable.

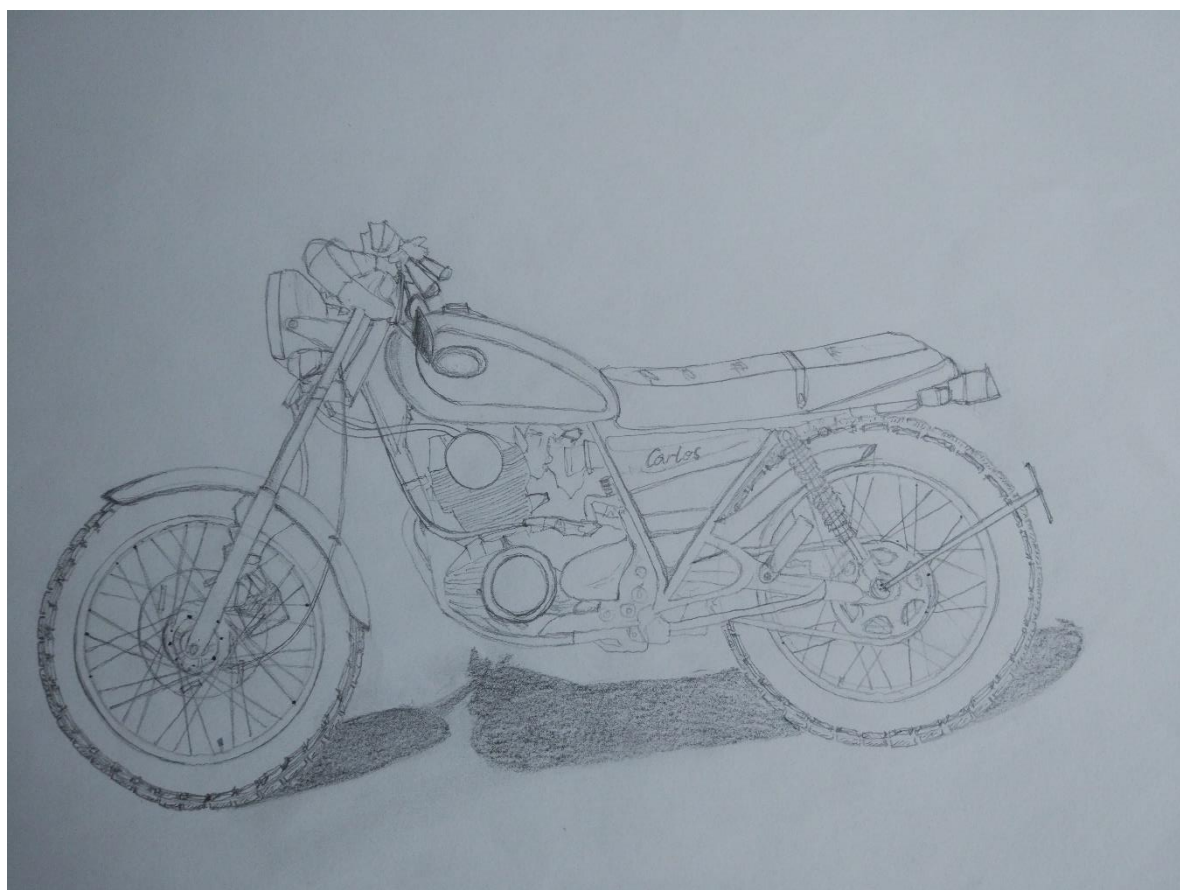


Ilustración 39: Diseño final mecánico

Conversión scrambler de una motocicleta

El primer paso a la hora de realizar el diseño final de la motocicleta ha sido retirar las reformas de gran importancia que se ha decidido no incorporar en el diseño definitivo.



Ilustración 40: Diseño final estético

El segundo paso, una vez terminado el diseño de las partes mecánicas que se van a reformar es la hora del diseño de la parte estética buscando siempre el estilo ‘Scrambler’.

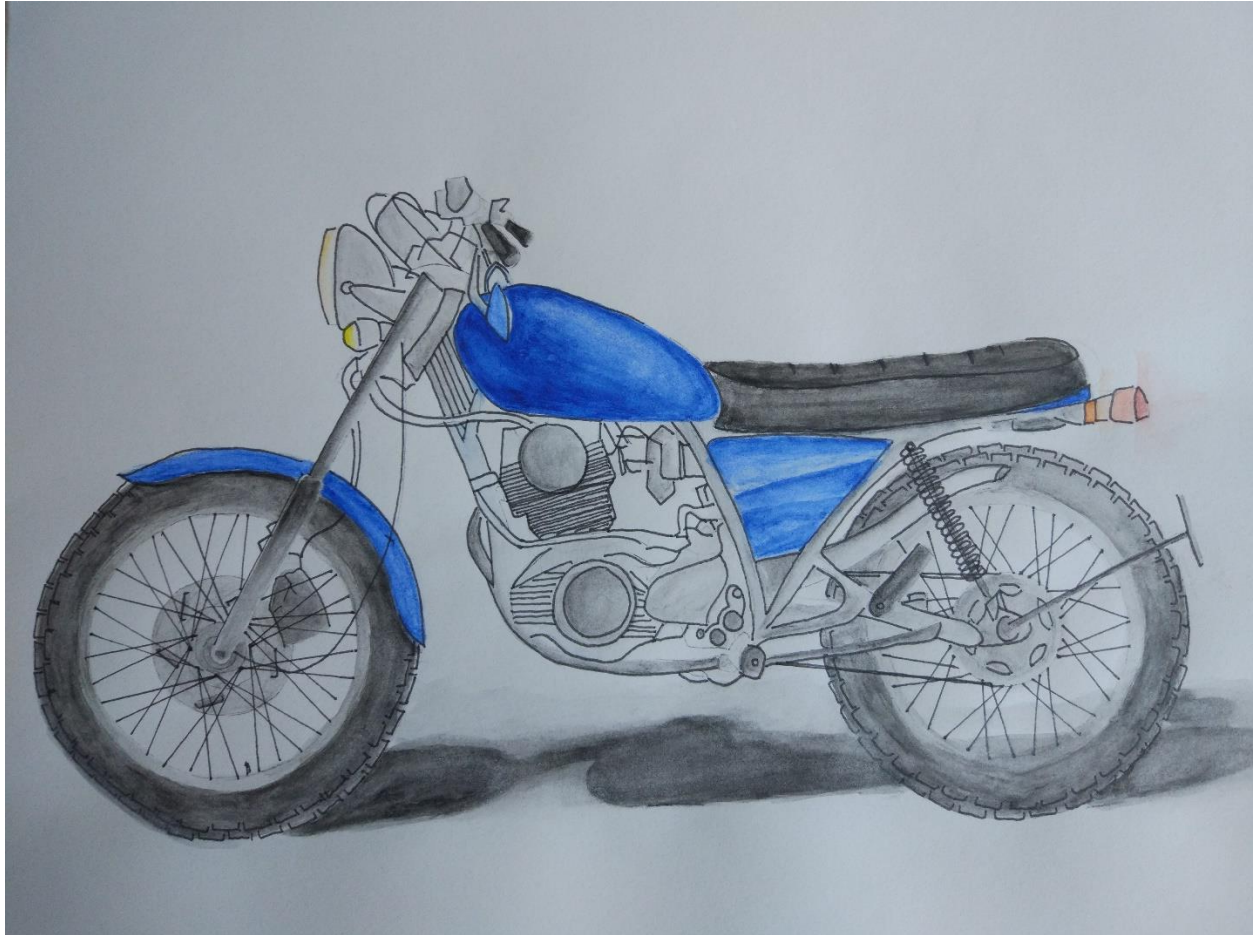


Ilustración 41: Diseño final 3

3.4.1. Cambios propuestos

En el diseño final de la motocicleta destaca principalmente la reforma del sistema de frenado, donde se busca una mejora en la seguridad del vehículo y una mejora en la conducción.

A continuación, se presenta una lista completa de los cambios y reforma a realizar en la motocicleta:

- Disco de freno delantero



Ilustración 42: Disco de freno delantero

- Pinza de freno

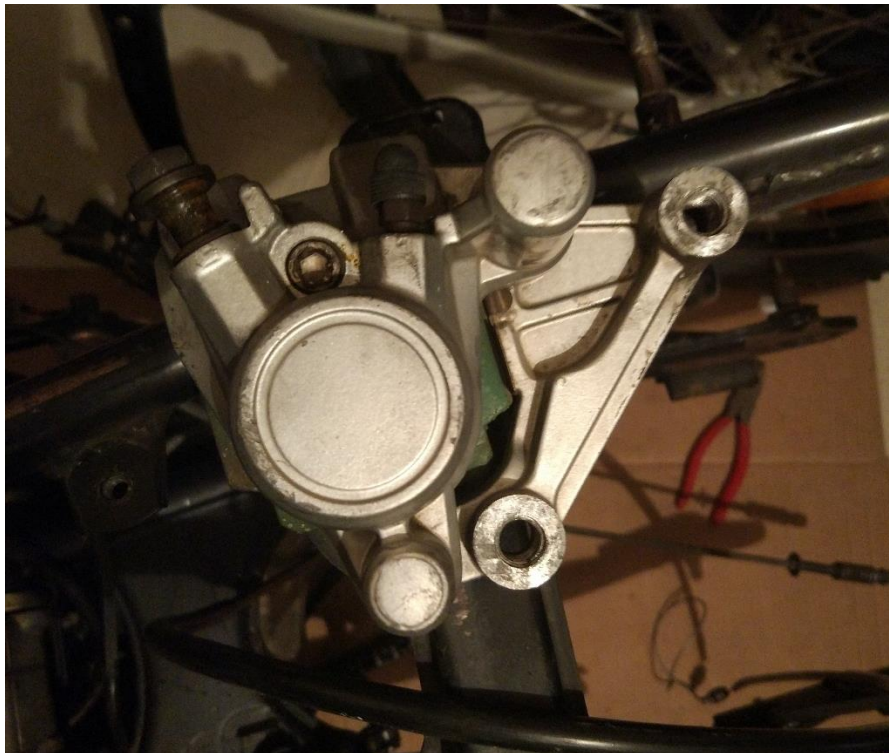


Ilustración 43: pinza de freno

- Latiguillos
- Bomba de freno



Ilustración 44: Bomba de freno

- Horquilla delantera



Ilustración 45: Botellas delanteras

- Llanta delantera



Ilustración 46: Llanta delantera

- Manillar



Ilustración 47: Manillar

- Puños

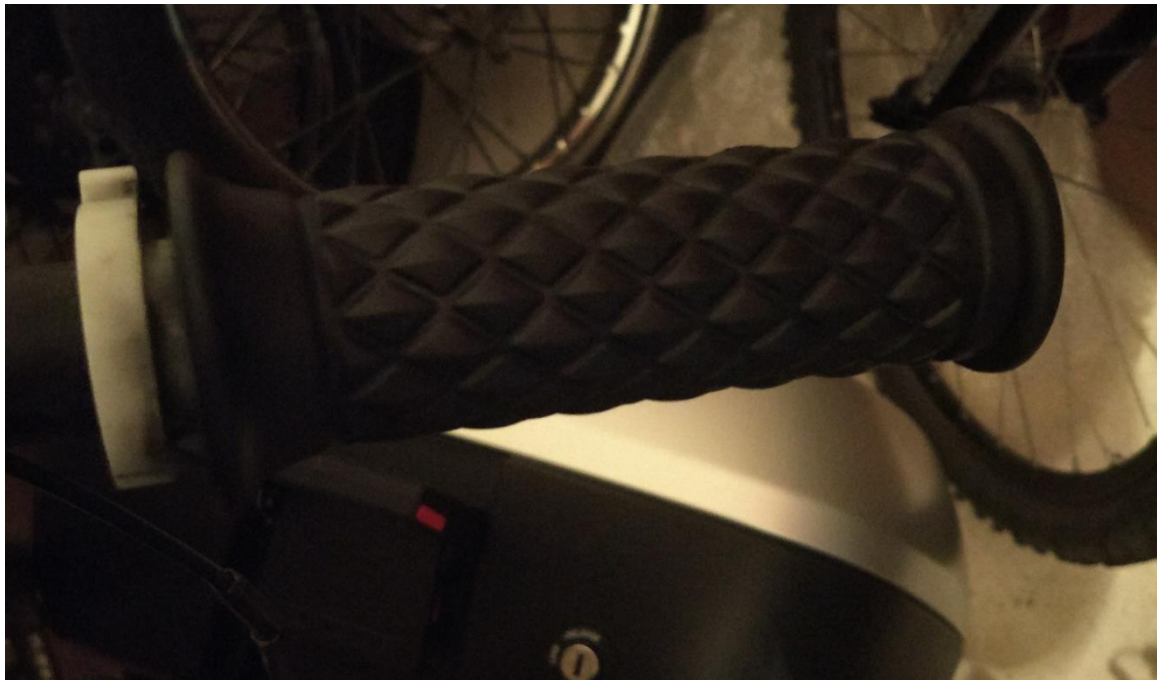


Ilustración 48: Puño del acelerador

- Espejos retrovisores



Ilustración 49: Espejos retrovisores

Fuente: Amazon

- Asiento



Ilustración 50: Asiento

- Iluminación trasera
- Porta matriculas
- Pintura

4. Estudio de Frenos

Una parte fundamental del proyecto es el cambio y mejora del sistema de frenado mediante la incorporación de un sistema de freno de disco en la rueda delantera. Para ello se realiza un estudio de los frenos.

4.1. Teoría de frenos

Un sistema de frenos en general, y el de una motocicleta en particular se basa en la transformación de la energía cinética en energía calorífica.

La energía cinética es la energía que posee cualquier cuerpo por el simple hecho de estar en movimiento, esta energía depende de la masa y la velocidad al cuadrado.

$$E_c = m * v^2$$

Para pasar de una velocidad alta a una menor hay que reducir la diferencia de energía cinética entre ambas velocidades. Esta reducción se consigue, fundamentalmente, por la energía transformada en los frenos, pero no es la única. A la hora de frenar una moto también entran en juego la fuerza aerodinámica o drag y el freno motor y de los distintos elementos mecánicos, aunque estos últimos se consideran como parte del sistema de frenado, por lo que la única fuerza externa a los frenos que contribuye también a reducir la diferencia de energía sería la aerodinámica.

El efecto de la aerodinámica en la frenada puede ser o muy bajo o relativamente alto, dependiendo de la velocidad a la que se encuentre. A velocidades relativamente bajas para una moto - una velocidad dentro de lo permitido por la ley, 120 km/h - la fuerza de drag incrementa en torno a un 10% el efecto del sistema de frenado por sí solo, tal como muestra el siguiente gráfico.

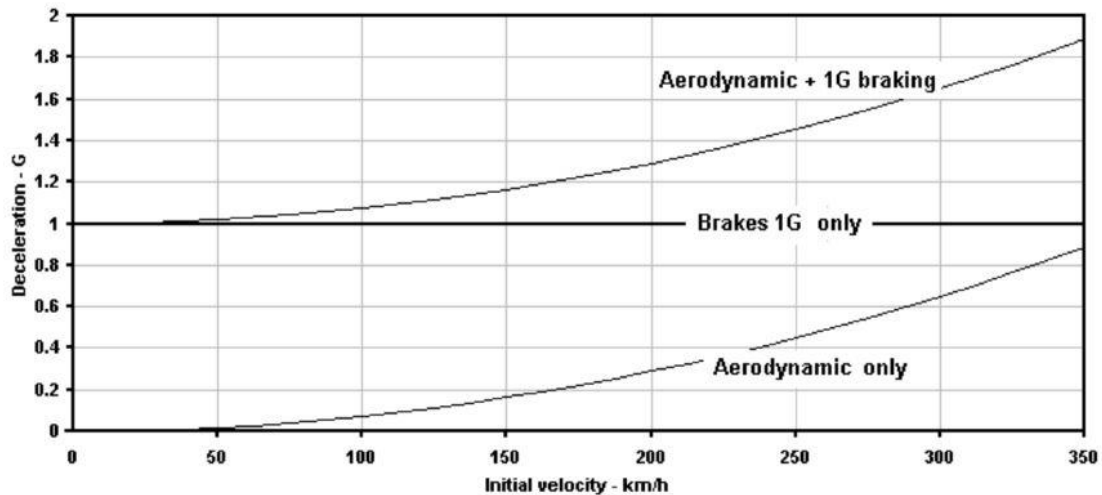


Ilustración 51: Efecto de la aerodinámica

Fuente: Motorcycle handling and chassis design

Como se puede ver, el efecto de la fuerza de drag en el frenado se debe tener a partir de velocidades muy altas, por lo que solo se utiliza en motocicletas de competición, donde se pueden alcanzar estas velocidades.

Hay muchos sistemas para evaluar los frenos, uno de ellos es ver el comportamiento de la frenada en distintas condiciones para ver así la eficiencia del sistema de frenos y de los neumáticos. En competición el sistema más usado es el tiempo que se tarde en reducir de una velocidad a otra. Por el contrario, en el ámbito de las motocicletas de calle es sistema más utilizado y más útil es medir la distancia que tarda en detenerse una motocicleta desde una velocidad inicial, como se ve en la ilustración 14. Este sistema busca el análisis de los frenos con el fin de evitar colisiones en carretera.

La ilustración 13 muestra una gráfica con las fuerzas que realizan distintas motos para reducir de 60 mph (96.6 km/h) hasta detenerse por completo.

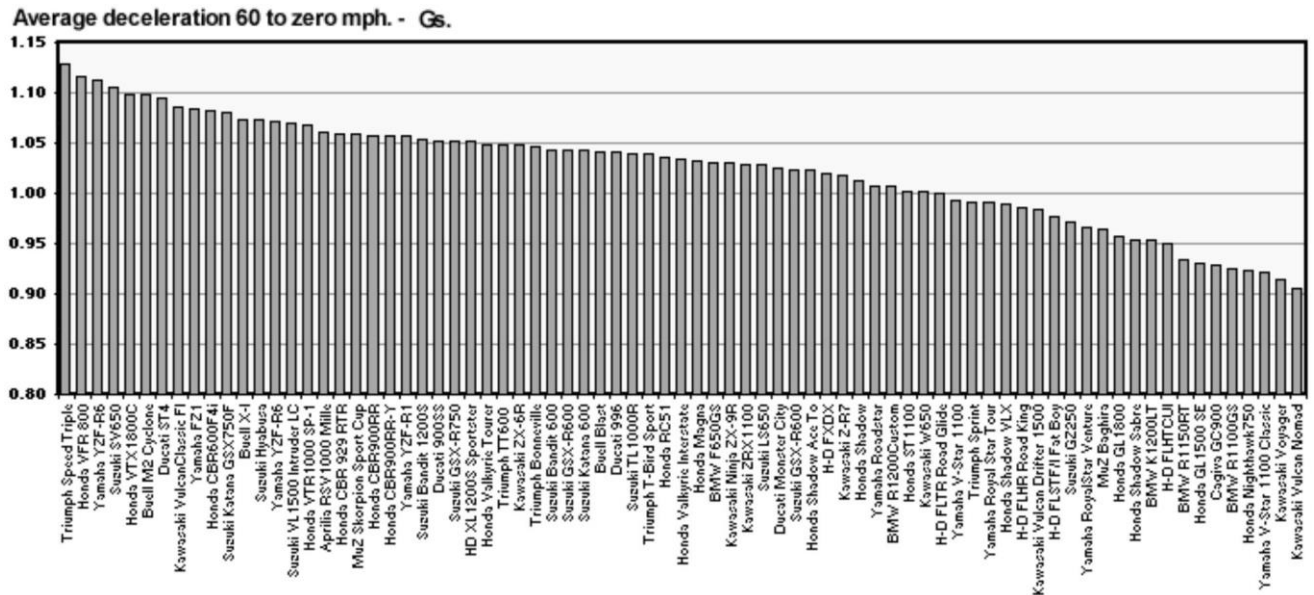


Ilustración 52: Fuerzas de frenado de distintas motocicletas

Fuente: Motorcycle handling and chassis design

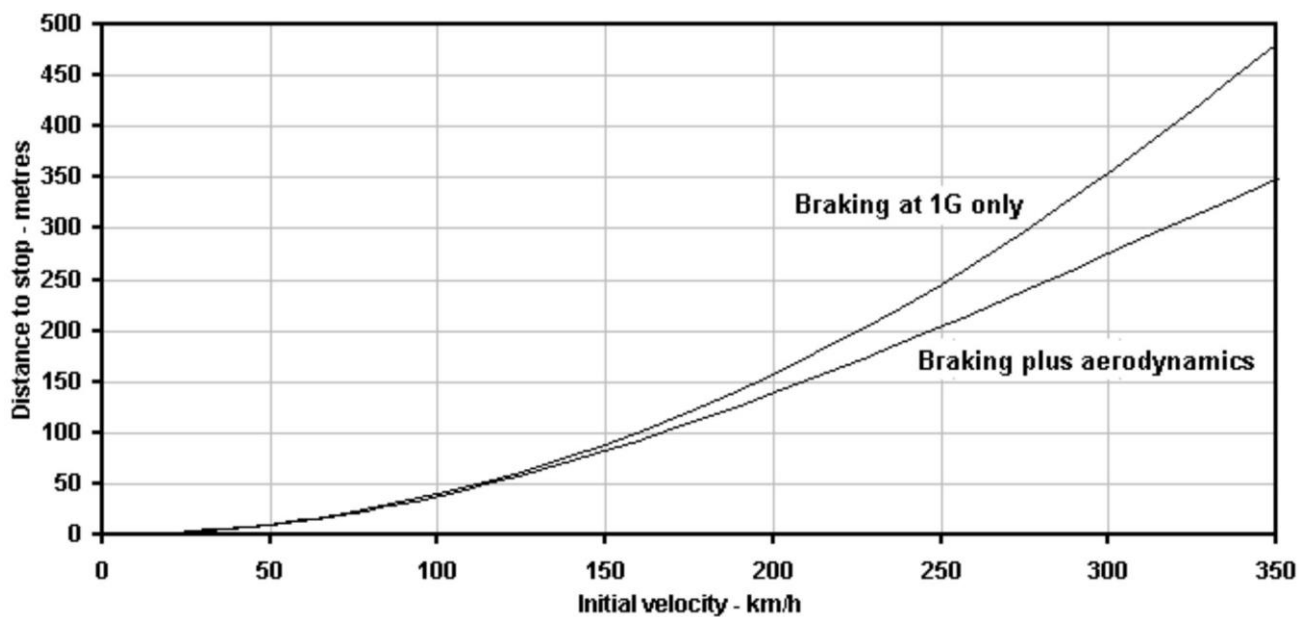


Ilustración 53: Distancia de frenado de una moto tipo

Fuente: Motorcycle handling and chassis design

Toda la energía que disipan los frenos a la hora de detener la moto lo hace en forma de calor, es por ello por lo que los sistemas de frenos pueden alcanzar temperaturas muy altas, dependiendo de los siguientes factores:

- Potencia de frenado requerida
- Nivel de refrigeración
- Capacidad calorífica del disco

A la hora de refrigerar el sistema de frenado de una motocicleta entran en juego diferentes factores, sin embargo, el aspecto más importante que contribuye a reducir la temperatura es la corriente de aire provocada por la propia velocidad de la motocicleta. Parte de esta refrigeración se realiza mediante conducción con los distintos elementos del sistema llegando hasta la rueda y el suelo, pero la principal transferencia de calor se produce la convección forzada del aire. Tan solo cuando el disco llega a temperaturas muy elevadas también entra en juego la radiación a la hora de la transmisión de calor del disco.

Para mantener la temperatura de los frenos en un nivel estable, el ratio de refrigeración a esa temperatura debe ser igual al ratio de calentamiento, o lo que es lo mismo, a la potencia de frenado. Todos los métodos de refrigeración, convección, conducción y radiación aumentan cuanto mayor sea la temperatura, por lo que la temperatura de los discos aumenta hasta que se llegue al punto de equilibrio.

La capacidad calorífica es la medida de cuanta energía hay que aplicar a un objeto, en este caso el freno, para aumentar su temperatura, visto de otra forma, la cantidad de calor o de energía que almacena a cierta temperatura. La capacidad calorífica depende del material del disco, así como de la masa de este. La capacidad calorífica de los frenos no afecta a la temperatura final de funcionamiento, pero afecta a lo rápido que puede calentarse cuando se usa y lo rápido que se enfría cuando se deja de frenar.

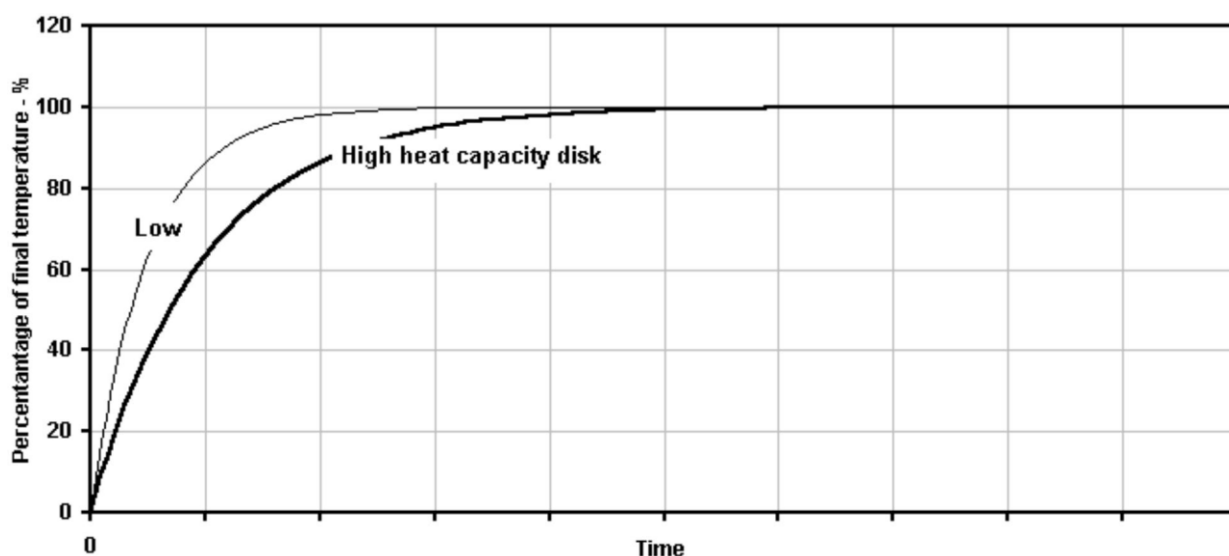


Ilustración 54: Efecto de la capacidad calorífica

Fuente: Motorcycle handling and chassis design

Antiguamente, los materiales utilizados podían perder parte del agarre a altas temperaturas, esto se conoce como desvanecimiento de los frenos o reducción de la capacidad de los frenos. Esto puede llegar a ser un problema en frenadas a alta velocidad, para ello los sistemas de freno con una alta capacidad calorífica tienen ventaja al ser capaces de mantener el freno a una temperatura inferior durante más tiempo.

Los materiales utilizados actualmente en las pastillas de freno de alto rendimiento son materiales que trabajan mejor a altas temperaturas. Por esto los discos actuales son más ligeros que los de hace décadas, se busca reducir la capacidad calorífica de los discos para llegar más rápido a las altas temperaturas de funcionamiento óptimo. Esto también permite reducir el efecto giroscópico de las ruedas y mejorar el rendimiento de las suspensiones al reducir la masa no suspendida.

4.1.1. Efecto de la altura del centro de gravedad

En un estado estable, ya sea parado o a velocidad constante, la distribución de cargas sobre las ruedas de la motocicleta es 50-50, cada rueda soporta la misma carga. La transferencia de carga estudia como varía esa distribución de carga frente a los distintos sucesos de la conducción.

La transferencia de cargas normalmente se puede confundir con la transferencia de pesos, pero es un error. Esto se debe a que los pesos solo tienen relación con la gravedad, por lo que no variaría con aceleraciones o frenadas, es por ello por lo que hay que hablar de transferencia de cargas.

- La inercia, proveniente de las fuerzas de aceleración y frenado.
- Aerodinámica, la fuerza de drag desplaza la carga hacia la rueda trasera.
- Inclinação, cuando subes una montaña la carga se desplaza hacia la rueda trasera y viceversa.
- Momento provocado por la aceleración.

Una vez visto los efectos, se ve que los únicos parámetros que afectan a la transferencia de cargas son la distancia entre los ejes de las ruedas y la altura del centro de gravedad. La posición longitudinal del centro de gravedad no afecta.

Cuanto más alto sea el centro de gravedad mayor será la transferencia de cargas ante frenados, esto provoca que las motos deportivas puedan levantar la rueda trasera cuando se frena fuerte a velocidades bajas. Dependiendo del agarre de los neumáticos este fenómeno se da cuando la altura del centro de gravedad es en torno al 45-55% de la distancia entre ejes.

Cuando esto ocurre la rueda trasera no puede ayudar a frenar el vehículo, por lo que la rueda delantera soporta toda la potencia de frenado. Por tanto, cuanto más bajo se

encuentre el centro de gravedad, mayor carga soportará la rueda y más podrá ayudar en el frenado de la motocicleta.

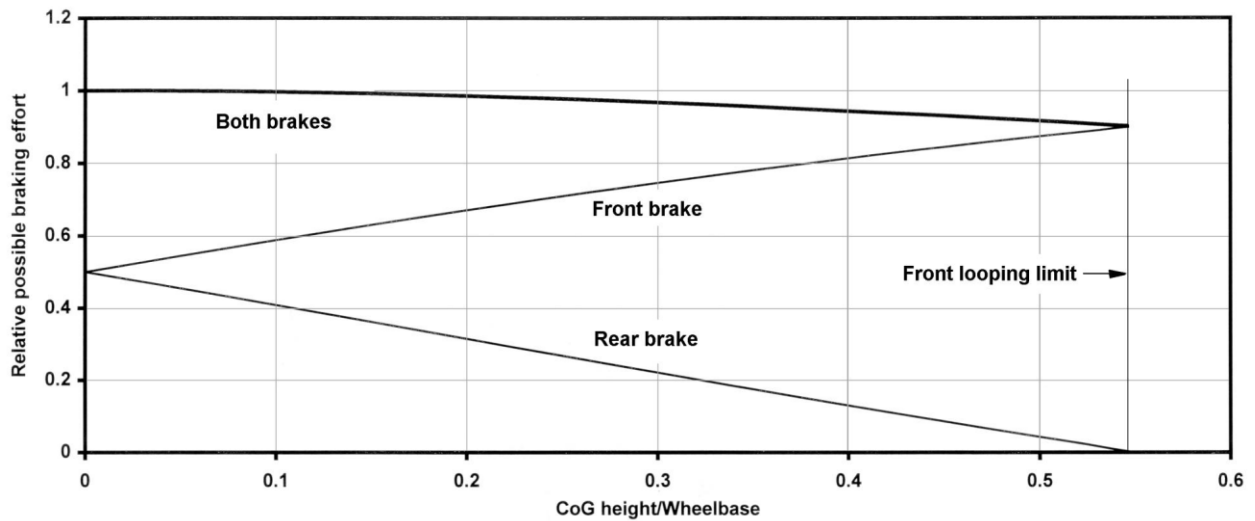


Ilustración 55: Ratio centro de gravedad- distancia de ejes

Fuente: Motorcycle handling and chassis design

Generalmente el coeficiente de fricción entre el neumático y la carretera decrece cuanto mayor sea la carga sobre la rueda, por ello, la mejor técnica de frenado conlleva conseguir la menor altura de centro de gravedad posible y así minimizar la transferencia de carga. Esto se consigue pisando ligeramente antes el freno trasero haciendo que la parte trasera del vehículo baje, posteriormente se frena con ambos frenos consiguiendo que el centro de gravedad de la moto baje de altura.

4.1.2. Generación de momento.

El par de frenado producido por un disco de freno depende principalmente de cuatro factores:

- Presión de la línea hidráulica.
- Área total del pistón
- Coeficiente de fricción entre el disco y las pastillas
- Radio medio del disco

$$M = 2 * P * A_{piston} * \mu_c * R_{medio}$$

El factor de 2 viene dado porque se aplica fuerza por los dos lados del disco de freno. La presión de la línea hidráulica está determinada por el área del cilindro maestro del pistón, por el mecanismo y por la fuerza aplicada por el piloto.

4.2. Cálculo teórico

Antes de realizar la reforma se debe realizar el cálculo teórico de los frenos para justificar una mejora en términos de seguridad y más concretamente en el apartado de la frenada del vehículo.

En nuestro caso, la reforma a realizar será cambiar el freno de tambor de la rueda delantera por un sistema de freno de disco.

Debido al carácter teórico de este cálculo, solo se tienen la geometría de los dos sistemas de frenado, por lo que se decide hacer una comparación del par de frenado obtenido por cada sistema para la aplicación de la misma fuerza en ambos sistemas.

4.2.1. Descripción de los frenos

Frenos de tambor:

Los frenos de tambor también son llamados frenos de zapatas interiores y fueron muy utilizados en el pasado, pero han sido sustituidos actualmente por los frenos de disco. En este sistema, las zapatas se mantienen fijas, unidas a las botellas de la suspensión, mientras la carcasa de los frenos gira al unísono con la rueda de la moto. Las zapatas se encuentran unidas mediante un cable a la maneta del freno.

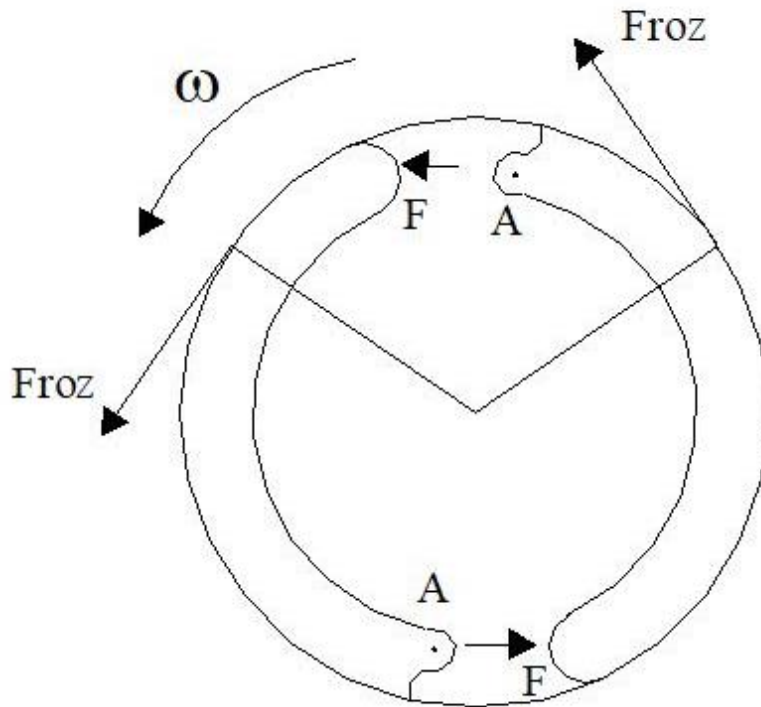


Ilustración 56: Fuerzas en el freno de tambor

Fuente: Apuntes diseño de máquinas

En este caso mediante se aplica una fuerza igual en las dos zapatas, haciendo que estas entren en contacto con las paredes de la carcasa para frenar la rueda.

El frenado se basa en la transformación de la energía cinética del vehículo en calor a través del rozamiento en los frenos, esta es una de las principales razones por las que este tipo de frenos han dejado de ser la referencia en el mundo de la automoción, ya que, a pesar de ser más baratos, al estar cerrados disipan mal el calor y pierden eficacia con el uso.

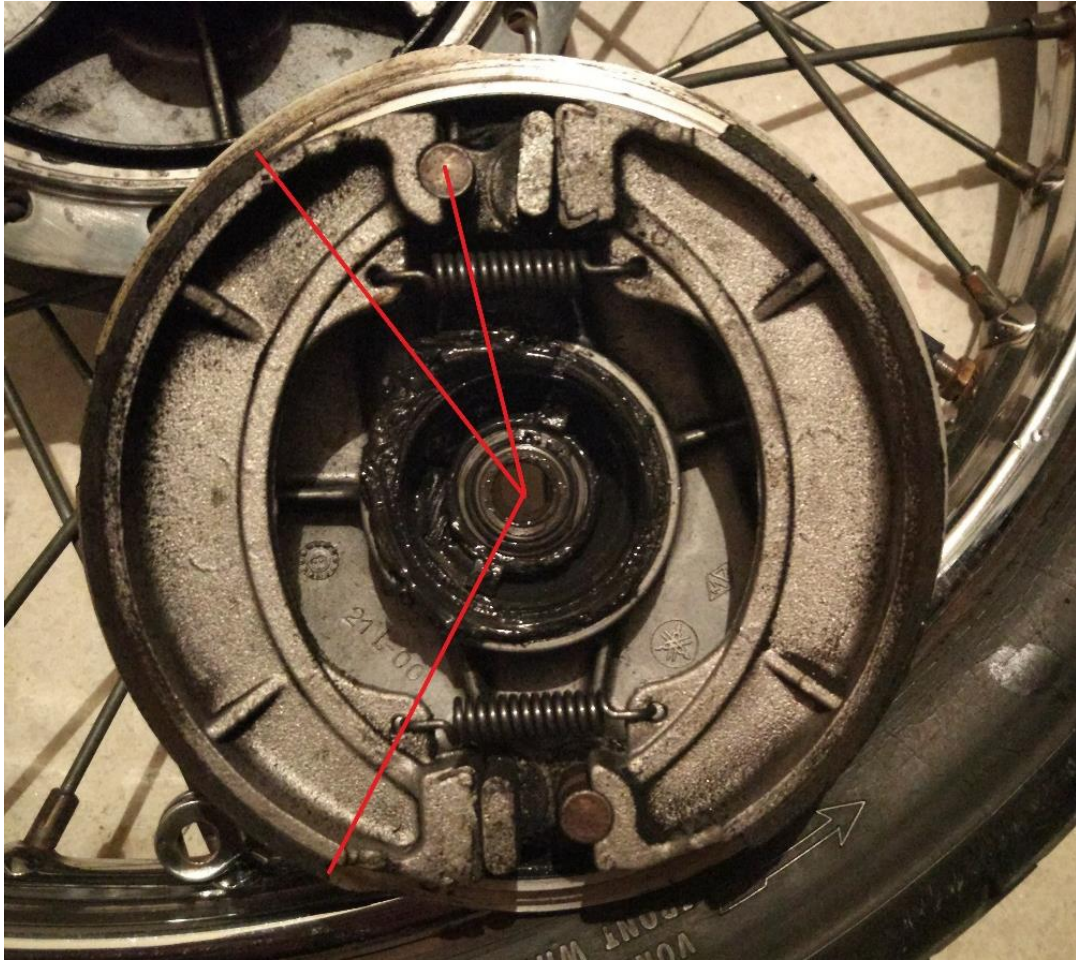


Ilustración 57: Freno original de la motocicleta

Los parámetros a tener en cuenta en este tipo de frenos son:

φ_1 - Ángulo de pivote

φ_2 - Ángulo de contacto

D - Radio de pivote

a - Distancia pivote-fuerza

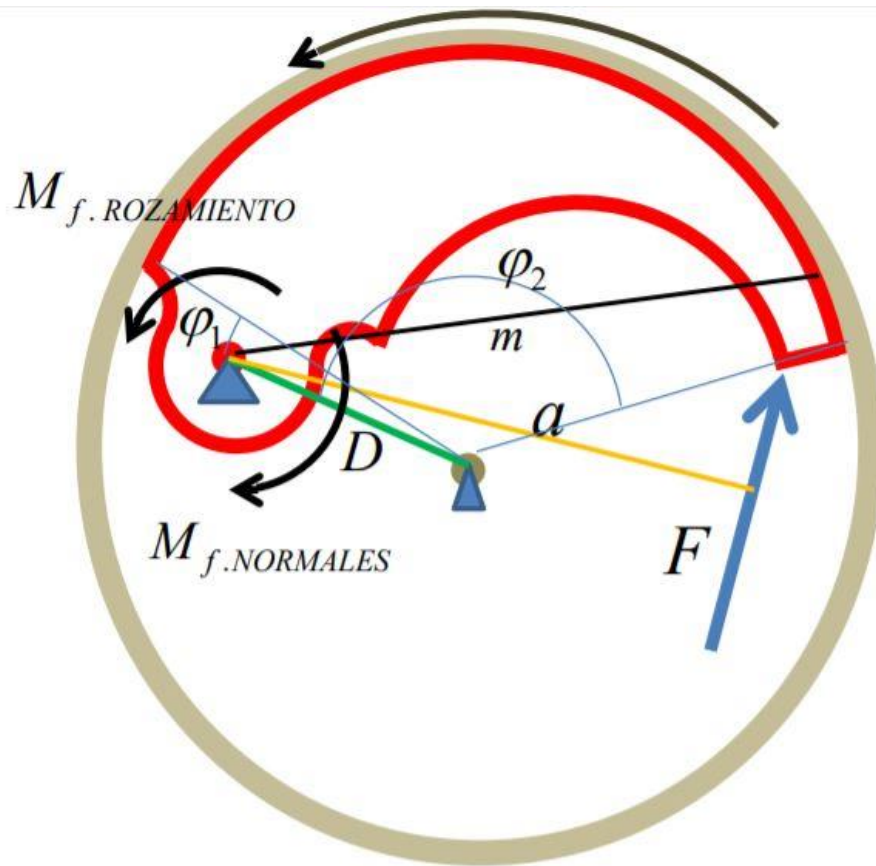


Ilustración 58: Fuerzas en un freno de tambor

Fuente: Apuntes diseño de máquinas

Freno de disco:

El freno de disco, como su propio nombre indica, consta de un disco unido a la llanta de la rueda y unas pinzas unidas a la suspensión de la motocicleta. Las pinzas actúan gracias a uno o varios pistones que están unidos mediante un sistema hidráulico a la maneta del freno.

Los parámetros que deben tenerse en cuenta en este tipo de frenos son:

R_{MEDIO} – Radio medio entre el radio máximo y mínimo del disco de freno.

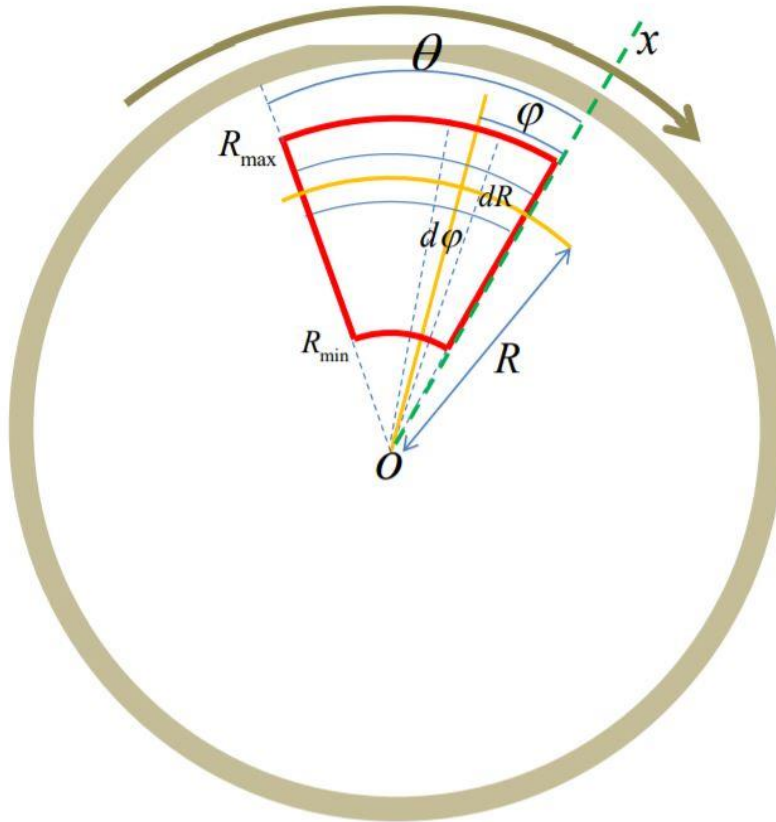


Ilustración 59: Fuerzas en un freno de disco

Fuente: Apuntes diseño de máquinas

4.2.2. Cálculo

Freno de tambor:

En los frenos de zapatas interiores el momento de frenado viene dado por la siguiente ecuación:

$$M_f = R^2 b \mu_c \frac{P_{n \max}}{\sin \beta} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2)$$

Por otro lado, si analizamos las fuerzas y momentos que sufre el freno de zapata en su interior se llega a:

$$Fa + M_{f,rozamiento} = M_{f,normales}$$

$$F = \frac{M_{f,normales} - M_{f,rozamiento}}{a}$$

A su vez se obtiene que los momentos de rozamiento y normales son:

$$M_{f,normales} = DRb \frac{P_{n\max}}{\sin \beta} \frac{1}{4} (2\varphi_2 - 2\varphi_1 + \sin 2\varphi_1 - \sin 2\varphi_2)$$

$$M_{f,rozamiento} = \mu_c Rb \frac{P_{n\max}}{\sin \beta} \frac{1}{4} (4R \cos \varphi_1 - 4R \cos \varphi_2 + D \cos 2\varphi_2 - D \cos 2\varphi_1)$$

Una vez determinadas todas las fuerzas que actúan en el freno de zapatas interiores se establece la relación entre la fuerza aplicada y el par de frenado que se obtendría, teniendo en cuenta que las ecuaciones obtenidas son para una sola zapata. En nuestro caso, al tratarse de un freno con 2 zapatas interiores se debe considerar que el par de frenado será el doble que el obtenido en las ecuaciones anteriores, por lo que el valor del par de frenado se obtiene de la siguiente expresión:

$$\frac{F}{M_f} = \frac{D[2(\varphi_2 - \varphi_1) + \sin 2\varphi_1 - \sin 2\varphi_2] \pm \mu_c [4R(\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2) + D(\cos 2\varphi_2 - \cos 2\varphi_1)]}{8aR\mu_c(\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2)}$$

El signo $\pm$ depende del sentido de giro de la rueda, en nuestro caso se trata de una suma.

Freno de disco:

En los frenos de disco el par de frenado máximo teórico viene dado por:

$$M_f = \theta \mu P_{n\max} R_{min} R_{medio} (R_{max} - R_{min})$$

Por otro lado, la fuerza normal aplicada por las pinzas:

$$F = \theta P_{n\max} R_{min} (R_{max} - R_{min})$$

Por lo que la relación viene dada por:

$$\frac{F}{M_f} = \frac{1}{\mu R_{MEDIO}}$$

Comparación:

Una vez establecido como sacar la proporción fuerza-momento para cada tipo de freno, se aplica para nuestro caso concreto donde tenemos los siguientes valores:

Freno de tambor:

$$\varphi_1 = 25^\circ$$

$$\varphi_2 = 140^\circ$$

$$D = 60 \text{ mm}$$

$$R = 75 \text{ mm}$$

$$a = 125 \text{ mm}$$

$$\mu_c = 0.55$$

Freno de disco:

$$R_{MEDIO} = 100 \text{ mm}$$

$$\mu = 0.55$$

Con todo lo anterior se llega a la conclusión de que la proporción del freno de zapata es **15,33** mayor que el freno de disco. Esto implica que para la misma fuerza ejercida bien en las pastillas o bien en las zapatas, el freno de disco consigue un par **15,33** veces más grande. Esta cifra es orientativa, ya que el sistema de transmisión de la fuerza ejercida por el piloto en la maneta hasta el disco o las zapatas son diferentes para ambos casos.

Por un lado, el freno de tambor usa una transmisión a través de un cable, por lo que la fuerza se transmite de manera directa hasta el freno. Sin embargo, el freno de disco utiliza un sistema hidráulico para esta transmisión. Al no conocer todos los parámetros de este sistema hidráulico no es posible conocer la proporción de la fuerza ejercida por el piloto con el par de frenado obtenido. Es por esto por lo que se debe utilizar este sistema para aproximarnos y ayudarnos a la elección del sistema óptimo.

Para obtener un valor más exacto de la potencia de frenado de ambos sistemas se realizarán ensayos con los distintos sistemas de frenado planteados.

4.3. Distancia de frenado

Una vez realizada esta parte del estudio, se comprueba teóricamente que la reforma que se plantea sirve para mejorar el funcionamiento y la seguridad de la motocicleta. Sin embargo, esto no es suficiente para conseguir la aprobación de una reforma de gran importancia como esta, es por ello por lo que hay que cuantificar en qué medida mejora el funcionamiento con esta reforma.

Para cuantificar esta mejora se decide utilizar el sistema de medida de la distancia de frenado. A pesar de haber muchos sistemas para medir la capacidad de frenado de un vehículo, al tratarse de un vehículo de calle, el sistema más adecuado es aquel que se asemeje más a una situación de uso habitual, considerando que en este caso sería la detención del vehículo en la menor distancia posible.

Una vez elegido el sistema de evaluación, se establece como evaluar la reforma, para ello se utiliza el siguiente flujo de decisión:

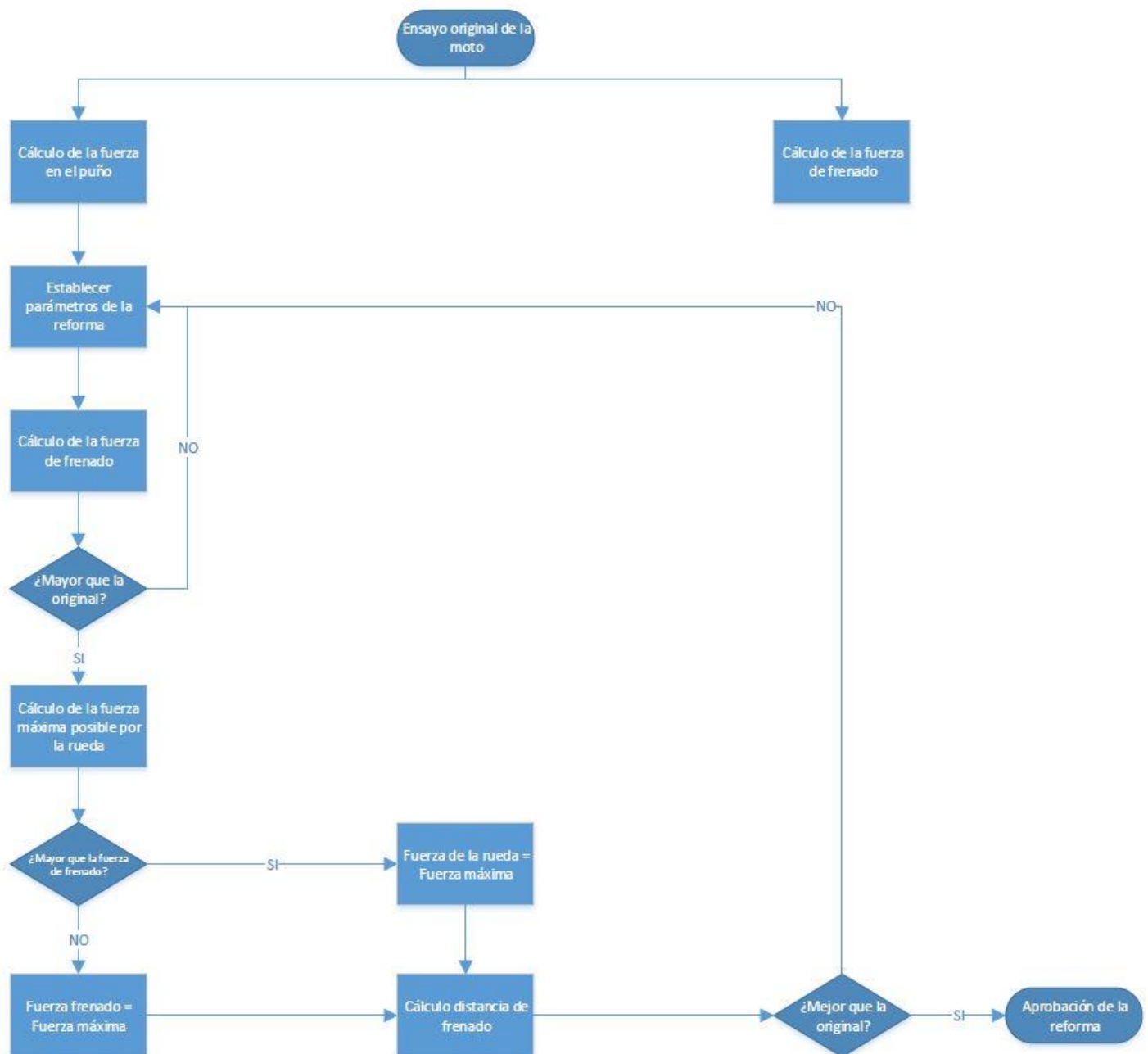


Ilustración 60: Flujo de decisión de los frenos

4.3.1. Ensayo de la moto original

Para calcular la fuerza de frenado y el resto de las fuerzas, así como para establecer la distancia de frenado original, tal como ya hemos adelantado, se realiza un ensayo de frenado. En este ensayo se trata de detener el vehículo cuando circula a 50 Km/h y medir la distancia de que recorre al hacerlo, es decir, la distancia de frenado.

Es cierto que en otros ensayos similares a este se utilizan velocidades iniciales mayores a las consideradas en este ensayo, sin embargo, y dado que el uso principal de la Yamaha SR 250 es para desplazarse dentro de la ciudad, donde el límite de velocidad está establecido en 50 Km/h, hemos elegido esta velocidad para ello. Realizando el ensayo a 50 km/h se busca obtener unos resultados lo más similares posibles a una situación real.

Para reducir los posibles fallos humanos en la medición del ensayo se decide realizar tres veces el mismo, reproduciendo, a continuación, los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

	Distancia (m)
Ensayo 1	17.2
Ensayo 2	17.4
Ensayo 3	17.9
Media	17.5

Tabla 1: Ensayo de frenada

4.3.2. Cálculo de las fuerzas de frenado y ejercidas por el piloto

Para calcular las distintas fuerzas que aparecen en la frenada se va a partir de la distancia de frenado obtenida en los ensayos, así como de la geometría del vehículo.

Partiendo de la distancia de frenado se obtiene la aceleración lineal de la rueda (aceleración negativa).

$$a = \frac{v^2}{2 * d}$$

Una vez obtenida la deceleración de la motocicleta, se calcula la fuerza de frenado y el par de frenado.

$$F = M * a = 1.267 \text{ kN}$$

$$N_f = F * R = 411.98 \text{ Nm}$$

Después de obtener el par de frenado producido por el freno de tambor, con las ecuaciones del freno de tambor se obtiene la fuerza dentro del freno.

$$F = \frac{D[2(\varphi_2 - \varphi_1) + \text{sen}2\varphi_1 - \text{sen}2\varphi_2] \pm \mu_c[4R(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2) + D(\cos2\varphi_2 - \cos2\varphi_1)]}{8aR\mu_c(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)} * N_f$$

Para obtener la fuerza ejercida por el piloto en la maneta de freno hay que dividir esta fuerza obtenida entre la relación de fuerza de la maneta y la relación de fuerza del freno de tambor.

$$R_m = \frac{\text{dist maneta}}{\text{dist cable del freno}} = \frac{100 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = \frac{10}{3}$$



Ilustración 61: Relación de freno de la maneta

$$R_f = \frac{\text{dist cable del freno}}{\text{dist fuerza interna}} = \frac{80 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} * \frac{40 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} = \frac{32}{3}$$

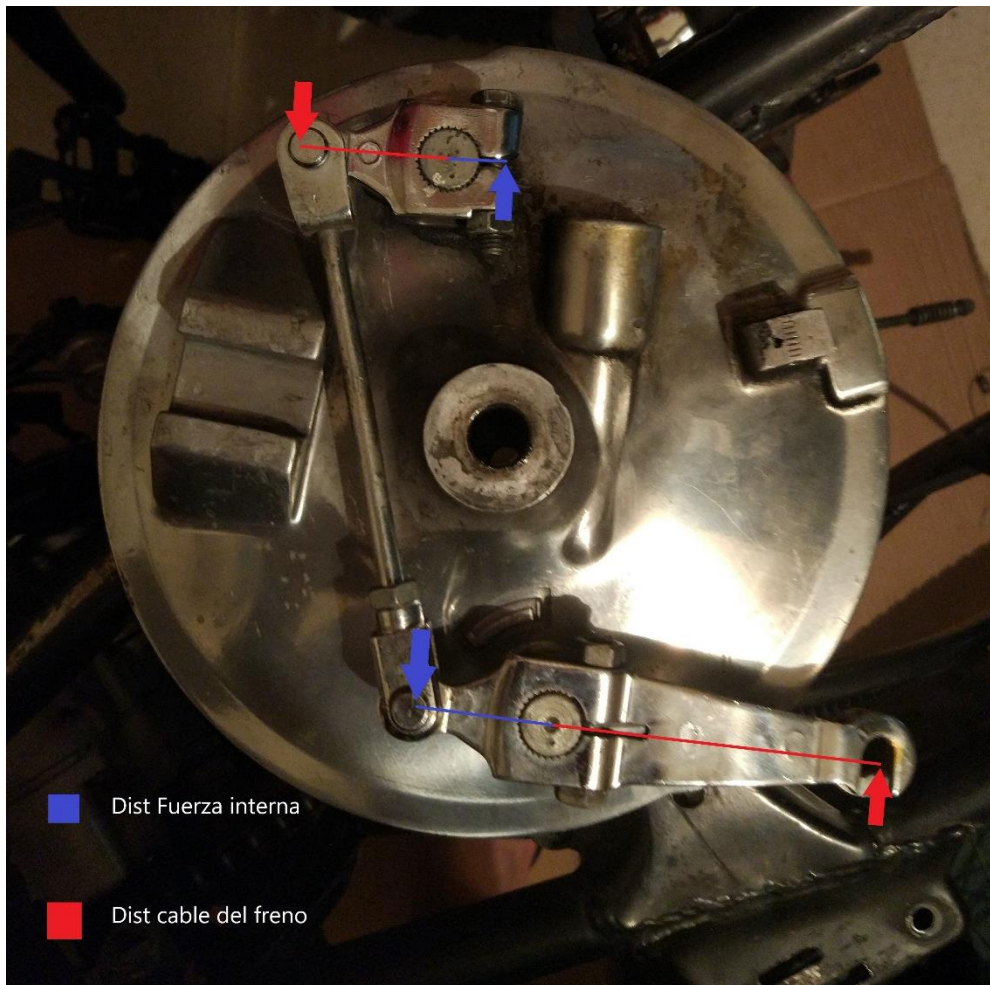


Ilustración 62: Relación freno de tambor

$$F_{piloto} = \frac{F}{R_f * R_m}$$

Después de todo esto se obtiene que la fuerza ejercida por el piloto en la maneta es de **3200 N**.

4.3.3. Fuerza de frenado con el freno de disco

Para calcular la fuerza de frenado obtenida con el nuevo sistema con disco de freno se parte de la misma fuerza del piloto y los parámetros del sistema de freno de disco. Los parámetros más importantes son:

$$-R_{med} = 100 \text{ mm}$$

$$-D_{bomb} = 20 \text{ mm}$$

$$-D_{piston} = 40 \text{ mm}$$

$$-N^{\circ} \text{ pistones} = 1$$

$$-\mu_{pastillas} = 0.55$$

$$-Rel \text{ maneta} = 3$$

A partir de los anteriores parámetros y de la siguiente ecuación se obtiene la fuerza generada sobre el disco de freno.

$$F_d = \mu_p * F_{piloto} * Rel * N^{\circ} * \frac{D_{piston}^2}{D_{bomba}^2} = \mathbf{21320 \text{ N}}$$

Una vez obtenida la fuerza en el disco, se puede obtener el par de frenado.

$$N_f = F_d * R_{med} = \mathbf{2132 \text{ Nm}}$$

4.3.4. Fuerza máxima de la rueda

En este apartado se va a determinar la fuerza y par de frenado máximo admisibles por la rueda a partir de los siguientes parámetros de la motocicleta:

$$-Batalla = 1340 \text{ mm} = b$$

$$-Altura \text{ del centro de gravedad} = 720 \text{ mm} = h$$

$$-distancia \text{ eje} - \text{centro de gravedad} = 640 \text{ mm} = x$$

$$-masa \text{ moto} = 135 \text{ kg}$$

$$-masa \text{ piloto} = 95 \text{ Kg}$$

$$-\mu_{ruedas} = 1.55$$

$$-R_{rueda} = 325 \text{ mm}$$

Una vez obtenidos los anteriores parámetros, se procede al cálculo de la fuerza y par de frenado máximos admitidos por la rueda.

$$P_d = (M_m + M_p) * 9.81 * \frac{b - x}{b} = \text{peso soportado por la rueda delantera}$$

$$W = \mu_{ruedas} * (M_m + M_p) * 9.81 * \frac{h}{b} = \text{transferencia de pesos en la frenada}$$

$$F_f = \mu_{rueda} * (W + P_d) = \mathbf{4740\ N}$$

$$N_f = F_f * R_{rueda} = \mathbf{1540\ Nm}$$

Una vez calculados todos los escenarios planteados se obtienen los siguientes resultados:

Sistema de freno	Par de frenado (Nm)
Freno de tambor	411.95
Freno de disco	2131.99
Máximo de la rueda	1540.36

Tabla 2: Momentos de frenado

Como se observa en la anterior tabla, el par de frenado que se puede obtener con el nuevo sistema de freno de disco supera al par de frenado máximo admitido por los neumáticos para esta motocicleta por lo que se utilizara este par de frenado para calcular la distancia de frenado óptima.

4.3.5. Distancia de frenado

Una vez obtenida la fuerza y el par de frenado máximo obtenible se procede a calcular la distancia de frenado óptima. Para el cálculo se necesita:

$$-V_{inicial} = 50 \frac{km}{h}$$

$$-masa\ moto = 135\ kg$$

$$-masa\ piloto = 95\ Kg$$

$$-F_f = \text{Fuerza de frenado} = 4740\ N$$

$$a = \frac{F_f}{M_m + M_p} = 20.6\ m/s^2$$

$$d = \frac{V_i^2}{2 * a} = 4.68 \text{ m}$$

	Distancia de frenado
Freno de tambor	17.5
Máxima frenada	4.68

Tabla 3: Distancias de frenado

Esta distancia de frenado es claramente inferior a la distancia de frenado con el sistema de frenado original, por lo que se justifica el cambio de sistema con el fin de mejorar la seguridad del vehículo y mejorar la conducción de la motocicleta.

Hay que tener en cuenta que esta distancia sería casi imposible de conseguir en una situación real, debido a que estamos considerando una frenada perfecta. En un caso real de frenada, la distancia sería algo superior debido a una de las dos siguientes razones:

- Se aplica una fuerza inferior a la necesaria, por lo que el par de frenado sería inferior y por tanto la distancia de frenado mayor.
- Se aplica una fuerza superior. En este caso, al superar el límite de fricción de la rueda, lo que provocamos es que la rueda se bloquee, esto a su vez implica que la fuerza de frenado deja de actuar con el coeficiente de rozamiento estático y pasa a actuar con el coeficiente de rozamiento dinámico, el cual es inferior al estático. Además de conseguir una frenada más larga y por tanto menos segura, la mayoría de las veces en las que una rueda delantera de una motocicleta se bloquea, se provoca una pérdida de la dirección, lo que implica que el piloto pierde el control de la rueda delantera provocando una caída.

5. Análisis y simulación del chasis

Debido a las características de la transformación y al aumento de la potencia de frenado, es necesario analizar el aumento de las fuerzas que inciden sobre la estructura principal para asegurar que esta reforma no afecta en el buen funcionamiento y en la vida útil de la motocicleta.

5.1. Modelado del chasis

5.1.1. Software utilizado

Para la modelación del chasis de la motocicleta en 3D se decide utilizar el software de modelado SolidWorks. Este software es uno de los más potentes en cuanto a modelado 3D además de tenerlo disponible en la escuela.



Ilustración 63: Logo SolidWorks

Fuente: www.solidworks.es

SolidWorks es un software de CAD (Computer-aided design) para modelado mecánico en 2D y 3D desarrollado por SolidWorks corp, una filial de la empresa francesa Dassault Systèmes, S.A.

El modelado en software CAD permite crear piezas, conjuntos e interacciones y extraer de manera fiable información sobre las mismas. Esto permite reducir el tiempo y el coste de diseño respecto a los métodos tradicionales, fundamentalmente porque una vez que se tiene modelada la pieza, el software te permite realizar operaciones virtuales sobre la misma y elaborar los planos directamente desde el programa, permitiendo, a su vez, la colaboración de distintos ingenieros en el modelado de un mismo conjunto o pieza.

Una de las principales razones para elegir este software, además de la potencia que le caracteriza, es la disponibilidad de diferentes módulos para trabajar, destacando en particular el módulo de elementos soldados por ser el que más se ha utilizado.



Ilustración 64: Módulo de soldadura de SolidWorks

El módulo de piezas soldadas te permite crear modelos de elementos estructurales que estén conectados mediante soldadura como es el caso del chasis de la motocicleta, es

por ello por lo que se decide usar este módulo en vez del módulo de modelado general. Para la obtención del modelo se ha seguido el siguiente procedimiento.

- El primer paso es modelar mediante croquis los ejes de los distintos elementos estructurales. Para ello se echa mano de las herramientas tanto de croquis en dos dimensiones, donde se realiza el croquis sobre un plano previamente establecido, como de los croquis en tres dimensiones, que te permiten una mayor libertad para realizar los croquis.
- Una vez se tienen los croquis modelados, hay que diseñar los perfiles de los distintos elementos estructurales. Cuando se terminan de diseñar en un archivo aparte, estos perfiles hay que introducirlos en la base de datos del programa.
- El siguiente paso a realizar es extruir o modelar los miembros estructurales. Para ello el software dispone de una herramienta en la que se selecciona el perfil previamente creado y también se selecciona el croquis donde se debe extruir dicho perfil.
- Por último, cuando se tiene modelado el chasis falta la fase de depurado, en esta fase se debe eliminar las superficies y sólidos que se intersecan para que más tarde esto no cree problemas en la parte de simulación. Para esta tarea el software proporciona otra herramienta para recortar los distintos elementos. En esta herramienta se debe seleccionar la superficie que se utilizara como herramienta de recorte y el elemento que se desea recortar.

5.1.2. Proceso de modelado

Para modelar el chasis en el ordenador es necesario realizar previamente una medición exhaustiva de las dimensiones del chasis real una vez haya sido desmontado. Para esta tarea se han utilizado distintas herramientas de medición, concretamente: el calibre y el metro para medir longitudes y un goniómetro para determinar los ángulos entre los distintos tubos.

Se parte de la hipótesis de que los tubos del chasis están fabricados con una aleación de acero normal SAE 1010 laminado en frío, debido al alto límite elástico y a diversas referencias obtenidas. Este material cumple debidamente todos los requerimientos necesarios para este tipo de motocicletas. Las principales propiedades son:

Propiedades Acero SAE 1010		
	Valor	Unidades
Módulo de Young	$2 * 10^{11}$	Pa
Densidad	7830	Kg/m ²
Límite elástico	303	MPa
Resistencia máxima	365	MPa

Tabla 4: Propiedades Acero SAE 1010

Una vez establecido el material, se introducen los datos en el programa para el posterior análisis mediante elementos finitos.

Conversión scrambler de una motocicleta

A continuación, se presenta varias imágenes del modelado en ordenador.



Ilustración 65: Chasis Yamaha SR250

Fuente: <http://sr250-freeride.blogspot.com/2010/06/pintado-del-cuadro.html>



Ilustración 66: Modelado Chasis Yamaha SR 250



Ilustración 67: Vista isométrica del Chasis

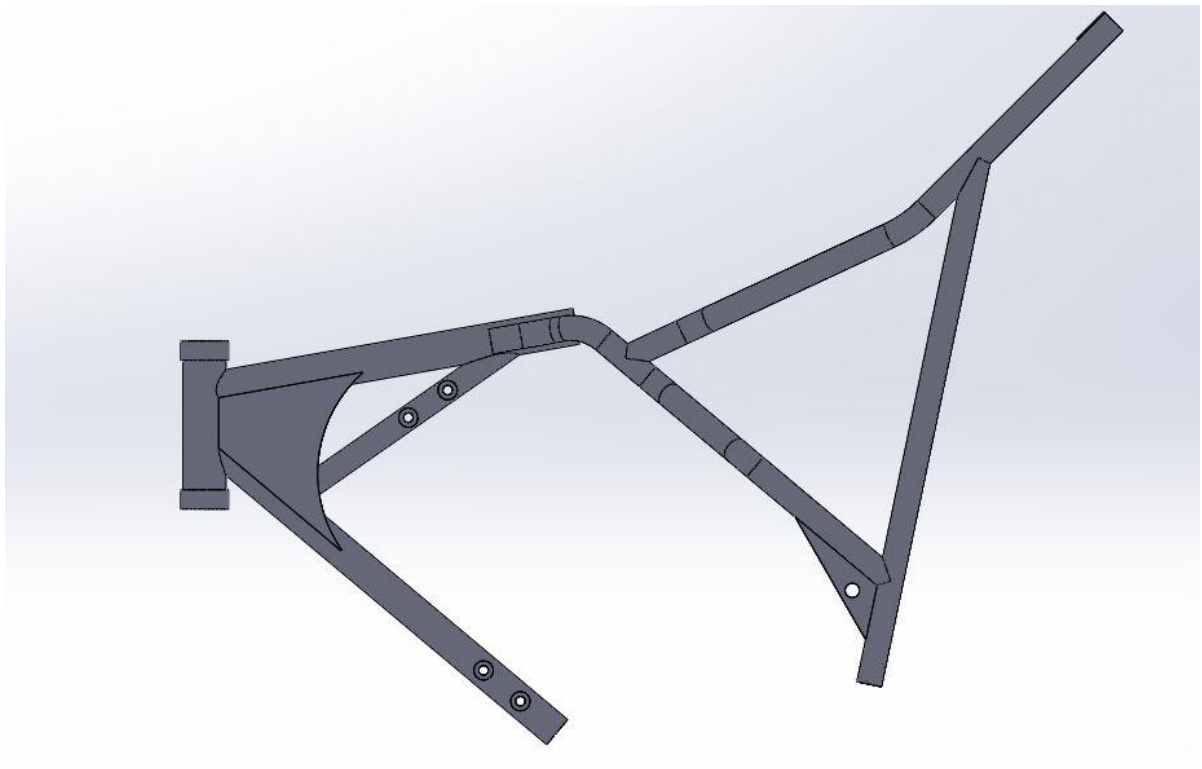


Ilustración 68: Vista lateral del chasis

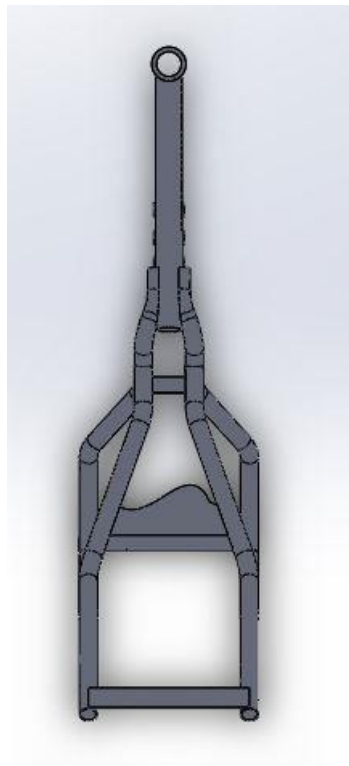


Ilustración 69: Vista superior del chasis

5.2. Análisis y simulación mediante método de elementos finitos (MEF)

El método de elementos finitos se basa en un método numérico de resolución de problemas, que en este caso se utilizara en el ámbito de la mecánica de sólido. Es una herramienta muy potente que, a pesar de no proporcionar una solución exacta a los problemas, consigue un resultado aproximado que resulta suficientemente cercano al real como para poder solucionar las cuestiones planteadas.

Generalmente se pueden realizar dos tipos diferentes de análisis: modelos en 2D y en 3D. Por un lado, los modelos en dos dimensiones mantienen la simplicidad y permiten un análisis más rápido y asequible, pero tienden a dar resultados menos precisos. Por otro lado, con el modelado en tres dimensiones se obtienen resultados que se aproximan en mayor medida a la solución real, aumentando, sin embargo, el tiempo de análisis y la dificultad del mismo de manera considerable.

El MEF es un método numérico de resolución de ecuaciones diferenciales. Para conseguirlo trabaja discretizando la estructura en elementos de forma variada (pueden ser superficies, volúmenes y barras) que se conectan entre sí mediante nodos. El MEF parte del cálculo matricial en el planteamiento del equilibrio en los nodos mediante un sistema de ecuaciones, resultado de la contribución de los elementos.

La malla es el conjunto de nodos creados. Esta malla contiene la información relacionada con las propiedades del material y así define como los nodos reaccionan frente a las distintas condiciones de contorno. La malla actúa como la red de una araña en la que desde cada nodo se extiende un elemento de malla a cada nodo adyacente. Este tipo de red vectorial es la que lleva las propiedades del material al objeto, creando varios elementos.

Los pasos a seguir en el análisis de estructuras mediante el método de los desplazamientos a través del MEF son los siguientes:

- La pieza se divide, dando lugar a una cantidad específica de elementos finitos. Durante esta parte del proceso se puede configurar distintos parámetros para conseguir una malla que se adapte de la mejor manera posible a la geometría de la pieza.
- Los distintos elementos de la malla se encuentran conectados entre sí mediante un número discreto de nodos situados en los contornos de cada elemento. Los desplazamientos de estos nodos serán las incógnitas fundamentales del problema, tal y como ocurre en el análisis simple de estructuras por el método matricial.
- Se define de manera concreta el vector de desplazamientos dentro de los elementos en función de los vectores de desplazamiento de los nodos de dicho elemento.

- Estas deformaciones, junto con las propiedades características del material, definirán a su vez el estado de tensiones en todo el elemento, y por consiguiente en sus contornos.
- Se determina el sistema de fuerzas que actúan sobre los nodos, tal que equilibre las tensiones en el contorno, resultando así una relación entre fuerzas y desplazamientos de la forma matricial. $\{F\} = [K] \cdot \{u\}$.
- Mediante la resolución del sistema anterior se obtiene el vector de desplazamiento en los nodos del elemento y por tanto se obtienen también, de manera aproximada, los desplazamientos dentro del elemento.
- Por último, se presentan los resultados, generalmente de forma gráfica para su posterior análisis.

5.2.1. Software

A la hora de la realización del análisis y simulación del chasis de la motocicleta frente a las fuerzas de frenado mediante MEF se ha utilizado el software de ANSYS. Inc. el módulo de Workbench, static structural. Este módulo permite la simulación mediante elementos finitos de cualquier pieza o conjunto diseñada mediante un sistema CAD dentro de la mecánica del sólido. Este software es uno de los más potentes a la hora de realizar una simulación mediante elementos finitos debido a que su uso está destinado solo a este tipo de simulaciones, ya sean de mecánica del sólido o de cualquier otro tipo como puede ser mecánica de fluidos o magnetismo.



Ilustración 70: Logo ANSYS

Fuente: <https://www.ansys.com>

Se utilizará primero para comprobar el comportamiento del chasis frente a las fuerzas de frenado del sistema original, una vez validados estos resultados, se utilizará para simular el comportamiento del chasis frente al nuevo sistema de frenos y analizar si es viable la implantación de este.

Antes de la simulación del chasis, es necesario establecer el material del cual este hecho el chasis, así como las condiciones de contorno. Para la elaboración de una buena simulación, juega un papel fundamental la consecución de una malla de buena calidad, siendo de relevante importancia que se configure y se compruebe la misma antes de la simulación.

5.2.2. Mallado del chasis

Una vez introducido el modelo y el material en el sistema, el primer paso que se debe realizar es el mallado. El mallado consiste en realizar la división del modelo en pequeños elementos para que se puedan calcular las tensiones y los diferentes desplazamientos en cada uno de ellos.

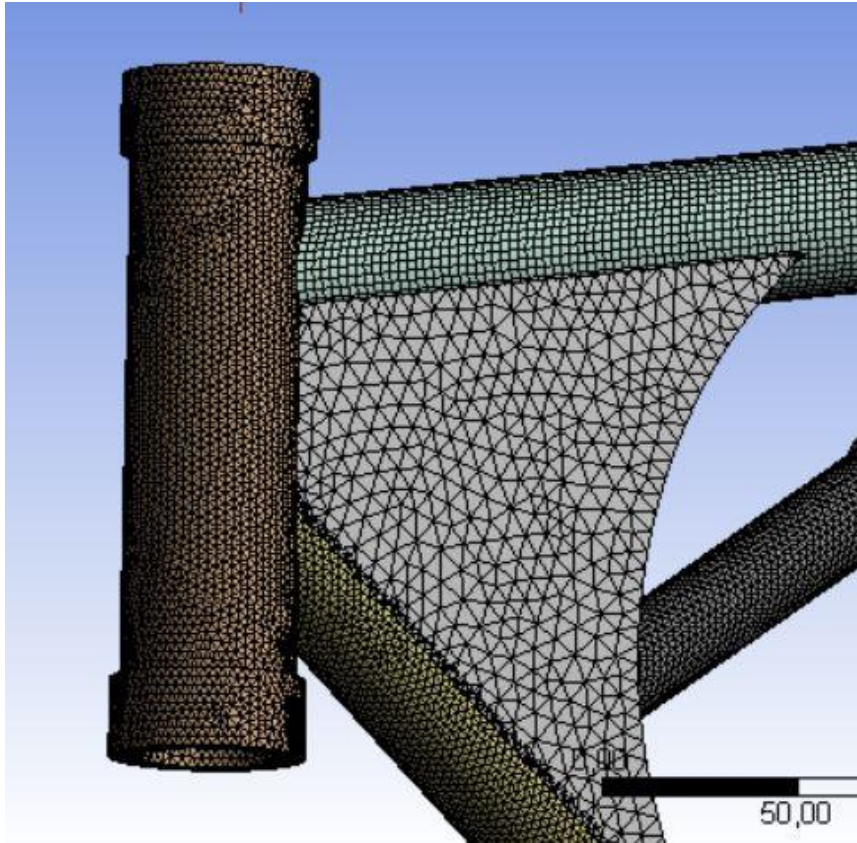


Ilustración 71: Mallado de 5mm

Además de la configuración general de mallado, en la que se establece un tamaño de elemento menor de 5mm, se incluye una configuración específica en todo el cuerpo estructural y en los elementos donde se van a aplicar las diferentes condiciones de contorno para conseguir una malla de mayor calidad en estos elementos. En esta configuración se limita el tamaño de elemento a 2,5 mm.

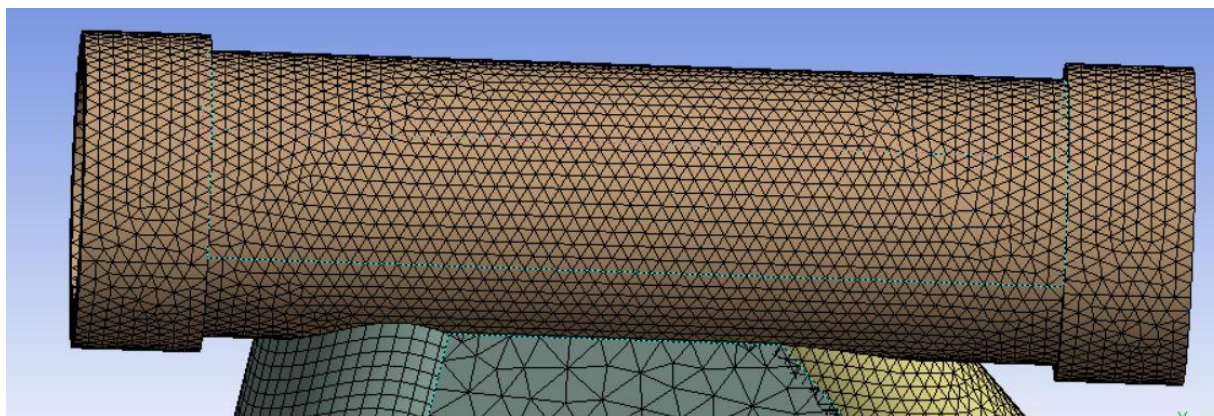


Ilustración 72: Mallado de 2.5 mm

Una vez establecida la configuración inicial de la malla es necesario una verificación. Para la verificación de la malla no vale con el tamaño de elementos, es necesario obtener un número de elementos acordes con el tamaño del modelo, cuanto más grande más número de elementos, y una alta calidad de los elementos y la calidad ortogonal. Estos dos últimos criterios tienen una medición de 0 a 1 siendo 0 elementos de mala calidad y siendo 1 elementos con la mejor calidad. Se entiende que una malla es válida cuando estos elementos superan el valor de 0.8.

Número de elementos	501081
Calidad de elementos	0.829
Calidad ortogonal	0.850

Tabla 5: Estadísticas de la malla del primer ensayo

Número de elementos	508911
Calidad de elementos	0.831
Calidad ortogonal	0.852

Tabla 6: Estadísticas de la malla del segundo ensayo

5.2.3. Condiciones de contorno

Las condiciones de contorno son el sistema de fuerzas y deformaciones conocidas que actúan sobre el modelo. En nuestro caso se trata de simular la fuerza de frenado, esta fuerza aparece como un par de frenado a través del sistema de frenos. Este par de frenado aparece en los frenos, que se transmite hasta el chasis a través de la horquilla delantera hasta la pipa de dirección por lo que conocemos que en el interior de la pipa de dirección aparece un momento de valor igual al par de frenado.

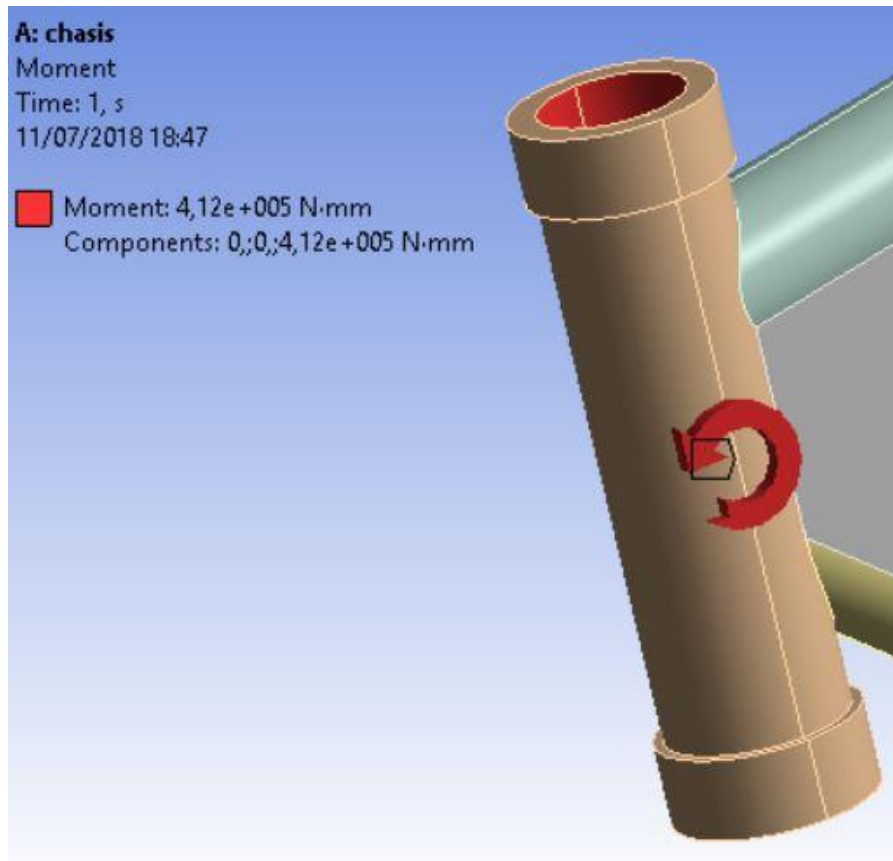


Ilustración 73: Momento sobre pipa de dirección, primer ensayo

	Momento (Nm)
Ensayo 1	412
Ensayo 2	1540

Tabla 7: Momentos aplicados sobre la pipa de dirección

Por otro lado, el motor es el elemento con mayor rigidez dentro de la motocicleta, es por ello por lo que se puede considerar que no se deformara. Partiendo de la suposición de que el motor no se deforma, se coloca en los enganches con el motor unas restricciones de movimiento.

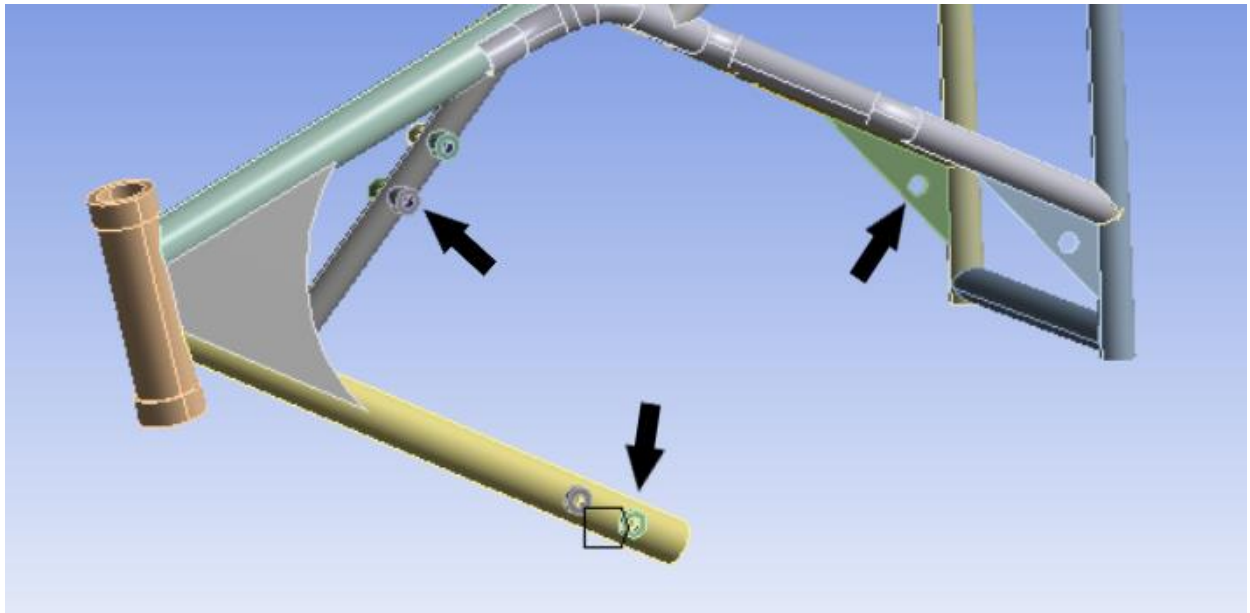


Ilustración 74: Enganches del motor.

5.2.4. Resultados

El último paso es la simulación del modelo y la obtención de resultados. En este caso se ha simulado la tensión máxima del modelo y las deformaciones sufridas.

A continuación, se presentan los resultados del ensayo del sistema de frenos original con freno de tambor.

-Tensiones:

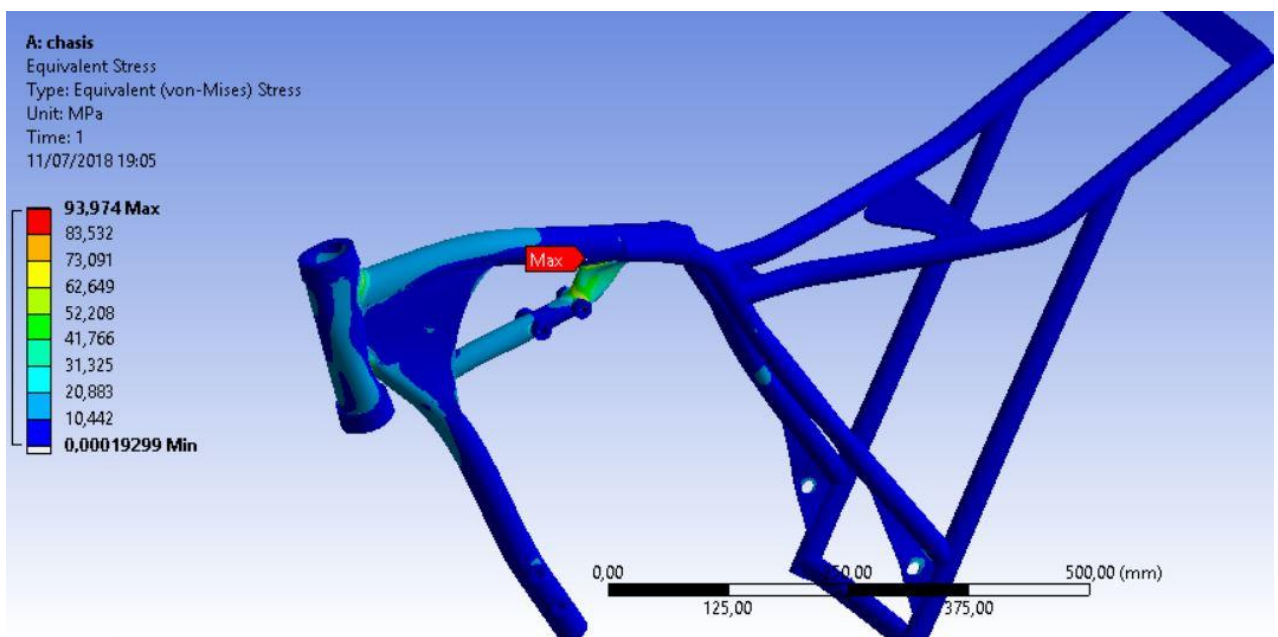


Ilustración 75: Tensiones en el ensayo del freno de tambor

En la anterior ilustración se observa como las tensiones obtenidas se concentran en la pipa de dirección, donde se aplica el momento, y cerca de las sujeciones del motor.

-Deformaciones:

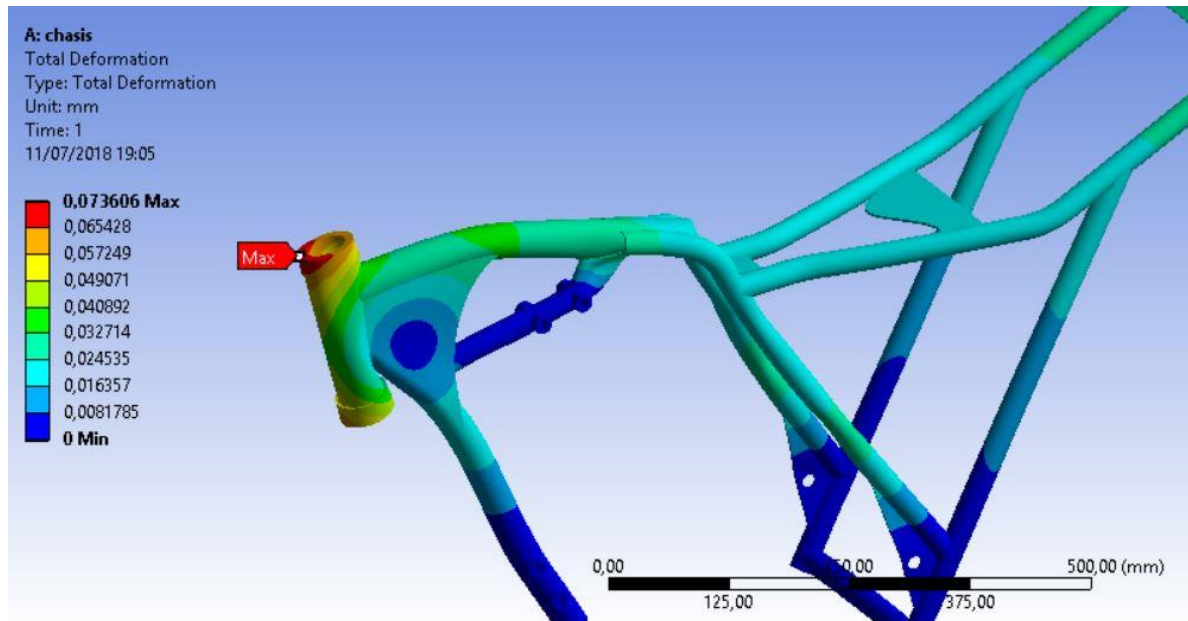


Ilustración 76: Deformaciones del ensayo del freno de tambor

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de las fuerzas de frenado máximas admitidas por la rueda.

-Tensiones:

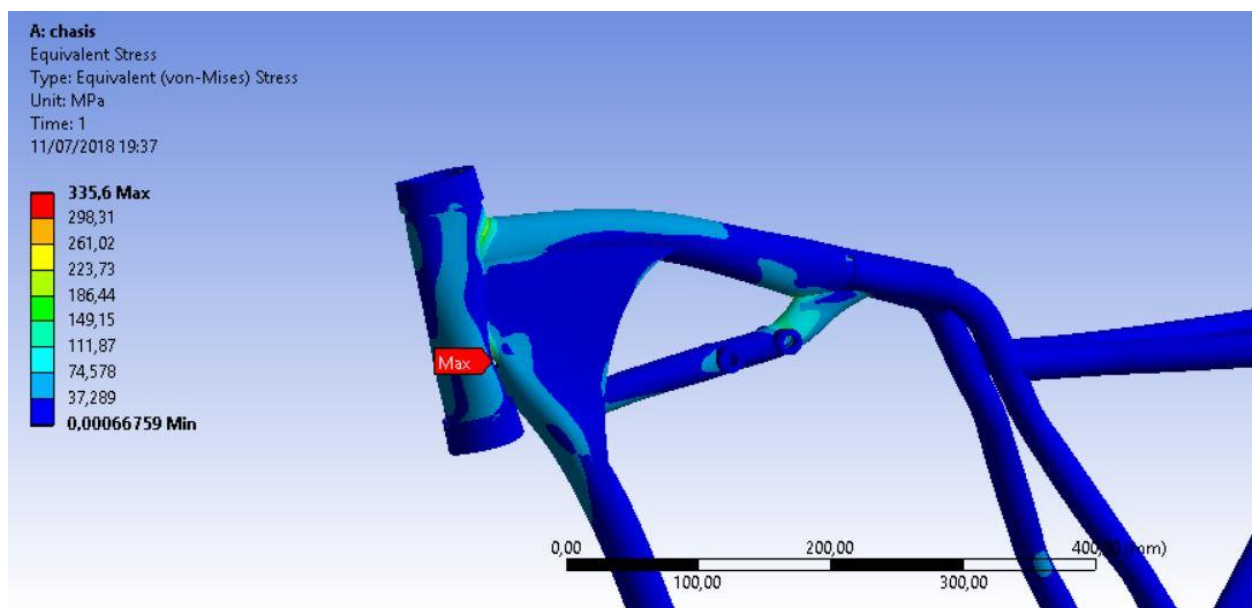


Ilustración 77: Tensiones en el ensayo de fuerza máxima de frenado

-Deformaciones:

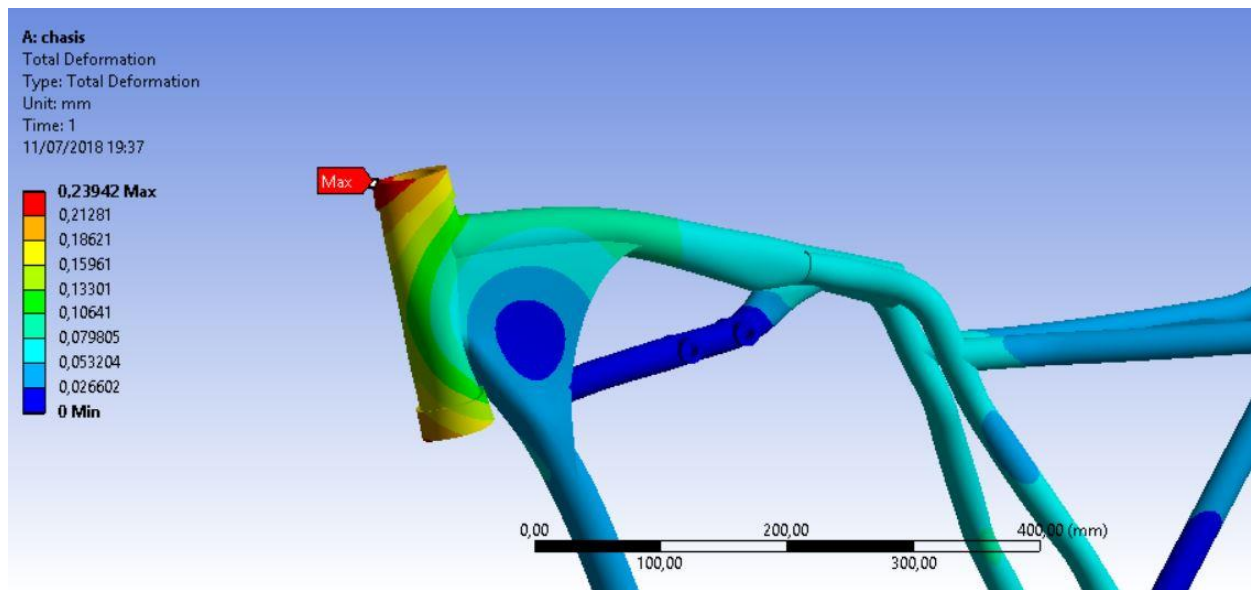


Ilustración 78: Deformaciones del ensayo de fuerza máxima de frenado

5.2.5. Análisis

En este apartado se evaluará los resultados obtenidos en las distintas simulaciones realizadas para antes y después de la reforma.

Lo primero que hay que analizar es la validez del ensayo, para ello además de analizar la calidad de la malla, que se ha realizado en apartados anteriores, hay que analizar que no aparecen resultados extraños.

Se puede observar que las tensiones de mayor valor aparecen cerca de los puntos de anclaje o bien de los puntos donde se aplican las fuerza, esto concuerda con la teoría de resistencia de materiales y el cálculo de estructuras, en el cual se basa el método de elementos finitos. Con todo esto se puede afirmar que los ensayos se han realizado de manera correcta y por lo tanto son válidos.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas.

Simulación	Tensiones (MPa)	Deformaciones (mm)	Coefficiente de seguridad
Freno de tabor	93.98	0.073	3.88
Frenada máxima	335.6	0.239	1.09

Tabla 8: Resultados de las simulaciones

5.2.6. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que:

- Se demuestra que, frente a la peor situación posible, la estructura principal no llegaría a fracturar.
- Se podría mejorar los ensayos si se obtuviera de manera más precisa las características del material y las medidas del modelo.
- Se podría realizar la reforma de los frenos, aunque es muy recomendable realizar unos refuerzos, bien con nuevos tubos o bien cambiando los actuales por tubos con mayor sección.
- Se valida la reforma del sistema de frenos, permitiendo así que se continúe con el proceso de transformación y homologación de la motocicleta.

6. Proceso de transformación y homologación

Una vez terminada la fase de diseño y de cálculos, comienza la fase de transformación y homologación del vehículo.

Según la normativa española, cada cambio que se realice en la motocicleta debe pasar un proceso de homologación más o menos estricto dependiendo de la importancia y la relevancia que tenga este cambio dentro del funcionamiento del vehículo, pudiendo ser desde un estudio técnico hasta un certificado de taller.

Una vez visto esto se elabora una lista de los cambios que se van a realizar y se analiza los procesos que hay que realizar para homologación según el “Manual de reformas de vehículos” (Ver anexo).

Elemento	Norma	Proyecto técnico	Certificación final de obra	Informe de conformidad	Certificado de taller
Frenos	Grupo 7				
	7.1	Si	Si	Si	Si
	7.3	Si	Si	Si	Si
Asiento	No	No	No	No	No
Manillar	6.6	No	No	Si	Si
Retrovisores	8.52	Si	Si	Si	Si
Agarradera	8.92	No	No	Si	Si
Pintura	No	No	No	No	No

Tabla 9: Elementos y procesos de homologación

El proceso de transformación o reforma comienza siempre revisando el estado inicial de la motocicleta, en busca de daños y desperfectos graves que afecten al posterior funcionamiento de la moto. En caso de encontrar algún daño o desperfecto es necesario arreglarlo antes de proseguir con la reforma.



Ilustración 79: Desmontaje de la moto

Una vez desmontada y comprobado el estado del vehículo, se comienza a instalar las piezas necesarias para la reforma en el siguiente orden:

- Sistema de frenos: Llanta, disco, bomba y latiguillos
- Neumáticos
- Manillar
- Puños
- Espejos retrovisores
- Iluminación trasera.
- Porta matrículas

Una vez terminada la transformación, se comienza con la homologación de las piezas como se ha descrito en capítulos anteriores. El sistema de frenos al ser un sistema especialmente sensible para la seguridad de la motocicleta es necesario que pase una prueba de frenado para comprobar los resultados que se han obtenido de forma teórica.

7. Presupuesto

En este capítulo se presenta el coste necesario para la realización de este proyecto, desde la compra de la motocicleta, las piezas hasta los costes asociados a los diferentes trámites burocráticos que hay que realizar.

Elementos	Coste
Moto	600,00 €
Bateria	39,90 €
Cargador	20,70 €
Llanta	50,00 €
Disco de freno	45,00 €
Pinza de freno	50,00 €
Pastilla	10,00 €
Bomba de freno	35,00 €
Manetas	25,00 €
Neumaticos	100,00 €
Botellas	100,00 €
Asiento	45,48 €
pintura	20,00 €
Puños	10,98 €
Intermitentes	10,00 €
Luz de freno	12,98 €
Retrovisores	39,00 €
Luz delantera	71,99 €
manillar	29,99 €
latiguillos de freno	20,00 €
Total Material	1.336,02 €

Conversión scrambler de una motocicleta

Impuesto transmisiones patrimoniales	24,00 €
Trámites de trafico	54,00 €
Trámites de homologación	400,00 €
ITV moto	17,95 €
Total Trámites	495,95 €
Total	1.831,97 €

Tabla 10: Presupuesto

8. Futuros trabajos

En este capítulo se hablará de los posibles trabajos a realizar en un futuro.

El primer trabajo que se va a realizar es concluir el trabajo de transformación y homologación de la motocicleta para su utilización y posterior venta. Originalmente se planteó que este trabajo se desarrollara dentro del tiempo de presentación de este proyecto, aunque debido a retrasos en la parte de homologación no se ha podido terminar a tiempo.

Una vez terminado el trabajo actual se plantea dos posibilidades, la primera se trata de realizar más transformaciones sobre la misma motocicleta para conseguir un aspecto más *scrambler*. Para esta opción, se utilizaría el diseño inicial planteado en este proyecto, se cambiaría la suspensión, buscando una mayor altura en el asiento y un mayor recorrido de la suspensión.

La segunda opción sería comprar una motocicleta base distinta y realizar una nueva transformación ya sea con el mismo estilo o buscar otro estilo distinto ya sea “*café racer*” u otro estilo diferente.

Referencias

Libros:

- [1] ARIAS PAZ, Manuel: *Motocicletas*. Madrid. Ed. Dossat 2001, 31ª Edición
- [2] HEIL, Carsten: *1000 Motos*. Colonia. Ed. NGV
- [3] FOALE, Tony: *Motorcycle Handling and Chasis Design*. 2006 Second Ed.

Proyectos Fin de Carrera

- [1] LARRAURI GARCIA, Asier: *Diseño y estudio de modificación del chasis y basculante de una motocicleta*. 2012. Universidad Pública de Navarra.
- [2] SARMIENTO BAYONA, Jhon Anderson: *Diseño y estudio de modificación del chasis y basculante de una motocicleta*. 2009. Universidad Industrial de Santander

Artículos y apuntes:

- [1] Tema Teórico de frenos, Diseño de máquinas. Universidad Pontificia Comillas.
- [2] Introducción el método de elementos finitos: Aplicación a la mecánica de sólidos. Universidad Carlos III de Madrid

Páginas Web:

- [1] <https://www.mujeresmoteras.com/articulo/historia-de-las-motocicletas-origen-evolucion>
- [2] <http://juancoferia.blogspot.com/>
- [3] <http://www.saberia.com/cual-fue-la-primera-marca-de-motos/>
- [4] <https://www.curiosfera.com/historia-de-la-moto/>
- [5] <https://www.caferacereros.com/>
- [6] <http://www.caferacerpasion.com/diferencias-entre-cafe-racer-bobber-street-tracker-brat-style-y-custom/>
- [7] <http://www.motosdesguace.com/motor-yamaha-specialclassic-p-42271.html>
- [8] <https://www.portalscooter.com/reportajes/tipos-de-chasis-motos-scooters/2/>
- [9] <https://experienciasdeunmotero.wordpress.com/2015/06/11/el-chasis-de-la-moto-ese-gran-desconocido-al-que-tanto-debemos/>
- [10] <http://www.solidworks.es/>
- [11] <https://www.ansys.com/>

Normativa:

[1] Directiva 2007/46/CE del Parlamento europeo y del Consejo, de 5 de septiembre de 2007 por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos (Directiva marco)

[2] Real Decreto 866/2010, de 2 de Julio por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.

[3] Manual de Procedimiento de Inspección de las estaciones I.T.V.

[4] Orden ITC/3124/2010, de 26 de noviembre, por la que se actualizan los Anexos I y II del Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, sobre las normas para la aplicación de determinadas directivas de la CE, relativas a la homologación de tipo de vehículos automóviles, remolques, semirremolques, motocicletas, ciclomotores y vehículos agrícolas, así como de partes y piezas de dichos vehículos

[5] Reglamento (UE) Nº 371/2010 de la Comisión de 16 de abril de 2010 que sustituye los anexos V, X, XV y XVI de la Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos

[6] Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.

[7] Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos

[8] Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, por el que se dictan normas para la aplicación de determinadas Directivas de la CEE, relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos

Anexos

Parte de la norma del manual de reformas de vehículos aplicable a este proyecto.

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS II.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV Grupo Nº 7. Frenos (7.1)

DESCRIPCIÓN: Modificaciones que afecten al sistema de frenado del vehículo
7.1.- Modificaciones de las características del sistema de frenado o de alguno de sus componentes

CAMPO DE APLICACIÓN								
Categorías								
Quad	UTV	L1e	L2e	L3e	L4e	L5e	L6e	L7e
SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

ACTOS REGLAMENTARIOS										
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a								
		Quad	UTV	L1e	L2e	L3e	L4e	L5e	L6e	L7e
Frenado	93/14/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Instalación de dispositivos de Alumbrado	93/92/CEE	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Salientes exteriores	97/24/CE Capítulo 3	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Compatibilidad electromagnética	97/24/CE Capítulo 8	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Ver Apartado 4 del preámbulo.										

DOCUMENTACIÓN NECESARIA				
Proyecto Técnico	Certificación final de obra	Informe de Conformidad	Certificado del Taller	Documentación adicional
SI	SI	SI	SI	NO

- Proyecto Técnico y certificación final de obra
- Informe de conformidad
- Certificado del Taller

 MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGIA Y TURISMO	REVISIÓN: 1ª Fecha: Marzo 2012	SECCIÓN: II GRUPO: 7 (7.1) Frenos Página 1 de 2
---	--	---

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS II.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV Grupo Nº 7. Frenos (7.1)
CONJUNTO FUNCIONAL El titular del vehículo o la persona por él autorizada aportará: - Copia de la Resolución de la Autoridad de homologación. - Informe según Anexo II. - Certificado del taller según Anexo III.
INSPECCIÓN ESPECÍFICA. PUNTOS A VERIFICAR SEGÚN MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE LAS ESTACIONES ITV (SECCIÓN II) Capítulo 4. - Alumbrado y señalización Capítulo 6. - Frenos
NORMALIZACIÓN DE LA ANOTACIÓN DE LA REFORMA EN LA TARJETA ITV ____/____/____ Modificación del sistema de frenos; (identificación de los elementos modificados) Sistema anterior : _____ Sistema actual : _____ (Firma y sello) ITV Nº NNNN
INFORMACIÓN ADICIONAL

 MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	REVISIÓN: 1ª Fecha: Marzo 2012	SECCIÓN: II GRUPO: 7 (7.1) Frenos Página 2 de 2
---	---	--

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS
II.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV
Grupo Nº 7. Frenos
(7.3)

DESCRIPCIÓN: Modificaciones que afecten al sistema de frenado del vehículo

7.3.- Modificación de los mandos de accionamiento del freno, así como de la ubicación, sustitución, adición o desinstalación de los mismos

CAMPO DE APLICACIÓN

Categorías

Quad	UTV	L1e	L2e	L3e	L4e	L5e	L6e	L7e
SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

ACTOS REGLAMENTARIOS

Sistema afectado	Referencia	Aplicable a								
		Quad	UTV	L1e	L2e	L3e	L4e	L5e	L6e	L7e
Frenado	93/14/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Instalación de dispositivos de Alumbrado	93/92/CEE	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Salientes exteriores	97/24/CE Capítulo 3	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Compatibilidad electromagnética	97/24/CE Capítulo 8	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Ver Apartado 4 del preámbulo.										

DOCUMENTACIÓN NECESARIA

Proyecto Técnico	Certificación final de obra	Informe de Conformidad	Certificado del Taller	Documentación adicional
SI	SI	SI	SI	NO

- Proyecto Técnico y certificación final de obra
- Informe de conformidad
- Certificado del Taller



MINISTERIO DE INDUSTRIA,
ENERGIA Y TURISMO

REVISIÓN: 2ª

Fecha: Marzo 2014

SECCIÓN: II
GRUPO: 7 (7.3)
Frenos
Página 1 de 2

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS II.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV Grupo Nº 7. Frenos (7.3)

CONJUNTO FUNCIONAL
El titular del vehículo o la persona por él autorizada aportará: - Copia de la Resolución de la Autoridad de homologación. - Informe según Anexo II. - Certificado del taller según Anexo III.

INSPECCIÓN ESPECÍFICA. PUNTOS A VERIFICAR SEGÚN MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE LAS ESTACIONES ITV (SECCIÓN II)
Capítulo 4. - Alumbrado y señalización Capítulo 6. - Frenos

NORMALIZACIÓN DE LA ANOTACIÓN DE LA REFORMA EN LA TARJETA ITV
__/__/__ Modificación del sistema de frenos: Sistema anterior : _____ Sistema actual : _____ Vehículo adaptado para la conducción de PMR (en su caso). (Firma y sello) ITV Nº NNNN

INFORMACIÓN ADICIONAL
No se considerará reforma la sustitución de manetas y/o pedales que mantengan la configuración, emplazamiento y dimensiones originales del vehículo, ni la desinstalación de doble mando de PMR, anotándose en la tarjeta mediante diligencia En caso de desinstalación, será necesario restituir los elementos de seguridad suprimidos por la reforma en su caso, aportando certificado de taller En el caso de vehículos que vayan a ser conducidos por PMR y, que por el tipo de minusvalía del conductor, necesiten la retirada o modificación de algún elemento de seguridad, la reforma podrá ser legalizada sin el cumplimiento íntegro de los ensayos que le sean de aplicación, siempre que no afecte a la seguridad de terceros y el mismo declare su conocimiento y conformidad a dicha condición o condiciones de excepción. Esta situación será señalada en el informe de conformidad y se recogerá en la Tarjeta ITV mediante la anotación: "Vehículo adaptado para la conducción de PMR"

 MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	REVISIÓN: 2ª Fecha: Marzo 2014	SECCIÓN: II GRUPO: 7 (7.3) Frenos Página 2 de 2
---	---	--

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS
II.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV
Grupo Nº 6. Dirección
(6.6)

DESCRIPCIÓN: Modificaciones que afecten al sistema de dirección del vehículo

6.6.- Sustitución del manillar por otro

CAMPO DE APLICACIÓN

Categorías

Quad	UTV	L1e	L2e	L3e	L4e	L5e	L6e	L7e
SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO

ACTOS REGLAMENTARIOS

Sistema afectado	Referencia	Aplicable a								
		Quad	UTV	L1e	L2e	L3e	L4e	L5e	L6e	L7e
Mandos, testigos e indicadores	93/29/CEE	(2)	x	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	x	x
Instalación de dispositivos de Alumbrado	93/92/CEE	(2)	x	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	x	x
Masas y dimensiones	93/93/CEE	(2)	x	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	x	x
Salientes exteriores	97/24/CE Capítulo 3	(2)	x	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	x	x
Instalación de retrovisores	97/24/CE Capítulo 4	(2)	x	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	x	x

Ver Apartado 4 del preámbulo.

DOCUMENTACIÓN NECESARIA

Proyecto Técnico	Certificación final de obra	Informe de Conformidad	Certificado del Taller	Documentación adicional
NO	NO	SI	SI	NO

- Informe de conformidad
- Certificado del Taller

	MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGIA Y TURISMO	REVISIÓN: 1ª Fecha: Marzo 2012	SECCIÓN: II GRUPO: 6 (6.6) Dirección Página 1 de 2
---	---	-----------------------------------	---

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS II.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV Grupo Nº 6. Dirección (6.6)
CONJUNTO FUNCIONAL
El titular del vehículo o la persona por él autorizada aportará: - Copia de la Resolución de la Autoridad de homologación. - Informe según Anexo II. - Certificado del taller según Anexo III.
INSPECCIÓN ESPECÍFICA. PUNTOS A VERIFICAR SEGÚN MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE LAS ESTACIONES ITV (SECCIÓN II)
Capítulo 7. - Dirección
NORMALIZACIÓN DE LA ANOTACIÓN DE LA REFORMA EN LA TARJETA ITV
___/___/___ Cambio de (componente) de manillar, indicando características (Firma y sello) ITV Nº NNNN
INFORMACIÓN ADICIONAL

 MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	REVISIÓN: 1ª Fecha: Marzo 2012	SECCIÓN: II GRUPO: 6 (6.6) Dirección Página 2 de 2
---	---	---

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS II.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV Grupo Nº 8. Carrocería (8.52)
--

DESCRIPCIÓN: Reformas que afecten al acondicionamiento exterior de los vehículos
ACONDICIONAMIENTO EXTERIOR Estructura del vehículo.
8.52.- Modificación, incorporación o desinstalación de elementos en el exterior del vehículo

CAMPO DE APLICACIÓN								
Categorías								
Quad	UTV	L1e	L2e	L3e	L4e	L5e	L6e	L7e
SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

ACTOS REGLAMENTARIOS										
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a								
		Quad	UTV	L1e	L2e	L3e	L4e	L5e	L6e	L7e
Frenado	93/14/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Caballote	93/31/CEE	-	-	(2)	-	(2)	-	-	-	-
Dispositivos de retención	93/32/CEE	(1)	-	(1)	-	(1)	(1)	-	-	-
Dispositivo de protección contra el uso no autorizado	93/33/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Instalación de dispositivos de Alumbrado	93/92/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Masas y dimensiones	93/93/CEE	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Salientes exteriores	97/24/CE Capítulo 3	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Instalación de retrovisores	97/24/CE Capítulo 4	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Enganche de remolque	97/24/CE Capítulo 10	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Cristales, ...	97/24/CE Capítulo 12	-	(2)	-	(2)	-	-	(2)	(2)	(2)
Ver Apartado 4 del preámbulo.										

 MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGIA Y TURISMO	REVISIÓN: 2ª Fecha: Marzo 2014	SECCIÓN: II GRUPO: 8 (8.52) Carrocería Página 1 de 3
---	--	--

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS II.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV Grupo Nº 8. Carrocería (8.52)
--

DOCUMENTACIÓN NECESARIA				
Proyecto Técnico	Certificación final de obra	Informe de Conformidad	Certificado del Taller	Documentación adicional
SI	SI	SI	SI	NO

- Proyecto Técnico y certificación final de obra
- Informe de conformidad
- Certificado del Taller

CONJUNTO FUNCIONAL
El titular del vehículo o la persona por él autorizada aportará: - Copia de la Resolución de la Autoridad de homologación. - Informe según Anexo II. - Certificado del taller según Anexo III.

INSPECCIÓN ESPECÍFICA.
PUNTOS A VERIFICAR SEGÚN MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE LAS ESTACIONES ITV (SECCIÓN II)
Capítulo 2. - Acondicionamiento exterior, carrocería y chasis. Capítulo 4. - Alumbrado y señalización.

NORMALIZACIÓN DE LA ANOTACIÓN DE LA REFORMA EN LA TARJETA ITV
___/___/___ Incorpora: _____ con referencia _____ capacidad _____ Modifica: Sustituye: Vehículo adaptado para la conducción de PMR (en su caso). (Firma y sello) ITV Nº. NNNN

 MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGIA Y TURISMO	REVISIÓN: 2ª Fecha: Marzo 2014	SECCIÓN: II GRUPO: 8 (8.52) Carrocería Página 2 de 3
---	---	--

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS
II.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV
Grupo Nº 8. Carrocería
(8.52)

INFORMACIÓN ADICIONAL

Esta reforma se aplica a la sustitución o incorporación de elementos en el exterior del vehículo tales como:

- espejos exteriores
- soporte exterior de rueda de repuesto
- cabrestante
- alerones
- estribos
- peldaños laterales
- taloneras
- sustitución o modificación de los parachoques
- Soportes de rótulos o carteles publicitarios así como soportes para la instalación de sistemas de alumbrado específico
- pasos de rueda ensanchados
- elementos fijos que sobresalgan de la anchura máxima del vehículo
- cualquier elemento superpuesto sobre el vehículo homologado original.

No se considera reforma

- La instalación de elementos que sean desmontables cuando se utilicen los anclajes previstos por el fabricante (ej.: maletas, baúles, alforjas de cuero, bolsas sobre depósito, porta equipajes...). Los soportes base de estos elementos no tendrán consideración de reforma siempre y cuando una vez instalados en la motocicleta no sobresalgan de la anchura máxima del vehículo.
- Altavoces
- Paramanos
- puños calefactables
- soportes GPS
- pequeños interruptores/dispositivos para el sistema de alarma o similar
- topes anticaídas
- protectores de motor
- quillas
- deflectores de aire.
- Los elementos decorativos y molduras que no sobresalgan del ancho del vehículo.

En el caso de vehículos que vayan a ser conducidos por PMR y, que por el tipo de minusvalía del conductor, necesiten la retirada o modificación de algún elemento de seguridad, la reforma podrá ser legalizada sin el cumplimiento íntegro de los ensayos que le sean de aplicación, siempre que no afecte a la seguridad de terceros y el mismo declare su conocimiento y conformidad a dicha condición o condiciones de exoección. Esta situación será señalada en el informe de conformidad y se recogerá en la Tarjeta ITV mediante la anotación:
 "Vehículo adaptado para la conducción de PMR"

 MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGIA Y TURISMO	REVISIÓN: 2ª Fecha: Marzo 2014	SECCIÓN: II GRUPO: 8 (8.52) Carrocería Página 3 de 3
---	--	--