



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Diseño de bastidor para motocicleta de competición para
FIM SuperSport 600

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Perez Pizarro, Sergi

Tutor/a: Colomer Romero, Vicente

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

Pérez Pizarro, Sergi. 2021-2022. Diseño de bastidor para motocicleta de competición para FIM *SuperSport* 600.

RESUMEN

El objetivo del proyecto es el diseño de distintos chasis de motocicleta de competición de 600 c.c. para la participación en competiciones. El chasis debe cumplir la normativa y las restricciones impuestas por la competición FIM *SuperSport* 600 así como acoplarse y no interferir con los distintos sistemas de la moto como el basculante, carenado, airbox, motor, sistema de transmisión, etc. Para el diseño del chasis se tendrán en cuenta tanto las cargas estáticas como las dinámicas, así como la rigidez lateral y longitudinal. En el chasis con mejores prestaciones se realizará un sistema para conseguir una rigidez lateral variable, que permita obtener distintos comportamientos en circuitos que requieran rigideces laterales diferentes a la original.

Palabras clave: *SuperSport*; bastidor; chasis; motocicleta; competición.

RESUM

L'objectiu d'aquest projecte es el diseny de diferents xassís de motocicleta de competició de 600 c.c per a la participació en competicions. El xassís deu complir la normativa i restriccions imposades per la competició FIM supersport 600, així com acoplarse i no interferir amb els diferents sistemes de la moto com el basculant, carenat, "airbox", motor, sistema de transmissió, etc. Per al diseny del xassís es tendran en compte tant les carregues estàtiques com les dinàmiques, així com la rigidesa lateral i longitudinal. En al xassís amb millors prestacions es realitzarà un sistema per a aconseguir una rigidesa lateral variable, que permeta obtindre diferents comportaments als circuits que requerixin rigideces laterals diferents a la original.

Paraules clau: SuperSport; bastidor; xassís; motocicleta; competició.

ABSTRACT

The objective of the project is the design of different racing motorcycle chassis for 600 c.c. motorcycles to participate in a race. The chassis must comply with the regulations and restrictions imposed by the FIM SuperSport 600 competition as well as be coupled and not interfere with the different systems of the bike such as the swingarm, fairing, airbox, engine, transmission system, etc. For the design of the chassis, both static and dynamic loads, as well as lateral and longitudinal stiffness, will be taken into account. In the chassis with the best performance, a system will be made to achieve variable lateral stiffness, which allows different behaviors to be obtained on circuits that require lateral stiffnesses different from the original.

Keywords: SuperSport; frame; chassis; motorcycle; competition.

ORDEN DE DOCUMENTOS

1. MEMORIA.
2. ANEJO I: CÁLCULOS.
3. ANEJO II: PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO.
4. ANEJO III: PLIEGO DE CONDICIONES.
5. PLANOS



TÍTULO	Diseño de bastidor para motocicleta de competición para FIM <i>SuperSport</i> 600.
FECHA	SEPTIEMBRE 2022
DOCUMENTO	MEMORIA
GRADO	INGENIERÍA MECÁNICA
TUTOR	Colomer Romero, VICENTE
AUTOR	Pérez Pizarro, SERGI

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	14
1.1.	OBJETIVOS.....	15
2.	METODOLOGÍA.....	16
2.1.	FASES DEL PROYECTO.....	16
2.2.	CONCEPTOS BÁSICOS.....	16
2.3.	CRITERIOS.....	18
2.3.1.	TÉCNICAS Y PROCESOS.....	19
3.	ESTADO DEL ARTE.....	20
3.1.	DEFINICIÓN DE CHASIS.....	20
3.2.	FUNCIONAMIENTO DEL CHASIS.....	20
3.3.	HISTORIA DE LA MOTOCICLETA.....	21
3.4.	TIPOS DE CHASIS.....	22
3.4.1.	TUBULARES.....	22
3.4.2.	DOBLE VIGA.....	26
3.4.3.	AUTOPORTANTE.....	28
3.4.4.	OMEGA.....	28
3.4.5.	MONOCASCO.....	29
3.4.6.	IMPRESIÓN 3D.....	29
4.	ANTECEDENTES.....	31
4.1.	LA COMPETICIÓN.....	31
4.2.	CHASIS ANTERIOR.....	34
4.3.	ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA.....	36
4.4.	ANÁLISIS DEL CIRCUITO.....	38
4.5.	REGLAMENTO APLICABLE AL CHASIS.....	40
5.	DATOS DE PARTIDA.....	42
5.1.	CONCEPTO “SUPER SPORT 600”.....	42
5.2.	COMPONENTES QUE SE VAN A UTILIZAR.....	42
5.2.1.	MOTOR.....	42
5.2.2.	SUSPENSIÓN DELANTERA.....	43
5.2.3.	SUSPENSIÓN TRASERA.....	44
5.2.4.	CARENADO.....	45
5.2.5.	TRANSMISIÓN.....	46
5.2.6.	BASCULANTE.....	46
5.2.7.	LLANTAS Y NEUMÁTICOS.....	47

5.2.8.	SISTEMA DE FRENADO	48
5.2.9.	OTROS DATOS NECESARIOS	49
6.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	50
6.1.	ESTÁTICA Y DINÁMICA DE LA MOTO.....	50
6.1.1.	MOVIMIENTOS ANGULARES	50
6.1.2.	NEUMÁTICOS	50
6.1.3.	GEOMETRÍA.....	52
6.1.4.	“SQUAT Y DIVE”	56
6.1.5.	RIGIDEZ.....	57
6.2.	MATERIALES	59
6.2.1.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	59
6.2.2.	SELECCIÓN DEL MATERIAL	64
7.	DISEÑO	70
7.1.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	70
7.1.1.	TIPO DE CHASIS	70
7.1.2.	GEOMETRÍA.....	71
7.2.	ESTUDIO ERGONÓMICO.....	73
7.3.	ENSAMBLAJE DE COMPONENTES	74
7.4.	ESTUDIO DE CARGAS.....	76
7.4.1.	CARGAS ESTÁTICAS	77
7.4.2.	CARGAS DINÁMICAS.....	78
8.	DISEÑO EN DETALLE	80
8.1.	DISEÑO 1	80
8.1.1.	COMPONENTES	81
8.1.2.	SIMULACIONES.....	85
8.1.3.	CONCLUSIÓN DEL DISEÑO 1.....	90
8.2.	DISEÑO 2	90
8.2.1.	COMPONENTES	90
8.2.2.	SIMULACIONES.....	92
8.2.3.	CONCLUSIÓN DEL DISEÑO 2.....	94
8.3.	DISEÑO 3	95
8.3.1.	COMPONENTES	95
8.3.2.	SIMULACIONES.....	99
8.3.3.	CONCLUSIÓN DISEÑO 3.....	101
8.4.	DISEÑO FINAL.....	102
8.4.1.	SUB-CHASIS	102

8.4.2.	CONJUNTO	106
8.4.3.	SIMULACIONES.....	107
8.4.4.	CONCLUSIÓN DISEÑO FINAL	116
8.5.	CÁLCULO DE RODAMIENTOS.....	117
8.6.	MANTENIMIENTO	118
9.	SISTEMA DE RIGIDEZ VARIABLE.....	119
9.1.	ESTUDIO DE MATERIALES.....	119
9.2.	DISEÑO	119
9.3.	SIMULACIONES.....	120
9.4.	CONCLUSIÓN DEL SISTEMA DE RIGIDEZ VARIABLE	122
10.	FABRICACIÓN	123
10.1.	MECANIZADO	124
10.2.	ESTUDIO DE SOLDADURA.....	126
11.	CONCLUSIÓN	128
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Honda CBR 600rr 2006.....	14
Figura 2: Manu González, campeonato wssp 600.	15
Figura 3: Ejemplo de chasis.....	16
Figura 4: Moto gp en máxima inclinación.....	17
Figura 5: Salida de curva de una moto gp.....	17
Figura 6:Frenada agresiva de una moto gp.....	18
Figura 7: Simulación por elementos finitos.....	19
Figura 8: Chasis honda CBR 1000rr.	20
Figura 9: BMW s1000rr.	20
Figura 10: Motocicleta a vapor.....	21
Figura 11: Motocicleta con motor Otto.	21
Figura 12: Tipos de chasis.....	22
Figura 13: Chasis tubular de cuna cerrada.....	23
Figura 14: Chasis tubular de cuna abierta.....	23
Figura 15: Chasis tubular de cuna desdoblada.....	24
Figura 16: Chasis tubular de doble cuna.	25
Figura 17: Chasis multitubular.	25
Figura 18: Chasis tubular de espina central.	26
Figura 19: Chasis doble viga cerrado.....	27
Figura 20: Chasis doble viga abierto.	27
Figura 21:Chasis aurtoportante.....	28
Figura 22: Chasis omega.....	29
Figura 23: Chasis monocasco.	29
Figura 24: Chasis impreso en 3D.	30
Figura 25: Cargas estáticas.....	32
Figura 26: Prueba dinámica.....	32
Figura 27: Final de una carrera.....	34
Figura 28: Chasis honda cbr 600rr.....	35
Figura 29: Honda cbr 600 rr sin carenado.....	35
Figura 30: Geometría cbr 600rr.....	35
Figura 31: Dominique Aegerter sobre una Yamaha r6.....	36
Figura 32: Chasis de una Yamaha r6 2021.	36
Figura 33: Mv agusta F3.	37
Figura 34: Ducati panigale V2.....	37
Figura 35: Kawasaki zx6r.	38
Figura 36: Circuito Ricardo Tormo de Cheste.	38
Figura 37: Trazado Circuito de Cheste.	39
Figura 38: Portada reglamento SuperStock 600.	40
Figura 39: Centralita de potencia de competición Dynojet.	42
Figura 40: Medidas motor honda CBR 600rr.....	43
Figura 41: Horquillas honda CBR 600rr.	43
Figura 42: Modelo cad horquillas CBR 600rr.....	44
Figura 43: Amortiguador trasero Aprillia Tuono v4.	44
Figura 44: Modelo cad suspensión trasera Aprillia tuono v4.....	45
Figura 45: Carenado de competición honda CBR 600rr.....	45

Figura 46: Kit de cadena y transmisión D.I.D.	46
Figura 47: Basculante honda CBR 600rr.....	46
Figura 48: Cad simplificado del basculante de una honda CBR 600rr.....	47
Figura 49: Llanta honda CBR 600rr.....	47
Figura 50: Guía medidas neumáticos.	48
Figura 51: Características dunlop gp racer slik.....	48
Figura 52: Sistema de frenado honda CBR 600rr.	49
Figura 53: Movimientos angulares de una motocicleta.....	50
Figura 54: Marc Marquez inclinando la motocicleta a 68º.	51
Figura 55: Fuerzas y velocidades durante el ángulo de deriva.	51
Figura 56: Coeficiente de fricción.....	52
Figura 57: Geometría básica de una motocicleta.	52
Figura 58: Avance de una motocicleta.	53
Figura 59: Diagrama del avance.	54
Figura 60: Ángulo de lanzamiento.	54
Figura 61: Valores de avance según el descentramiento,.....	55
Figura 62: Descentramiento de una motocicleta.....	55
Figura 63: Squat. Figura 64: Dive.....	56
Figura 65: Squat ratio.	57
Figura 66: Rigidez torsional.	58
Figura 67: Rigidez longitudinal.	58
Figura 68: Rigidez lateral.	59
Figura 69: Clasificación de los aceros según norma UNE-36010.	60
Figura 70: Designación de los aceros.	61
Figura 71: Clasificación del aluminio.	62
Figura 72: Modo de designación de los aluminios.	62
Figura 73: Comportamiento del aluminio frente a cargas estáticas.	64
Figura 74: Relación entre tensión máxima y número de ciclos.	65
Figura 75: Selección de la base de datos del Granta EduPack.	66
Figura 76: Límite 1 Granta EduPack.	66
Figura 77: Gráfico 1 Granta EduPack.....	67
Figura 78: Gráfico 2 Granta EduPack.....	67
Figura 79: Gráfico 3 Granta EduPack.....	68
Figura 80: Geometría final del chasis.	72
Figura 81: Posición neutral del piloto.	73
Figura 82: Posición de velocidad del piloto.....	74
Figura 83: Ensamblaje del motor.	74
Figura 84: Ensamblaje de las ruedas con el motor.	75
Figura 85: Ensamblaje de la horquilla con las ruedas y el motor.....	75
Figura 86: Ensamblaje del conjunto sin el chasis.	76
Figura 87: Ensamblaje con el piloto.	76
Figura 88: Descomposición de esfuerzos en la prensa horizontal.	77
Figura 89: Aplicación de carga de la prensa vertical.	77
Figura 90: Cargas sobre el prototipo durante la frenada máxima.	78
Figura 91: Esfuerzos sobre la moto durante el paso por curva.....	79
Figura 92: Croquis de la posición del chasis sobre el conjunto.....	80
Figura 93: Vista de planta de la posición del chasis sobre el conjunto.....	80
Figura 94: Croquis pieza V1PD.	81

Figura 95: V1PD.	81
Figura 96: Croquis V1VL.	82
Figura 97: V1VL.....	82
Figura 98: Croquis V1A.	82
Figura 99: V1A.	83
Figura 100: V1A.	83
Figura 101: V1SA.	84
Figura 102: Chasis 1.....	84
Figura 103: V1CM.	85
Figura 104: Sujeciones para simulación.	86
Figura 105: Restricción de bisagra fija.	86
Figura 106: Cargas para la simulación.....	86
Figura 107: Propiedades de la malla.	87
Figura 108: Mallado del modelo.	87
Figura 109: Tensiones de vonMises.	87
Figura 110: Desplazamientos.	88
Figura 111: Factor de seguridad.....	88
Figura 112: Desplazamiento máximo del chasis.	89
Figura 113: Desplazamiento.....	89
Figura 114: V2PD.	90
Figura 115:V2VL.	91
Figura 116:V2A.	91
Figura 117: Chasis 2.....	92
Figura 118: Tensiones de vonMises.	92
Figura 119: Desplazamientos.	93
Figura 120: Factor de seguridad.....	93
Figura 121: Desplazamiento máximo.....	94
Figura 122: V3PD.	95
Figura 123: V3VL primer concepto.....	96
Figura 124: V3VL.....	96
Figura 125:V3A.	97
Figura 126: V3SA.	97
Figura 127: Pletina de refuerzo.....	98
Figura 128: Chasis 3.....	98
Figura 129: Tensiones de vonMises.	99
Figura 130: Desplazamientos.	99
Figura 131: Factor de seguridad.....	100
Figura 132: Rigidez longitudinal.	100
Figura 133: Rigidez lateral.	101
Figura 134: Conjunto del prototipo.....	102
Figura 135: Puntos de anclaje del subchasis.....	102
Figura 136: Subconjunto superior del subchasis.....	103
Figura 137:PSD.	103
Figura 138: PSC.....	104
Figura 139:PS.....	104
Figura 140: ASC.	105
Figura 141:P2.....	105
Figura 142: Pletina refuerzo.....	105

Figura 143: Subchasis.....	106
Figura 144: Conjunto chasis-subchasis.....	106
Figura 145: Mallado del modelo.	107
Figura 146: Tensiones de vonMises.	107
Figura 147: Desplazamiento.....	108
Figura 148: Factor de seguridad.....	108
Figura 149: Tensiones de vonMises.	109
Figura 150: Desplazamientos.	109
Figura 151: Factor de seguridad.....	110
Figura 152: Tensiones de vonMises.	110
Figura 153: Desplazamiento.....	111
Figura 154: Factor de seguridad.3.....	111
Figura 155: Tensiones de vonMises.	112
Figura 156: Desplazamiento.....	112
Figura 157: Factor de seguridad.....	113
Figura 158: Tensiones de vonMises.	113
Figura 159: Desplazamiento.....	114
Figura 160: Factor de seguridad.....	114
Figura 161: Rigidez longitudinal.	115
Figura 162: Rigidez lateral.	115
Figura 163: Rodamiento seleccionado.....	117
Figura 164: Dimensiones del rodamiento seleccionado.	117
Figura 165: Sistema de rigidez variable.....	119
Figura 166: Rigidez lateral placa 1.....	120
Figura 167: Rigidez lateral placa 2.....	121
Figura 168: Rigidez lateral placa 3.....	121
Figura 169: Rigidez lateral placa 4.....	122
Figura 170: Partes del chasis.	123
Figura 171: Partes V3CM.....	123
Figura 172: Partes subchasis.	123
Figura 173: Ejemplo del proceso de mecanizado de un chasis Kalex.	125
Figura 174: Ejemplo de taladrado en un chasis Kalex.....	125
Figura 175: Soldaduras chasis.	126
Figura 176: Soldaduras subchasis.	126
Figura 177: Soldaduras V3CM.	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Horarios de la competición.	31
Tabla 2: Reparto de puntos de la competición.	31
Tabla 3: Calendario de la competición.	33
Tabla 4: Especificaciones honda cbr 600rr 2006.	34
Tabla 5: Geometría de otras motocicletas.	36
Tabla 6: Características motor CBR 600rr.	42
Tabla 7: Selección definitiva del material.	68
Tabla 8: Propiedades físicas del aluminio 6082-T6.	69
Tabla 9: Composición del aluminio 6082-T6.	69
Tabla 10: Precio del aluminio 6082-T6.	69
Tabla 11: Propiedades mecánicas del aluminio 6082-T6.	69
Tabla 12: Estudio de alternativas.	70
Tabla 13: Resultado del estudio de alternativas.	71
Tabla 14: Geometría final del chasis.	72
Tabla 15: Medidas corporales del piloto.	73
Tabla 16: Esfuerzos sobre el chasis debidos a la prensa horizontal.	77
Tabla 17: Esfuerzos sobre el chasis debidos a la prensa vertical.	78
Tabla 18: Esfuerzos sobre el chasis debidos a la frenada máxima.	78
Tabla 19: Esfuerzos sobre el chasis debidos a la aceleración máxima.	78
Tabla 20: Esfuerzos sobre el chasis debidos a una caída.	79
Tabla 21: Características chasis 1 y 2.	94
Tabla 22: Comparación de todos los chasis propuestos.	101
Tabla 23: Esfuerzos prensa horizontal.	107
Tabla 24: Esfuerzos prensa vertical.	109
Tabla 25: Esfuerzos aceleración máxima.	110
Tabla 26: Esfuerzos frenada máxima.	112
Tabla 27: Esfuerzos caída.	113
Tabla 28: Resultados de todas las simulaciones.	116
Tabla 29: Esfuerzos sobre los rodamientos.	117
Tabla 30: Placas sistema de rigidez variable.	120
Tabla 31: Resultados simulaciones de las placas.	122

1. INTRODUCCIÓN

Cada dos años en el circuito Ricardo Tormo de Cheste, Valencia, se celebra una competición privada de motociclismo *amateur* en la que se enfrentan los pilotos con motocicletas de 600 c.c. siguiendo la normativa de la competición internacional de *Super Sport 600* y una normativa especial de la propia competición.

El equipo Elite Sport Team se presenta a esta competición por primera vez con altas expectativas, para ello se modificarán algunas partes de una motocicleta de calle en la cual se montará el chasis diseñado en este proyecto.

La motocicleta escogida para ser modificada es una CBR 600rr del año 2006.



Figura 1: Honda CBR 600rr 2006.

Para el diseño se tendrá en cuenta el circuito en el que se va a correr, todos los otros factores específicos de esta carrera que afectarán en el comportamiento de la moto, así como los consejos del piloto. Atendiendo a las limitaciones de presupuesto y de material se diseñará y fabricará un bastidor para este prototipo que participará en la carrera.

El equipo decidió que el autor de este proyecto fuese el encargado del desarrollo de un prototipo de chasis para montarlo directamente en la motocicleta que competirá en las carreras. Para ello ha sido necesaria la colaboración de todo el equipo y de todos los departamentos.

Para llevar a cabo este proyecto se atenderá a diferentes estudios que se desarrollarán a lo largo de este documento. Los estudios serán geométricos, de fuerzas estáticas, de fuerzas dinámicas, ergonómico y de prestaciones en carrera.

1.1.OBJETIVOS

El objetivo general que se pretende alcanzar con el desarrollo del proyecto es el diseño de un chasis de motocicleta de 600 c.c. para la participación en la carrera *Private Champions sb600*.

Dicho chasis debe estar dentro del marco de la normativa Super Sport 600 y de los cambios realizados por la organización del campeonato, así como acoplarse y no interferir con los demás sistemas de la moto como el basculante, carenado, "airbox", motor y sistema de transmisión, entre otros.

De este modo se pretende conseguir una mejora de prestaciones en carrera respecto al chasis original de la motocicleta, en cuanto a comportamiento en carrera, rigidez y resistencia.



Figura 2: Manu González, campeonato wssp 600.

Para ello se va a realizar una serie de diseños, de los cuales se escogerá el mejor en el que se estudiará un sistema para conseguir una rigidez lateral variable, lo que permitirá obtener distintos comportamientos en circuitos que requieran rigideces diferentes a la original.

Debido a que la finalidad de este prototipo es participar en la carrera mencionada anteriormente, la cual tiene lugar en el circuito "Ricardo Tormo de Cheste", el sistema de rigidez variable servirá como pruebas para que el piloto decida si hacer uso de este sistema o no.

La competición tiene como objetivos principales los siguientes:

- Desafío multidisciplinar donde los equipos privados compiten y desarrollan un proyecto que será puesto a prueba en una carrera.
- Permite poner a prueba la aptitud y creatividad de ingenieros y mecánicos para el desarrollo de proyectos.

Los objetivos de la parte de rigidez variable del proyecto son derivados de la necesidad de conseguir mejorar las prestaciones de la motocicleta en una máxima inclinación que no deja de aumentar con los continuos avances. Actualmente, se pueden llegar a lograr inclinaciones de 64º sobre una moto gp sin perder adherencia en ninguna rueda.

Es por esto por lo que nace la necesidad de conseguir que el piloto decida la rigidez lateral de un chasis el cual debe trabajar amortiguando los esfuerzos generados en el paso por curva. Por lo tanto, los objetivos de este sistema son los siguientes:

- Adaptar en mayor medida el comportamiento de la moto al estilo de pilotaje del piloto.
- Adaptar en mayor medida el comportamiento de la moto al circuito.
- Solucionar los problemas debidos a la falta o exceso de rigidez lateral del chasis.

2. METODOLOGÍA

2.1. FASES DEL PROYECTO

Con tal de conseguir los objetivos del proyecto se han seguido los siguientes pasos:

- Estudio de la normativa de Super Sport 600 aplicable en la construcción del chasis citado en el apartado REGLAMENTO.
- Análisis de toda la información de chasis y carreras, así como de estudios recientes con tal de establecer los criterios de selección para el diseño final del chasis. Se realizará un estudio de la competencia y del chasis actual de la motocicleta.
- Análisis de los datos de partida y realización de un preconcepto del chasis en base a toda la información recogida y analizada posteriormente, así como de todos los componentes del prototipo.
- Diseño de la geometría básica y primer concepto del chasis definitivo. Posteriormente se realizan los diferentes diseños de chasis propuestos para su análisis mediante simulación por elementos finitos con el programa *SolidWorks*.
- Selección del diseño final del chasis y optimización de este. Implementación de un sistema de variación de la rigidez lateral del chasis definitivo.
- Se realiza un estudio de las deformaciones y tensiones del diseño definitivo con tal de obtener los resultados deseados para conseguir un comportamiento óptimo de la motocicleta.
- Por último, se propone el proceso de fabricación, el presupuesto global de la fabricación y la conclusión, seguido de los planos de fabricación.

2.2. CONCEPTOS BÁSICOS

El chasis de una motocicleta, al tener solamente dos puntos de apoyo y al no poder mantenerse en posición vertical por sí mismo, éste es considerado un mecanismo. Estos puntos de apoyo son la pipa de dirección, donde el chasis podrá rotar sobre el eje de dirección, y el basculante, el cual se ancla a la parte posterior del chasis.

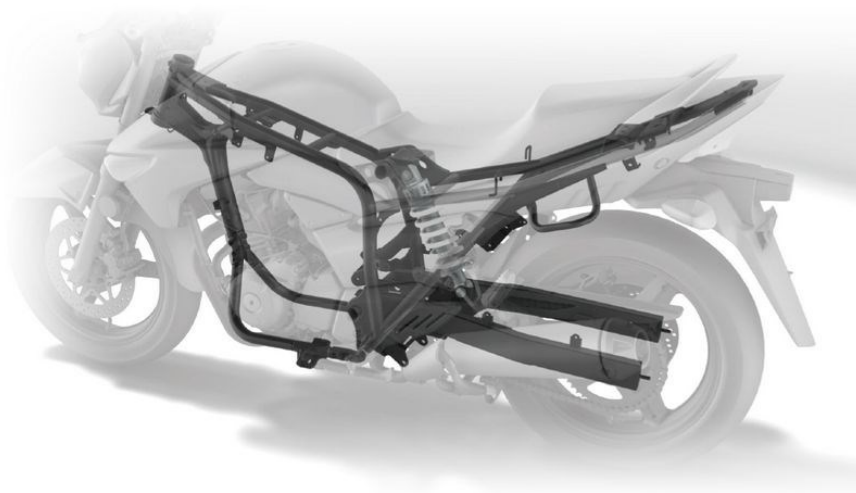


Figura 3: Ejemplo de chasis.

Es importante destacar que una de las principales características que definen el comportamiento de un chasis es su rigidez y geometría.

Una rigidez muy alta se traduce en un comportamiento más agresivo y difícil de gestionar en el paso por curva, pero en cambio, en la frenada y la aceleración se consigue mayor estabilidad, sin embargo, un chasis con algo menos de rigidez significa que la motocicleta será más fácil de pilotar en el paso por curva, pero se pierde cierta estabilidad en la aceleración y en la frenada.

En el comportamiento dinámico de la motocicleta también afectan muchos otros componentes de la motocicleta, como el basculante, los neumáticos o incluso la disposición de los cilindros del motor. Por lo tanto, se debe conseguir una geometría del chasis con una rigidez determinada que sea óptima para su pilotaje y que su comportamiento sea adecuado al de los demás sistemas de la motocicleta.

La rigidez del chasis se puede descomponer en rigidez lateral, longitudinal y torsional.

Durante el paso por curva, el elemento encargado de absorber las irregularidades del terreno y las fuerzas generadas es el chasis, ya que cuando la moto se encuentra a muchos grados de inclinación, el amortiguador no puede trabajar correctamente. Es por esto por lo que la rigidez lateral del chasis se ha de optimizar para mejorar las sensaciones del pilotaje de la motocicleta.



Figura 4: Moto gp en máxima inclinación.

En cuanto a la rigidez torsional, ésta se ve involucrada en la salida de curva, durante el proceso de aceleración. Es en este momento cuando la rueda trasera tiende a deslizarse hacia fuera, haciendo girar la moto hacia el interior de la curva. Es por esto por lo que se debe buscar la mínima torsión del chasis, manteniendo alineados los ejes delantero y trasero.



Figura 5: Salida de curva de una moto gp.

Finalmente, durante el proceso de frenada, el reparto de peso conlleva una necesidad de una rigidez longitudinal del chasis con tal de soportar los esfuerzos a los que se ve sometido. Este reparto de pesos sobre el tren delantero implica una carga sobre la pipa de dirección. Es por esto, que el chasis debe controlar la deformación elástica proporcionando progresividad en la deceleración.



Figura 6: Frenada agresiva de una moto gp.

2.3. CRITERIOS

Para el diseño del chasis, se van a seguir una serie de criterios con tal de optimizar el comportamiento de la motocicleta en su conjunto para correr específicamente en el circuito de Cheste.

Para empezar, se ha de conocer el trazado del circuito y establecer los puntos clave de éste. Es decir, si las frenadas son muy pronunciadas, si las curvas se toman a mucha o poca velocidad o cómo es la influencia de la aceleración y la velocidad punta sobre los tiempos finales en el circuito.

Para tratar estos puntos e intentar fabricar un chasis adecuado para este circuito se debe hacer un estudio de las cargas estáticas y dinámicas para comprobar que el chasis es seguro y aguantará todos los esfuerzos. Además, se debe tratar también la rigidez torsional del chasis alrededor del eje longitudinal, la rigidez torsional alrededor del eje transversal y la rigidez a flexión lateral del chasis.

Con el diseño se tratará de encontrar unos valores de rigidez óptimos, y así maximizar el comportamiento de la motocicleta de forma específica para dicho circuito.

Todo esto se llevará a cabo de forma que se intente minimizar la masa, para conseguir menores inercias. Reducir las inercias supone un aumento de las prestaciones de la motocicleta en el paso por curva, en las aceleraciones y en las frenadas.

También, puesto que el chasis se va a fabricar para una motocicleta de competición y las caídas son relativamente frecuentes se debe diseñar para que resista ciertos golpes sin romper con facilidad.

Otros aspectos que influirán en el diseño del chasis es la facilidad de fabricación y montaje.

2.3.1. TÉCNICAS Y PROCESOS

Para la elaboración del presente proyecto es necesario conocer las técnicas relativas al diseño cad 3D. Los conceptos utilizados del programa SolidWorks son los siguientes:

- Croquis 2D.
- Croquis 3D.
- Operaciones básicas (extruir, revolución, saliente, corte, ...).
- Ensamblaje.
- Planos.

Además, para el cálculo de cada uno de los chasis propuestos se ha hecho uso del método de simulación por elementos finitos. Este método se basa en la representación de un modelo geométrico dividido en diferentes regiones discretas simplificadas y conectadas. Así, mediante ecuaciones de equilibrio y diferentes consideraciones físicas aplicables, se realiza el cálculo de cada elemento finito.

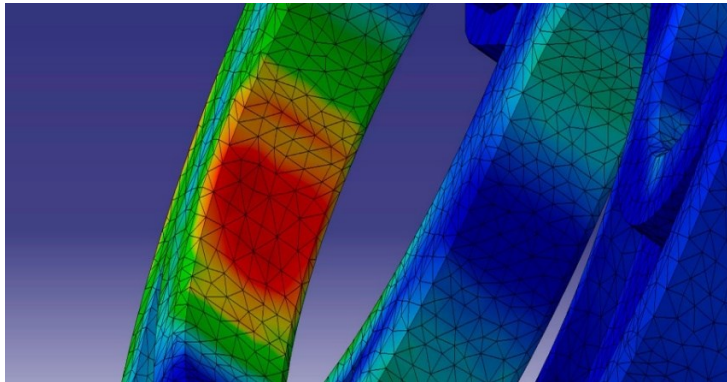


Figura 7: Simulación por elementos finitos.

La precisión de este método depende de la cantidad de nodos y elementos, así como del tamaño de éstos.

Este método es utilizado en la resolución de múltiples tipos de problemas con tal de obtener desplazamientos, tensiones, deformaciones y muchos otros resultados posibles.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1. DEFINICIÓN DE CHASIS

El chasis es el principal elemento estructural en una motocicleta fabricado y diseñado para mantener una rigidez y una geometría que asegure una estabilidad y unas prestaciones determinadas según el tipo de motocicleta. El chasis también es el encargado de unir el eje de la horquilla de dirección al eje del basculante trasero.

Este componente es de gran importancia sobre el conjunto de la motocicleta, pues en gran medida determinará la geometría final del prototipo y su comportamiento dinámico. También cumple con la función de soportar al completo el motor mediante dos o tres puntos de apoyo, así como de soportar y absorber la mayoría de los esfuerzos producidos sobre la motocicleta.



Figura 8: Chasis honda CBR 1000rr.

3.2. FUNCIONAMIENTO DEL CHASIS

El chasis no sólo es una estructura a la que se une o atornilla todo, sino que tiene una función primordial, unir el eje de la horquilla de dirección al eje del basculante trasero, en los que a través de estos dos puntos llegan las fuerzas que se producen en las ruedas a la moto: las frenadas, aceleraciones, irregularidades del terreno, inclinaciones, etcétera.



Figura 9: BMW s1000rr.

Sobre el chasis se unirán gran parte de los componentes de la motocicleta, como las estribas, el basculante, numerosos sistemas eléctricos y de admisión, el subchasis y otros elementos. Además, dará paso a otros sistemas como el de refrigeración o el de admisión de aire entre otros.

Respecto al subchasis, éste se anclará directamente al chasis principal y sobre este se montará todo el colín de la moto sobre el cuál el piloto irá posicionado. Esta parte también recibe numerosos esfuerzos, sobre todo durante el paso por curva.

3.3.HISTORIA DE LA MOTOCICLETA

Es innegable que la aparición de la motocicleta no fue por un invento, si no por una evolución natural de las bicicletas. Desde entonces han ido evolucionando enormemente, convirtiéndose en máquinas capaces de alcanzar velocidades de 300 km/h y superarlas.

En los inicios de la motocicleta, en el año 1867 Sylvester Howard Roper inventó la primera máquina que fue reconocida como una motocicleta. Roper, creó una máquina con motor a vapor de dos cilindros. Estas primeras motocicletas usaban carbón como combustible.



Figura 10: Motocicleta a vapor.

Louis-Barbilla Perreux inventó la moto oficialmente con la primera patente registrada en 1868. Esta primera moto funcionaba a vapor. Era un simple prototipo que nunca ha llegado a funcionar.

Más adelante, Wilhelm Maybach y Gottlieb Daimler construyeron una moto con cuadro y cuatro ruedas de madera y motor de combustión interna en 1885. Su velocidad era de 18 km/h y el motor desarrollaba 0,5 caballos.

Tan pronto como Nikolaus August Otto completó el primer motor de combustión interna de 4 tiempos, Daimler (antiguo empleado de Otto) lo convirtió en una motocicleta que algunos historiadores consideran la primera de la historia.



Figura 11: Motocicleta con motor Otto.

Posteriormente aparecen las primeras motocicletas fabricadas en serie con claros fines comerciales. Y más adelante comienzan a aparecer las primeras escúter, así como los primeros sidecares.

Poco a poco la demanda de transporte privado aumentaba, así como las fábricas que construían motocicletas.

De esta manera, el sector ha ido evolucionando hasta llegar a las motocicletas que tenemos hoy en día, de las cuales, este proyecto se centrará en las de de 600 c.c de competición.

3.4.TIPOS DE CHASIS

Para empezar, se van a tratar los modelos de chasis más relevantes de la actualidad del motociclismo, los cuales se van a clasificar del siguiente modo:

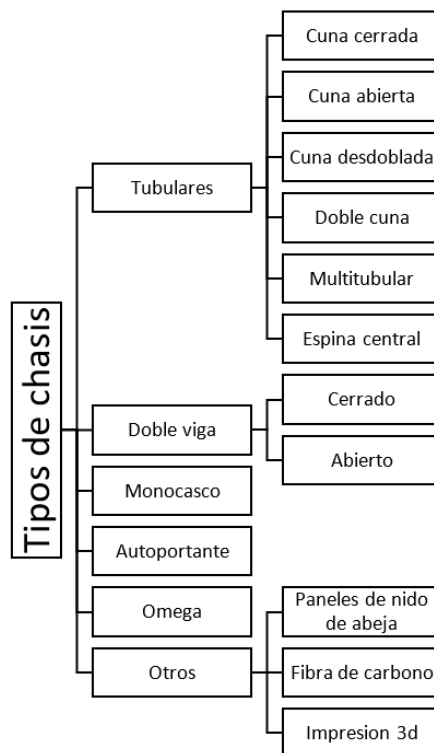


Figura 12: Tipos de chasis.

Los tipos de chasis se clasifican en función de la forma de unión del cabezal de dirección con la zona del anclaje del basculante, así como según su geometría y su construcción.

3.4.1. TUBULARES

Este tipo de chasis es el más utilizado hoy en día. En unos casos por precio y facilidad de fabricación, como es el caso de las motos modestas, ciclomotores o escúter. En otros, porque las “prestaciones” de este tipo de chasis son suficientes para las pretensiones de la moto en cuestión, pues para motocicletas pequeñas, medianas o turísticas, no se requieren de grandes prestaciones.

Según los pilotos profesionales, este tipo de chasis se comportan de una forma más brusca puesto que suelen tener unas rigideces altas, lo cual se traduce en deformaciones menores.

- Cuna cerrada

La característica principal de este chasis es el tubo que pasa por debajo del motor, anclándose al mismo formando, como su propio nombre indica, una cuna cerrada. Por la parte superior, desde la pipa de dirección hasta el eje del basculante pasa uno o dos tubos sobre el motor, los cuales serán los encargados de soportar la mayor parte de los esfuerzos derivados al chasis.

Se trata de un chasis utilizado en motocicletas de bajas prestaciones, pues la relación peso rigidez no es favorable.

En la actualidad no se utilizan en competición, pero tiempo atrás fueron utilizados en motocicletas de competición de baja cilindrada.



Figura 13: Chasis tubular de cuna cerrada.

- Cuna abierta

Es una variante del chasis de cuna cerrada. Su característica geométrica es que el perfil en la parte inferior está interrumpido al llegar al motor, siendo este el que cierra el conjunto. En este caso se utiliza el motor como estructura resistente.

Se trata de un chasis utilizado en motocicletas de baja cilindrada, pero actualmente se ha sustituido por chasis más modernos con mejores prestaciones, puesto que la relación precio rigidez no es óptima.



Figura 14: Chasis tubular de cuna abierta.

- Cuna desdoblada

Se trata de una variante del chasis de simple cuna, en el que de la pipa de dirección desciende un único tubo que se desdobra delante o debajo del motor, estos dos tubos anclan el motor y llegan hasta la parte del anclaje del basculante.

Con esta variación respecto al chasis de simple cuna original, se consigue una rigidez superior, por lo que este chasis se sigue utilizando en motocicletas de cross y enduro.

Se trata de un modelo de chasis que ha avanzado mucho en los últimos años por la versatilidad y prestaciones que ofrece a ciertas motocicletas.

Finalmente, cabe destacar que no es un chasis apto para la competición en circuito de velocidad.



Figura 15: Chasis tubular de cuna desdoblada.

- Cuna doble

Esta geometría de chasis tiene como característica principal que, desde la pipa de dirección bajan dos tubos los cuales forman la cuna del motor. En la parte superior, como en los anteriores, puede salir un tubo o dos desde la pipa hasta el eje del basculante.

Este tipo de chasis es más rígido que los de simple cuna ya que forman una estructura más sólida. En muchos casos la cuna o parte inferior del chasis va atornillada para facilitar su desmontaje a la hora de introducir el motor. Es usual en motocicletas tipo *custom*.

Este tipo de chasis no son utilizados en la actualidad ya que han sido sustituido por otros con mejores prestaciones, ya que ofrecía unas prestaciones bajas.

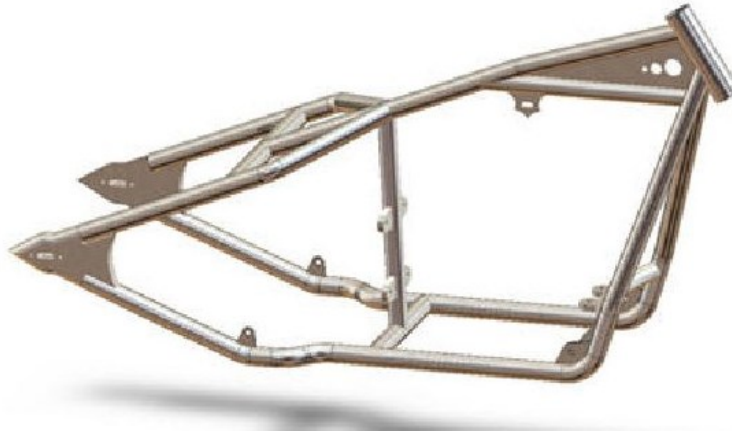


Figura 16: Chasis tubular de doble cuna.

- Multitubular

Este chasis consiste en dos principales ramificaciones de tubos colocados a modo de celosía. Estas ramificaciones van desde la pipa de dirección hasta el eje del basculante.

Se trata de una geometría que aporta mucha rigidez al conjunto debido a los tubos cortos que la forman, por lo que el comportamiento que ofrece a la motocicleta es poco favorable al paso por curva, pero ofrece mucha estabilidad.

Se suele fabricar en acero y es característico de ktm y ducati.

Durante años, ktm ha hecho uso de este tipo de chasis para sus motocicletas de la categoría reina de la competición en moto gp. Todos los pilotos que han pasado por el equipo comentaban que se trataba de una motocicleta difícil de gestionar por su elevada rigidez.

Los resultados de ktm en moto gp cuando hacían uso de este tipo de chasis eran poco competitivos, y gran parte del problema era el chasis multitubular que usaban en sus prototipos.



Figura 17: Chasis multitubular.

- Espina central

Se trata de un chasis con una geometría simple, consta de una viga que va de la pipa de dirección hasta el eje del basculante.

Se trata de un chasis muy económico, pero solo es utilizado en motocicletas de bajas prestaciones puesto que la rigidez que alcanza es muy baja, por lo que no puede ser utilizado en competición.



Figura 18: Chasis tubular de espina central.

3.4.2. DOBLE VIGA

El chasis de doble viga es el más utilizado hoy en día, tanto en motocicletas deportivas de calle como de competición de cualquier categoría. Su superioridad en cuanto a la relación prestaciones mecánicas-precio se ve acentuada en motocicletas de alta cilindrada, 600cc-1000cc. Es por esto por lo que, en las categorías más grandes de la competición, el predominio de este chasis es absoluto.

Dicho chasis consiste en una geometría de dos vigas que van de la pipa de dirección hasta el eje del basculante. La forma de estas dos vigas puede ser muy variante en función del fabricante, de la finalidad para la que se construye y de la motocicleta sobre la que se va a montar.

El material predominante para la fabricación de este tipo de chasis es el aluminio.

Dentro de los chasis de doble viga existen los siguientes:

- Doble viga cerrado.
- Doble viga abierto.

- Cerrado

El chasis de doble viga cerrado tiene como característica geométrica que la cuna donde el motor va anclado va desde la pipa de dirección hasta el anclaje del basculante. Dicha cuna consta de dos tubulares que abrazan al motor con tal de dejarlo fijo.

Este tipo de chasis sigue siendo utilizado en motocicletas de cross y enduro por necesidades geométricas y seguridad de protección para el motor.



Figura 19: Chasis doble viga cerrado.

- Abierto

Se trata de la misma geometría que el chasis anteriormente descrito pero el anclaje al motor se realiza mediante dos tirantes los cuales salen de las vigas laterales, pero no rodean al motor totalmente por abajo.

Este es el tipo de chasis más utilizado en competición, por tener un comportamiento muy favorable para la alta competición según los pilotos profesionales, por la gran versatilidad que proporciona al conjunto de la motocicleta.

Actualmente, se montan en la mayoría de las motocicletas de moto *gp*, *superbikes* y *supersport*.



Figura 20: Chasis doble viga abierto.

3.4.3. AUTOPORTANTE

El chasis autoportante es característico de las motocicletas de alta gama de ducati y ha sido utilizado durante muchos años por esta marca en la competición de superbikes y moto gp.

La geometría de este tipo de chasis es relativamente sencilla, pues consiste en dos vigas principales que salen de la pipa de dirección hasta anclarse con el motor. La característica principal es que, en este chasis, el motor trabaja como elemento estructural, aportando mucha rigidez al conjunto.

Poco a poco ducati intenta disminuir la excesiva rigidez que aporta este sistema cambiando la geometría de las dos vigas principales. Incluso en moto gp actualmente, hacen uso de un chasis de doble viga de aluminio.

Según los pilotos más punteros de la marca Ducati, en comentarios sobre el comportamiento del prototipo de moto gp del año 2011, el comportamiento de la moto era impredecible y no era capaz de trazar las curvas con suavidad, por lo que se debía “cruzar” mucho con el tren trasero para compensar esa falta de maniobrabilidad en las curvas.



Figura 21:Chasis aurtoportante.

3.4.4. OMEGA

Este chasis se llama así por su parecido a la letra griega omega Ω . Esto es debido a que la suspensión delantera es un basculante, con un mecanismo parecido al del basculante trasero.

Se trata de un chasis que ha caído en desuso por el incremento de peso que supone este mecanismo y por las extrañas sensaciones que describen los pilotos que han probado este tipo de sistema.

Según los pilotos las motocicletas que montaban este chasis se comportaban bien en marcha, siendo capaz de transmitir las reacciones de la rueda delantera, con una buena estabilidad y sin hundirse en las frenadas. A cambio, la dirección se sentía torpe y pesada en las maniobras y giraba poco, lo que requería de muchos movimientos.

Los dos claros exponentes de este tipo de chasis son la Yamaha GTS y la Bimota Tesi.



Figura 22: Chasis omega.

3.4.5. MONOCASCO

Se trata de un tipo de chasis que ha caído en desuso en el mundo de la competición por tener un comportamiento difícil para pilotar.

Consiste en un chasis que simula el típico monocasco utilizado en los coches, su geometría se basa en una estructura que envuelve el motor por su parte superior, conectando la pipa de dirección con el anclaje al basculante.

Fuera del mundo de la competición, es un chasis bastante utilizado por la ligereza, la manejabilidad y comodidad que ofrece y su bajo coste de fabricación.



Figura 23: Chasis monocasco.

3.4.6. IMPRESIÓN 3D

Este primer prototipo de chasis impreso en 3D fue llevado a cabo por un grupo de científicos de la universidad de Nebrija. Fue impreso en 3D y su peso aproximado es de 3,8 kg.

Se trata de un proyecto que está actualmente en desarrollo e investigación, pero los datos obtenidos hasta el momento son muy favorables.

El único inconveniente es que actualmente el proceso de fabricación es muy costoso y no se ha probado su funcionamiento en pista, por lo que se desconoce su aplicabilidad en el mundo de la competición.



Figura 24: Chasis impreso en 3D.

4. ANTECEDENTES.

4.1.LA COMPETICIÓN

Este proyecto surge de la participación de Elite Sports Team en la carrera privada de Private Champions sb600 basada en el campeonato supersport superstock 600, organizada en el circuito de Cheste (Valencia). Los días de competición son organizados por Dorna en colaboración con la FIM. Dicha competición tiene la finalidad de otorgar la oportunidad a pequeños equipos de demostrar el potencial de su motocicleta y de su piloto.

Se trata de una competición exclusivamente europea, donde 55 equipos, con una motocicleta cada equipo, se enfrentan en tres carreras, tras 2 días de entrenamientos libres y clasificación para dichas carreras.

Desde la organización, una vez realizada la inscripción de todos los equipos se establece un calendario y unos horarios para la competición y el desarrollo del prototipo, mostrado a continuación:

	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
LLEGADA AL CIRCUITO				
PUESTA A PUNTO DE LA MOTO				
RECONOCIMIENTO DEL CIRCUITO				
FP1				
FP2				
FP3				
Q1				
Q2				
CARRERA 1				
CARRERA 2				
CARRERA 3				

Tabla 1: Horarios de la competición.

Este año, se ha modificado ligeramente el reglamento cambiando como se va a realizar el reparto de puntos para los equipos, quedando del siguiente modo:

CARRERA	VUELTAS	POLE POSITION	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
CARRERA 1	25	5	25	20	15	10	8	6	4	3	2	1
CARRERA 2	10		10	8	6	4	3	2	1	0	0	0
CARRERA 3	25		25	20	15	10	8	6	4	3	2	1

Tabla 2: Reparto de puntos de la competición.

Los prototipos participantes en la competición deben ser modificaciones de motocicletas comerciales de calle, donde queda prohibida la participación directa de ingenieros de competición de equipos registrados en algún campeonato de la FIM o Dorna.

Los prototipos presentados por los 55 equipos deben pasar un proceso de evaluación en el que se establecerá si son aptos o no para participar.

Durante este proceso de evaluación se harán diversas comprobaciones. Se revisará tanto que se cumple el reglamento como que la motocicleta es totalmente segura para que pueda correr.

Para ello, se llevarán a cabo una serie de verificaciones técnicas de seguridad tanto estáticas como dinámicas.

En el caso de las verificaciones técnicas estáticas, se comprobará tanto la estabilidad de los elementos estructurales como su resistencia, sometiendo a la motocicleta a unos esfuerzos en una prensa.

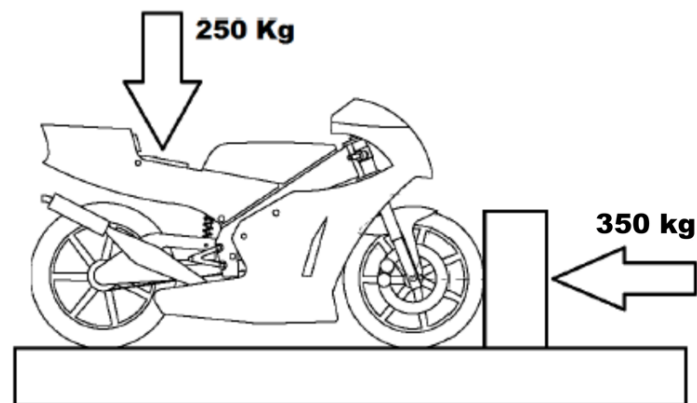


Figura 25: Cargas estáticas.

En cuanto a las verificaciones técnicas dinámicas, estas se emplearán para comprobar que el comportamiento global de la motocicleta es correcto, realizando una prueba de frenada y de aceleración. Además, un piloto experto realizará una vuelta al circuito con tal de comprobar que el comportamiento de la motocicleta es el correcto y no supone un peligro para el piloto.



Figura 26: Prueba dinámica.

La participación en este campeonato se desarrolla en 18 meses, desde que inicia el proceso de inscripción de los equipos hasta el día de las carreras. Para la participación, es necesario también haber realizado 2 días de pruebas del prototipo en el circuito anfitrión de la competición.

El calendario propuesto por la competición es el siguiente:

PERIOD	DATE	2022												2023											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Team Registration	20/04/2022				■	■																			
	04/05/2022					■																			
Stock Motorcycle Pres	11/05/2022					■																			
	31/05/2022																								
Project Development	01/06/2022																								
	31/01/2023																								
Delivery Project	01/02/2023																								
Test 1	26/05/2023																								
Test 2	11/08/2023																								
Competition	07/09/2023																								
	10/09/2023																								

Tabla 3: Calendario de la competición.

Como se puede apreciar en el calendario propuesto por la competición, el desarrollo del prototipo se divide en varias fases: el registro del equipo en la competición, el comunicado de la motocicleta de serie escogida por cada equipo, el desarrollo del proyecto y la entrega de la documentación del desarrollo del proyecto. Posteriormente, se realizan dos días de pruebas y finalmente los cuatro días de competición.

El registro del equipo en la competición consiste en la inscripción formal del equipo, presentando a todos los integrantes y al piloto.

A continuación, el comunicado de la motocicleta de serie escogida por cada equipo consiste en establecer la motocicleta que se va a disponer para modificar por cada equipo.

Posteriormente, se lleva a cabo el desarrollo de una memoria de cada proyecto dentro de todas las modificaciones realizadas a la motocicleta. Esto es para que el equipo de la organización pueda comprobar las modificaciones exactas de cada prototipo.

Más adelante, se realizan dos días de pruebas en los que el equipo utilizará para hacer pruebas del prototipo y recoger datos de su comportamiento. Es importante destacar que el equipo puede realizar cambios durante estas pruebas, los cuales deberán ser comunicados a la organización.

Finalmente, en septiembre se procede con los 4 días de competición. Durante el primer día, jueves, a cada equipo le es asignado un box dentro del circuito, donde se trasladará el prototipo para su puesta a punto y se revisará que todo esté correcto. Posteriormente, ese mismo día el equipo realizará una vuelta andando al circuito para su reconocimiento junto al piloto.

Al día siguiente, se llevan a cabo los dos primeros entrenamientos libres, con una duración de 45 minutos cada uno, en los que el equipo y el piloto intentarán conseguir una puesta a punto general de la motocicleta óptima para la carrera.

El sábado, se lleva a cabo el entrenamiento libre número tres, con una duración de treinta minutos, donde el equipo y el piloto tratarán de lograr una puesta a punto enfocada a la clasificación.

Posteriormente, se lleva a cabo la "Q1", que es donde los treinta equipos con peores tiempos en los entrenamientos libres luchan por un buen puesto en la salida de la primera y la segunda carrera.

Los 5 mejores prototipos pasan a luchar a la “Q2” junto al resto de equipos por las mejores posiciones posibles para dichas carreras. El primer clasificado en la “Q2” recibirá la primera puntuación del campeonato: cinco puntos.

Para concluir, el sábado se lleva a cabo la primera carrera a veinte vueltas con el orden de salida establecido en la “Q1” y “Q2”. El reparto de puntos del resultado de esta carrera se puede ver en Tabla 2: Reparto de puntos de la competición.

Al día siguiente, por la mañana, se lleva a cabo un pequeño calentamiento de 15 minutos para que los pilotos y equipos empiecen a trabajar y prepararse para las dos carreras restantes.

La primera carrera del domingo se realiza a 10 vueltas y el resultado de esta carrera define la parrilla de salida para la siguiente y última carrera.

Finalmente, la última carrera se lleva a cabo a medio día. Posteriormente, se hace el recuento total de puntos para cada equipo y se hace entrega de los premios.



Figura 27: Final de una carrera.

4.2. CHASIS ANTERIOR

Se procede a realizar un análisis del chasis y del comportamiento general de fábrica de la motocicleta escogida para ser modificada. Como se ha comentado anteriormente, la motocicleta escogida es una honda CBR 600 rr del año 2006 la cual tiene las siguientes especificaciones técnicas:

CHASIS, SUSPENSIÓN Y RUEDAS		ESPECIFICACIONES GENERALES	
ÁNGULO DE LANZAMIENTO	24º	MARCA	Honda
DIÁMETRO HORQUILLAS	95 mm	MODELO	cbr 600 rr
SUSPENSIÓN DELANTERA	Horquilla de cartucho invertido de 41 mm	AÑO	2006
RECORRIDO RUEDA DELANTERA	119 mm	CATEGORÍA	Deportiva
SUSPENSIÓN TRASERA	Amortiguación simple pro-link hmas		
RECORRIDO RUEDA TRASERA	130 mm		
NEUMÁTICO DELANTERO	120/70-zr17		
NEUMÁTICO TRASERO	180/55-zr17		
FRENO DELANTERO	Doble disco		
DIÁMETRO FRENO DELANTERO	310 mm		
FRENO TRASERO	Freno de disco		
DIÁMETRO FRENO TRASERO	220 mm		
DISTANCIA ENTRE EJES	1375 mm		

Tabla 4: Especificaciones honda cbr 600rr 2006.

El chasis que monta esta moto, con las características anteriormente mencionadas, es el siguiente:



Figura 28: Chasis honda cbr 600rr.



Figura 29: Honda cbr 600 rr sin carenado.

La motocicleta de serie monta un chasis doble viga de aluminio.

Para empezar a analizar el comportamiento de esa motocicleta, en rasgos generales ha sido descrita por pilotos profesionales como una moto dulce y fácil de pilotar. Como puntos fuertes esta moto tiene un paso por curva muy estable y una aceleración excelente, y como puntos débiles tiene poca estabilidad en frenada y una velocidad punta deficiente.

Otro punto débil de esta motocicleta es la suspensión trasera, cuyas sensaciones que transmite al piloto no son buenas, pues los accidentes más comunes en carrera de esta motocicleta eran por falta de agarre y malas prestaciones en la rueda trasera.

Con los datos anteriores se procede a representar la geometría básica mediante el programa SolidWorks:

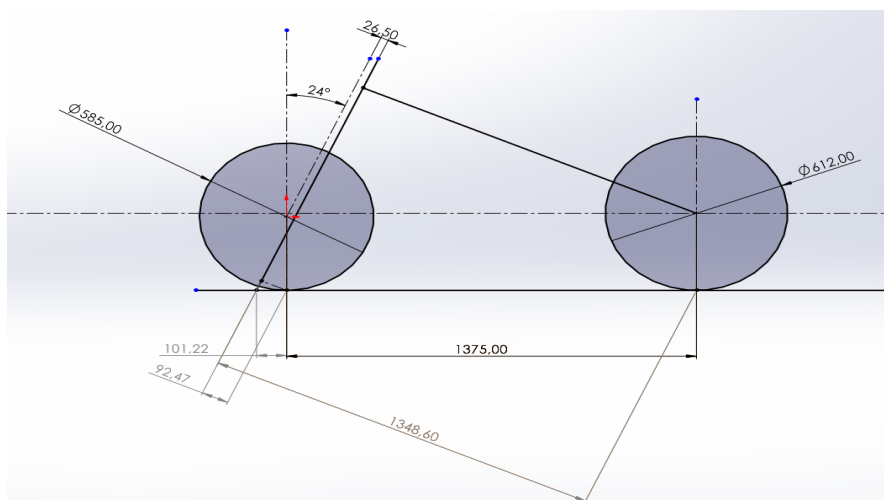


Figura 30: Geometría cbr 600rr.

4.3. ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA

Puesto que el campeonato en el que se basa esta competición es Super Sport 600, se procede a analizar los actuales prototipos de esta competición.

A continuación, se muestra una tabla con los datos geométricos de dichas motocicletas:

MOTO	GEOMETRÍA				TIPO
	AVANCE (mm)	ÁNGULO DE LANZAMIENTO (°)	DISTANCIA ENTRE EJES	MATERIAL	
Yamaha R6	97	24	1375	Aluminio	Doble viga
Mv Augusta F3	99	-	1436	Acero	Multitubular
Ducati Panigale V2	94	24	1412	Aluminio	Monobloque
Suzuki GSX-R 600	93	23,25	1400	Aluminio	Doble viga
Kawasaki zx-6r	-	23,5	1380	Aluminio	Doble viga

Tabla 5: Geometría de otras motocicletas.

- Yamaha R6r

La Yamaha r6 es el prototipo que domina actualmente en la categoría con 15 motocicletas de 28 que corren en el campeonato. Actualmente, en la temporada 2022, el líder del campeonato, con 145 puntos es Dominique Aegerter, piloto de una Yamaha r6.



Figura 31: Dominique Aegerter sobre una Yamaha r6.



Figura 32: Chasis de una Yamaha r6 2021.

Cabe destacar que, durante los últimos siete años, el mundial lo ha dominado Yamaha, ganando 2015 de forma consecutiva.

Es una moto que los pilotos describen como fácil de pilotar y que tiene un gran paso por curva. El comportamiento “dulce” del que hablan los pilotos, no solo es debido al chasis de la propia motocicleta, sino a su motor de cuatro cilindros en línea, el cual ofrece una potencia muy lineal.

En conclusión, esta es una motocicleta que domina en aquellos circuitos con curvas largas y rápidas, donde el paso por curva es extremadamente importante. Por el contrario, es una motocicleta “débil” en circuitos con curvas muy lentas y reviradas y en circuitos con rectas muy largas.

La característica destacable de esta motocicleta son sus vigas laterales con una curvatura pronunciada. Además, se observa sobre la pipa de dirección un elemento de refuerzo.

- MV AGUSTA F3

La mv agusta es una motocicleta relativamente nueva que actualmente no tiene gran adopción en este mundial y que solo es utilizada por un piloto que ocupa la decimoséptima posición del campeonato hoy en día.



Figura 33: Mv agusta F3.

Se trata de una motocicleta de la que aún no se tienen muchos datos, pues es modelo nuevo y sigue en continuo desarrollo. Monta un chasis multitubular de acero y un motor de tres cilindros en línea.

- DUCATI PANIGALE V2

La ducati panigale V2 es una versión pequeña de la ducati panigale V4r. Se trata de una motocicleta relativamente nueva, cuya hermana mayor, la v4, cuenta con una gran cantidad de victorias en la categoría reina del mundial wsbk.



Figura 34: Ducati panigale V2.

Esta moto también se encuentra actualmente en desarrollo y es la única en el campeonato que monta un motor con dos cilindros y un chasis autoportante.

El comportamiento de esta motocicleta, según los pilotos probadores de ducati, es bueno, pero se trata de una motocicleta difícil de hacer girar en curvas por la gran rigidez que ofrece el motor que actúa como elemento estructural en este tipo de chasis.

Se trata de una motocicleta muy fuerte en circuitos con curvas lentas y rectas largas, pero débil en circuitos con curvas largas y rápidas.

- KAWASAKI ZX-6R

La Kawasaki zx6r 600 es una motocicleta con mucho bagaje en el mundial y cuya hermana mayor, la zx-10r, ha sido campeona durante cinco años consecutivos en la categoría de wsbk.



Figura 35: Kawasaki zx6r.

Se trata, según los pilotos de esta marca, de una motocicleta muy versátil, muy ágil y estable en frenadas.

Esta motocicleta monta un motor de cuatro cilindros en línea y un chasis doble viga de aluminio.

Acumula triunfos y mejores resultados en circuitos con curvas largas y rápidas, en cambio en circuitos con rectas largas y curvas lentas tiene resultados algo peores.

4.4. ANÁLISIS DEL CIRCUITO

Para la elección del tipo de chasis que se va a utilizar se ha de conocer a fondo el circuito en el que se va a realizar la carrera con tal de conseguir una gran adaptación del prototipo.

Se trata del circuito Ricardo Tormo de Cheste, Valencia.



Figura 36: Circuito Ricardo Tormo de Cheste.

Desde la inauguración de este circuito, el 19 de septiembre de 1999, el Circuit de la Comunitat Valenciana Ricardo Tormo se ha convertido en un espacio emblemático, siendo anfitrión del campeonato de moto gp todos los años, del mundial de wsbk al completo y de los "test" de pretemporada de la F1.

Se trata de una pista con 4,6 km de longitud, 14 curvas en total y un ancho de pista de 12m.

El trazado del circuito es el siguiente:

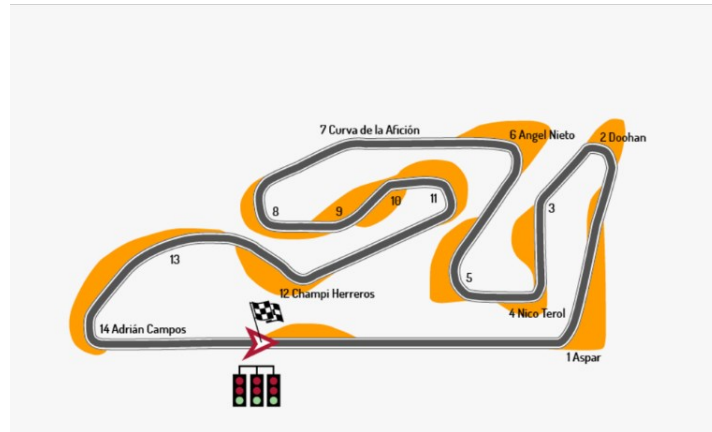


Figura 37: Trazado Circuito de Cheste.

Se procede a realizar un análisis del trazado:

El circuito da comienzo en la línea de meta, en la recta principal. En esta recta se llega a alcanzar una velocidad de unos 310 km/h, en la que, llegada a la curva Aspar se realiza una frenada hasta los 110 km/h. El circuito continúa con una corta recta en la que se alcanzan velocidades de 270 km/h, hasta llegar a la curva Doohan, la cual se toma a 74km/h. Posteriormente, se acelera hasta los 169 km/h aproximadamente y se frena hasta los 104 km/h para tomar la curva Nico Terol y la curva 5.

Después, se llega a la famosa curva Ángel Nieto y se acelera por la curva de la afición hasta alcanzar los 252 km/h para llegar a la curva 8, la cual se toma a 87 km/h. Se mantiene la velocidad hasta salir de la curva 11 y se acelera hasta los 203 km/h.

Posteriormente, se alcanza la curva Champi Herreros, a una velocidad aproximada de 124 km/h y posteriormente se alcanza una curva muy larga, la número 13, la cual se toma a una velocidad de 210 km/h hasta llegar a la última curva, la Adrián Campos, la cual se toma a 85 km/h. Se llega a la recta principal y se cruza meta.

En aspectos generales, el circuito tiene una velocidad media de 157 km/h y una velocidad media de paso por curva de 110 km/h.

A excepción de la curva 2, todas las curvas son rápidas y con un radio de curvatura grande.

En conclusión, se trata de un circuito donde premia mucho el paso por curva y no tanto la velocidad. Las frenadas tampoco son muy fuertes pues la mayoría de las curvas se encuentran encadenadas.

4.5. REGLAMENTO APLICABLE AL CHASIS

En este apartado se procede a extraer toda la normativa del reglamento FIM superstock 600 y el reglamento independiente de la competición. Cabe destacar, que este segundo, tiene la principal función limitar cierta normativa del primero con tal de otorgar más libertad a los equipos y más posibilidades a ciertos equipos con menos recursos.



Figura 38: Portada reglamento SuperStock 600.

En primer lugar, la organización invalida la norma la cual no se permite hacer uso de otro chasis que no sea el de serie. También, dicho reglamento permite, en contra de las normas de supersport, realizar cambios en el sistema de la suspensión trasera y del basculante de la motocicleta.

Cabe destacar que en el mundial de supersport o superstock, no se permite el uso de un chasis que no sea el de serie, así como muchos otros componentes que no son intercambiables. Es por esto por lo que desde la organización de la competición se redactó un reglamento que invalida ciertas normas presentes con tal de que los equipos puedan desarrollar sus prototipos para esta competición en particular.

En cuanto a la normativa de super sport/superstock 600, los siguientes puntos son los que afectan de forma directa en el diseño y construcción del chasis.

- El uso y peso del lastre debe ser declarado a los comisarios técnicos en los primeros controles preliminares. El lastre debe estar hecho de piezas metálicas sólidas, conectado de forma firme y segura, ya sea a través de un adaptador o directamente al chasis principal o motor, con un mínimo de 2 tornillos de acero
- Durante todo el evento, cada piloto puede usar únicamente una motocicleta completa, con el chasis claramente identificado con un precinto/pegatina. En caso de que el chasis necesite ser reemplazado, a causa de una caída o por seguridad, el piloto o el equipo deben solicitar el uso de un chasis de recambio al director técnico de la competición.
- El chasis pre-montado de recambio debe ser mostrado al director técnico para autorizar su reemplazo. El pre-montaje se limitará estrictamente a:
 - Chasis principal.
 - Rodamientos (dirección, basculante, etc.)
 - Basculante.
 - Bieletas traseras y su amortiguador
 - Tija inferior y superior.
 - Cableado. E

- Este chasis de recambio no estará autorizado dentro del box hasta que el equipo haya recibido la autorización del director técnico.
- Los laterales del chasis pueden protegerse con un recubrimiento en material compuesto más de 1,5 mm de grosor. Estas protecciones deberán tener la forma del chasis y dejar un espacio, como mínimo de 10 cm de largo por 5 cm de alto, en el lado derecho cerca del eje de dirección, para poder pegar en el chasis la pegatina de verificación.
- Se pueden instalar protectores contra colisiones en el chasis, usando los puntos existentes (longitud máxima 50mm), o en los extremos de los ejes de las ruedas (longitud máxima 30mm). Sin excepción, los ejes de las ruedas no se pueden modificar.
- Todas las motocicletas deben llevar grabado un número de identificación en el chasis (número de chasis).
- Los soportes y las placas de soporte del motor deben ser los producidos originalmente por el fabricante para la motocicleta homologada.
- El subchasis frontal /soporte de carenado puede ser cambiado o alterado, alterado, pero el uso de titanio y/o carbono (o materiales compuestos similares) está prohibido.
- El subchasis o parte trasera del chasis puede ser cambiado o modificado.
- Los tipos de pintura no son restrictivos, pero el pulido del chasis o de la parte trasera del subchasis no está autorizado.
- El uso de titanio en la construcción del chasis, las horquillas delanteras, el manillar, basculante, ejes basculante y eje de las ruedas está prohibido. Para ejes de ruedas, el uso de aleaciones ligeras también está prohibido.

5. DATOS DE PARTIDA

5.1. CONCEPTO “SUPER SPORT 600”

Supersport se introdujo como una clase soporte al Campeonato Mundial de Superbike en 1990 como un Campeonato Europeo. El campeonato permite motores de cuatro cilindros de hasta 600 centímetros cúbicos, motores de tres cilindros de hasta 675 centímetros cúbicos y motores bicilíndricos de hasta 750 centímetros cúbicos.

Actualmente, esta categoría es conocida como el puente para acceder al campeonato de Superbikes, aunque hay casos de pilotos que han pasado de super sport al campeonato de moto gp.

Se compite con motos de serie adaptadas al máximo para la competición, modificando ciertos elementos con tal de conseguir más potencia y mejores prestaciones generales.

5.2. COMPONENTES QUE SE VAN A UTILIZAR

5.2.1. MOTOR

Puesto que la moto escogida para este proyecto es una CBR 600 rr del 2006, el motor utilizado es el de esa misma motocicleta, pero se le va a añadir una centralita de potencia para competición de alto rendimiento.



Figura 39: Centralita de potencia de competición Dynojet.

Las características del motor mencionado anteriormente sin aplicar el reglaje para la centralita de potencia son las siguientes:

MOTOR Y TRANSMISIÓN	
CILINDRADA	599 cc
TIPO DE MOTOR	Motor de cuatro tiempos en línea
COMPRESIÓN MOTOR	12:1
VÁLVULAS POR CILINDRO	4
ADMISIÓN	Admisión por inyección electrónica
CONTROL DE COMBUSTIBLE	Doble árbol de levas en cabeza (DOHC)
ENCENDIDO	Encendido digital por transistores
REFRIGERACIÓN	Refrigeración líquida
TRANSMISIÓN	6 marchas
TRANSMISIÓN FINAL	Cadena
POTENCIA	110 cv

Tabla 6: Características motor CBR 600rr.

Puesto que el motor no se puede modificar, éste es el que dictaminará las medidas finales del chasis propuesto para diseño. El motor presentado para competir junto a sus medidas es el siguiente:

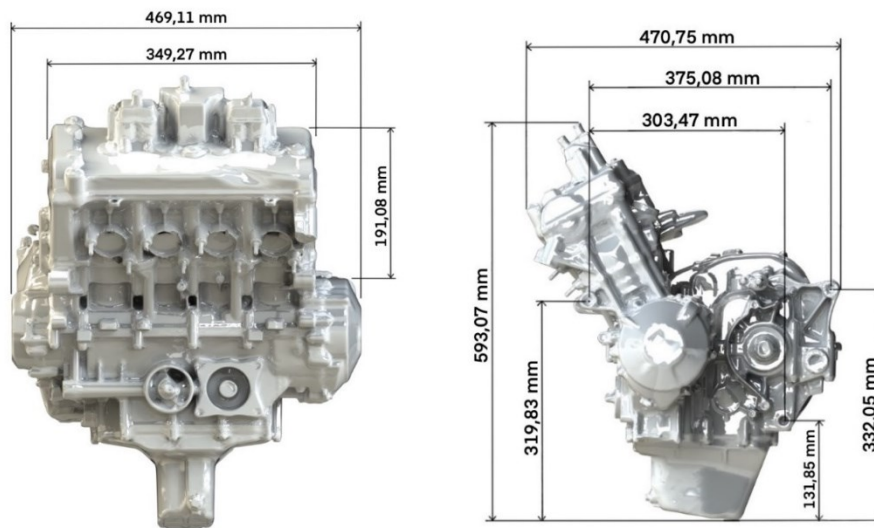


Figura 40: Medidas motor honda CBR 600rr.

A partir de estas medidas se diseñarán los chasis propuestos en este proyecto.

5.2.2. SUSPENSIÓN DELANTERA

El sistema de suspensión delantera está formado por la horquilla de la motocicleta. En este caso, existían dos posibilidades, dejar la suspensión de la moto actual o modificarla para mejorar sus prestaciones. Para esto se debe analizar cada opción por separado.

La suspensión delantera es de horquilla invertida 41 mm, con reglajes de precarga, compresión y extensión. Según los comentarios de algunos pilotos y de gente con esta motocicleta, dicha horquilla solía presentar problemas de fiabilidad.

La distancia desde el eje de la rueda hasta la parte superior de la pipa de dirección es de 700 mm.



Figura 41: Horquillas honda CBR 600rr.

Debido a que no se pueden utilizar otras horquillas por restricción del reglamento, se procede a realizar modificaciones sobre la misma.

Las modificaciones realizadas son las siguientes:

- Cambio de las tapas de la horquilla para permitir el ajuste externo.
- Sustitución de los retenes por otros con mayor fiabilidad.
- Instalación de kit de amortiguación de competición.

Con esto, se logra un aumento de las prestaciones y de la fiabilidad, lo cual conlleva un mejor comportamiento de la motocicleta sobre todo en el tren delantero. Esto significa que el piloto tendrá mejores sensaciones sobre la rueda delantera. Lo cual es de gran importancia, pues durante el proceso de entrada a curva, el tren delantero es siempre crítico.

El modelo cad utilizado en los ensamblajes posteriores es el siguiente:

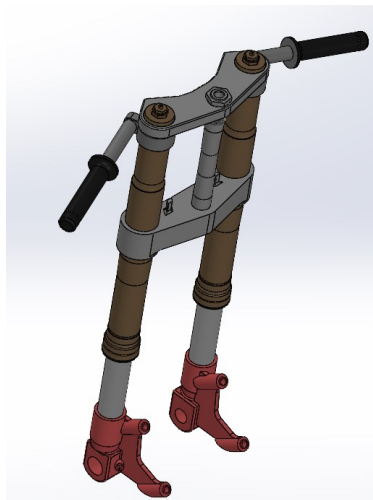


Figura 42: Modelo cad horquillas CBR 600rr.

5.2.3. SUSPENSIÓN TRASERA

La suspensión trasera sí puede ser cambiada por otra distinta según el reglamento. Es por esto, que observando las grandes ventajas que proporcionan los sistemas de suspensión trasera más modernos, se decide cambiar el original de la motocicleta por la suspensión de la *Aprillia tuono v4*.



Figura 43: Amortiguador trasero Aprillia Tuono v4.

Se trata de un mono amortiguador Öhlins regulable de 130 mm de recorrido, el cual es considerado uno de los mejores amortiguadores del mercado por su gran calidad y fiabilidad. Se trata de una variante directa del modelo empleado por las fábricas de moto gp.

El modelo cad utilizado en los ensamblajes posteriores es el siguiente:

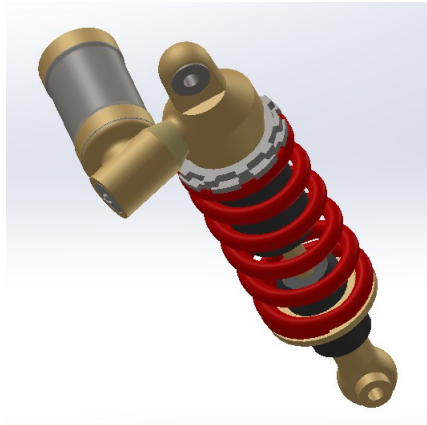


Figura 44: Modelo cad suspensión trasera Aprilia tuono v4.

5.2.4. CARENADO

Se denomina carenado al revestimiento externo que se adapta al chasis con fines principalmente aerodinámicos, aunque también estéticos y por mantenimiento.

Atendiendo al reglamento técnico, el carenado que se utilizará será el mismo que el original de circuito, es decir, sin orificios para luces ni porta matrículas, pues todo el sistema eléctrico de luces y los componentes innecesarios serán eliminados al completo para reducir el peso total del conjunto.



Figura 45: Carenado de competición honda CBR 600rr.

Según el reglamento, se pueden instalar sistemas de *airbox*, por lo que en caso de añadir este sistema se debería realizar una pequeña modificación dentro del reglamento de la parte frontal del carenado.

Cuando esta moto fue fabricada en serie, se fabricaron también algunas versiones del carenado en fibra de carbono. Es por esto por lo que el equipo tratará de conseguir esta versión con tal de reducir el peso global de la motocicleta.

5.2.5. TRANSMISIÓN

El sistema de transmisión es el encargado de transmitir a la rueda trasera el par suficiente para poner en movimiento la motocicleta desde parado.

El sistema de transmisión utilizado será el siguiente

- Compuesto de cadena DID modelo 525 ZVM-X.
- Relación de piñón y corona como la original 16/42.



Figura 46: Kit de cadena y transmisión D.I.D.

Se emplea esta relación de transmisión puesto que supone un comportamiento menos agresivo del prototipo y facilita una mejora conjunta del paso por curva, en un circuito donde es muy importante.

5.2.6. BASCULANTE

El basculante es uno de los elementos que forman el sistema de suspensión de la moto. Es la pieza que conecta el eje de la rueda trasera con el chasis y que permite el libre movimiento de la rueda trasera en plano vertical y lo restringe en el horizontal.

Debido a las restricciones de reglamento respecto al basculante, se hará uso del original de la motocicleta.



Figura 47: Basculante honda CBR 600rr.

Se trata de un basculante de doble viga de aluminio, con un peso aproximado de 20 kg, que ofrece buenas prestaciones para competición.

Como no se cuenta con un modelo cad exacto, para los ensamblajes se hará uso de una simplificación con las mismas medidas, mostrada a continuación:

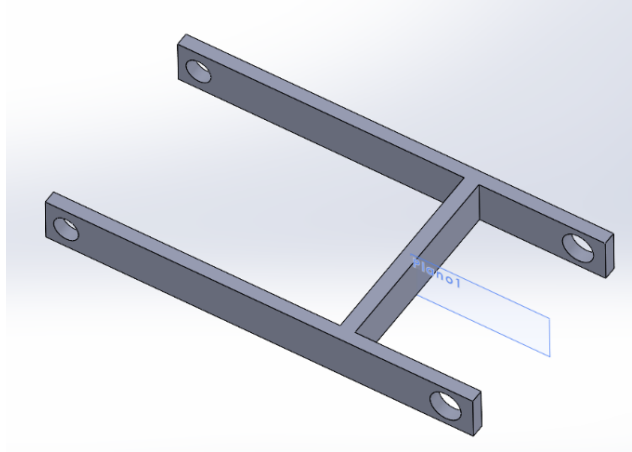


Figura 48: Cad simplificado del basculante de una honda CBR 600rr.

5.2.7. LLANTAS Y NEUMÁTICOS

Según el reglamento, las llantas utilizadas deben ser las originales del modelo de la motocicleta, por lo que se van a utilizar las siguientes llantas de 17 pulgadas:



Figura 49: Llanta honda CBR 600rr.

En cuanto a los neumáticos a emplear, la organización de la carrera establece, en contra de la normativa super sport, que los neumáticos serán los que ellos mismos consideren. Esto es porque el proveedor oficial de la FIM decidió no aportar este material.

Se van a hacer uso de unos neumáticos *dunlop gp racer sliik* de las siguientes medidas:

- Delante: 120/70 17".
- Detrás: 190/55 17".

El significado de estas medidas se ve reflejado en la siguiente fotografía:

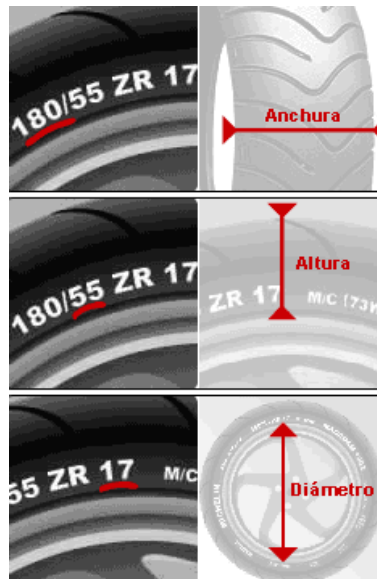


Figura 50: Guía medidas neumáticos.

Las características de los neumáticos elegidos son las siguientes:

D/T	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	C/V	TT/TL	PRESIÓN NORMAL DE FUNCIONAMIENTO *1	CONFIGURACIÓN EN FRÍO (AMBIENTE)	CONFIGURACIÓN EN CALENTADORES (60' @ 80 °C)	PRESIÓN MÍNIMA DE FUNCIONAMIENTO *2	CÓDIGO
DELANTERO	17	120/70R17 TL SX GP RACER SLICK D212 M		TL	2.40 - 2.50	2.1	2.30 - 2.40	2.4	634642
TRASERO	17	190/55R17 TL SX GP RACER SLICK D212 E		TL	1.40 - 1.60	1.00 - 1.10	1.35 - 1.45	1.3	634644

Figura 51: Características dunlop gp racer slik.

5.2.8. SISTEMA DE FRENADO

El sistema de frenado utilizado es el original de la motocicleta a excepción de una modificación que se ha realizado.

Por lo general, ofrece muy buenas prestaciones de frenado con el pequeño inconveniente del sobre calentamiento, pues no son frenos de competición. Por ello, la modificación realizada ha sido la sustitución de los pistones de aleación ligera por pistones de acero con tal de mejorar la transferencia de calor.

Las características del sistema de frenado utilizado son las siguientes:

- Freno delantero: 2 discos de 310 mm de diámetro, con pinzas de freno de 4 pistones y anclaje radial.
- Freno trasero: 1 disco de 220 mm con pinza de freno de simple pistón.



Figura 52: Sistema de frenado honda CBR 600rr.

5.2.9. OTROS DATOS NECESARIOS

- Masa aproximada del conjunto de la motocicleta en seco: 175 kg.
- Masa de líquidos totales: 17 kg.
- Masa del piloto con indumentaria: 86 kg.
- Diámetro rueda delantera: 585 mm.
- Diámetro rueda trasera: 612 mm.

6. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

6.1. ESTÁTICA Y DINÁMICA DE LA MOTO

6.1.1. MOVIMIENTOS ANGULARES

Se establecen los principales movimientos angulares que más afectan a la motocicleta. Son los siguientes:

Cabeceo: Se establece como cabeceo todas las oscilaciones del vehículo en su plano longitudinal. Se entiende como ángulo de cabeceo aquel que forma el eje longitudinal del vehículo con el plano horizontal durante las oscilaciones.

Guiñada: El movimiento de guiñada es aquel que se produce alrededor del eje vertical y ocurre cuando se realiza un giro en una curva o diferentes perturbaciones como el aire.

Inclinación: La inclinación se lleva a cabo cuando la moto toma una curva.

Todos estos movimientos ocurren sobre la motocicleta cambiando la distribución de masas de la motocicleta. Esto es debido del efecto de inercia alrededor de cada eje.

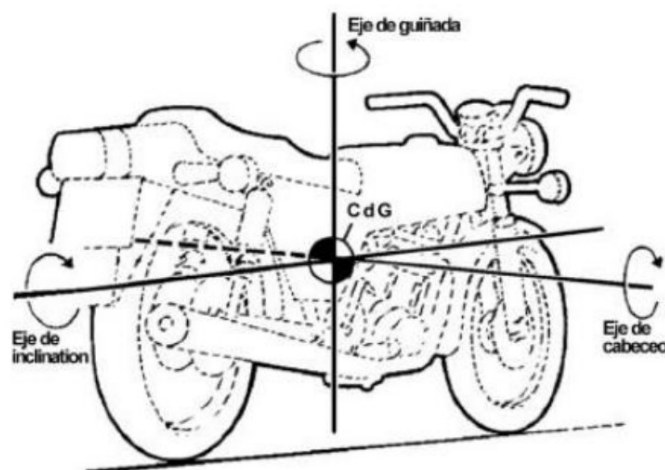


Figura 53: Movimientos angulares de una motocicleta.

6.1.2. NEUMÁTICOS

Durante el paso de los años, los neumáticos han cambiado mucho su composición y prestaciones, proporcionando en la actualidad mucha más adherencia, lo cual conlleva una mejora de prestaciones global de la motocicleta, sobre todo en el paso por curva.

Esto significa que se pueden utilizar motores más potentes y se consiguen inclinaciones de paso por curva mucho mayores. El récord actual de inclinación es de 68° respecto de la vertical.



Figura 54: Marc Marquez inclinando la motocicleta a 68°.

Esto conlleva un mayor trabajo del chasis y del basculante, puesto que, en estos ángulos de inclinación, estos son los encargados de absorber las irregularidades del terreno.

Durante la carrera, se producirán los siguientes fenómenos sobre los neumáticos, los cuales son objeto de estudio:

- Ángulo de deriva

Durante la toma de una curva a velocidades altas, se produce una deformación de la cubierta del neumático, lo cual produce una variación notable en la trayectoria.

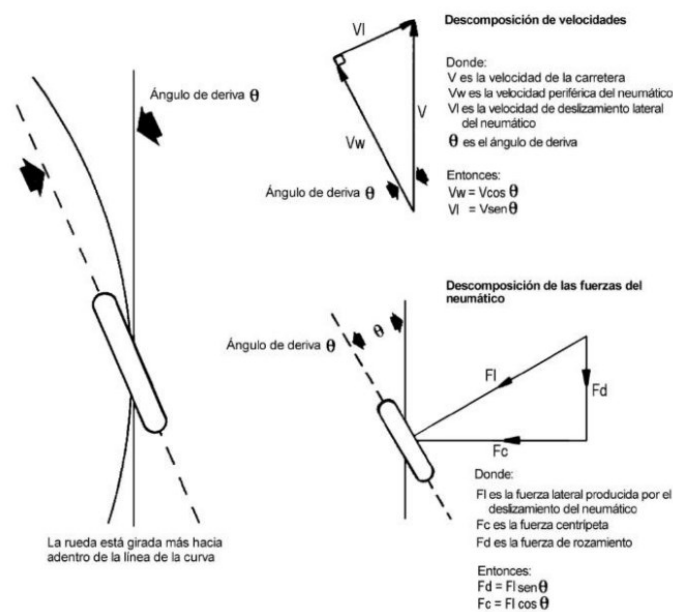


Figura 55: Fuerzas y velocidades durante el ángulo de deriva.

Según la calidad y el tipo de neumático, así como del tipo de curvas que se toman, los ángulos de deriva variarán, e incluso entre neumáticos delantero y trasero.

Dependiendo de esta diferencia de ángulo de deriva, la moto tendrá un comportamiento u otro. Si el ángulo de deriva delantero es mayor que el trasero se producirá un mayor subviraje, en cambio, si es al contrario, se producirá sobreviraje.

- Distancia entre ejes

La distancia entre ejes es la longitud medida en milímetros que hay entre los ejes de ambas ruedas.

Este parámetro determina en gran medida el comportamiento de una motocicleta. A mayor distancia entre ejes, mejor estabilidad direccional de la motocicleta, lo cual implica una mayor dificultad de paso por curva. En cambio, con una distancia entre ejes menor, se consigue mayor agilidad.

Es por esto, que los valores geométricos se pueden adaptar en función del tipo de curvas del circuito en el que se va a competir. Si se trata de un circuito con curvas cerradas y cortas la geometría será totalmente diferente que para un circuito con curvas largas y rápidas.

Analizando la competencia y los estándares utilizados actualmente para motocicletas de este tipo, el valor suele estar en un rango de 1370 y 1420mm. Las motocicletas más ágiles rondan valores de 1370 a 1380 mm, en cambio las motocicletas más estables rondan valores superiores a 1400mm.

- Avance

Gran parte de la estabilidad direccional de una motocicleta, tanto en recto como en el paso por curva, se gestiona mediante el avance.

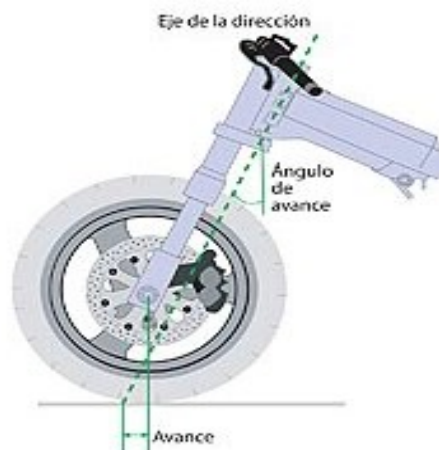


Figura 58: Avance de una motocicleta.

El avance se mide como la intersección en el plano horizontal del eje de la dirección con la línea vertical del centro del neumático.

Esto conlleva, mediante el estudio del comportamiento de la motocicleta, que, un avance positivo se refleja en una mayor estabilidad debido a que se generan fuerzas de autoalineación sobre la rueda.

Los valores de avance para este tipo de motocicletas deportivas se establecen entre 75 y 90 mm.

Un avance superior a los 120 milímetros nos dará una gran sensación de estabilidad en rectas, pero será una gran desventaja en maniobras donde se requiera de agilidad, como en las maniobras evasivas.

Un avance mayor dará a la moto mayor estabilidad, pero menor agilidad, y un avance menor dará a la moto menor estabilidad, pero mayor agilidad.

Finalmente, cabe destacar que el valor verdaderamente importante es el avance normal, que es el cual determina la longitud de las palancas de las fuerzas, el cuál podemos apreciar en Figura 58: Avance de una motocicleta.

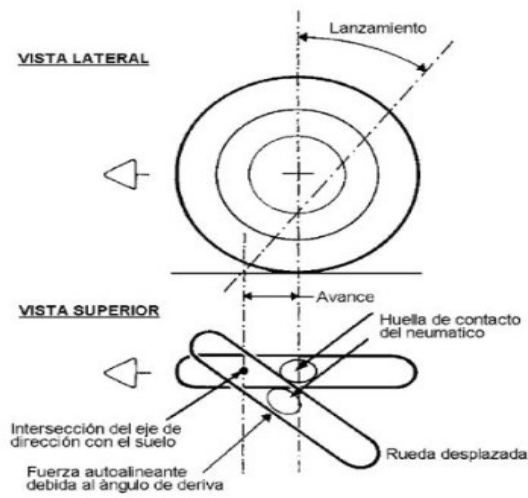


Figura 59: Diagrama del avance.

- Lanzamiento

El ángulo de lanzamiento es el ángulo que forma el eje de dirección respecto de la vertical. El valor del ángulo de lanzamiento y el de avance son dependientes, puesto que, para obtener un óptimo comportamiento de la motocicleta, se debe conseguir una relación de proporción específica entre estos, lo cual se verá en el apartado GEOMETRÍA.



Figura 60: Ángulo de lanzamiento.

Sobre el ángulo de lanzamiento también interviene el descentramiento (offset) como podemos ver en la siguiente imagen, que con el mismo avance se obtienen ángulos de lanzamiento distintos:

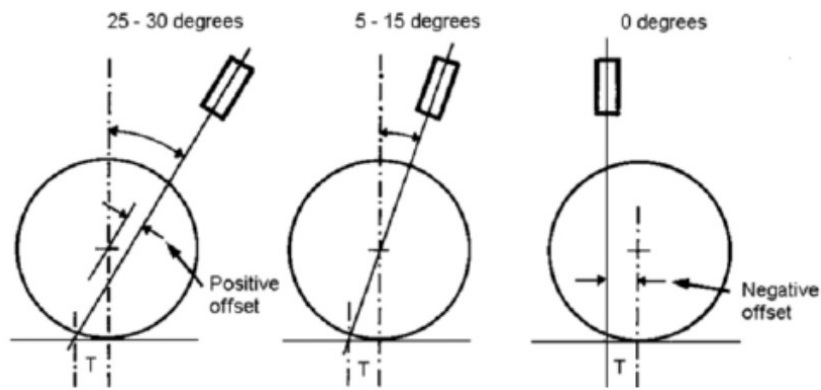


Figura 61: Valores de avance según el descentramiento,

Los valores más comunes de ángulo de lanzamiento para motocicletas de media cilindrada son entre 19 a 24º.

Puesto que el ángulo de giro de la dirección de una motocicleta deportiva es muy bajo, el ángulo de lanzamiento no repercutirá gravemente sobre el comportamiento del prototipo. Es por esto que el valor de este ángulo se establecerá con tal de cumplir una serie de relaciones geométricas explicadas en el apartado GEOMETRÍA.

- Descentramiento

El descentramiento u offset, es la distancia normal que hay entre el eje de la dirección y el eje que pasa por el centro de la rueda:

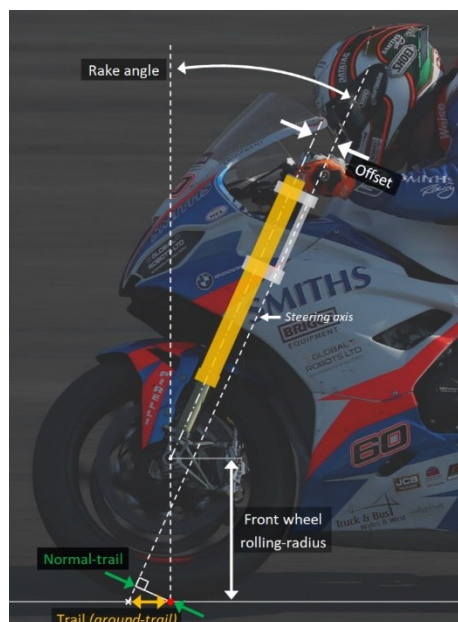


Figura 62: Descentramiento de una motocicleta.

El valor del descentramiento es de gran importancia, puesto que este determinará en gran medida el valor del avance y unas ciertas relaciones geométricas que se verán posteriormente.

- Centro de gravedad

El centro de gravedad es el punto de un cuerpo en el que, si se aplicara una sola fuerza vertical, tendría el mismo efecto que la suma de las acciones de la gravedad sobre todos sus puntos.

Para la construcción del prototipo, con tal de mejorar la estabilidad en recta y en paso por curva, se intentará que dicho punto se encuentre lo más bajo posible, por lo que la posición del motor, así como de otros elementos pesados siempre será lo más baja posible.

- Conclusión de la geometría

Como conclusión de la geometría básica de la moto, se establecen una serie de parámetros a determinar, con tal de determinar el tipo de comportamiento deseado en el prototipo. Se debe realizar un diseño óptimo para la función de la moto y en este caso, para el circuito en el que se va a correr.

6.1.4. "SQUAT Y DIVE"

Durante una competición de motociclismo, las aceleraciones y las frenadas son siempre bruscas, lo cual implica fuertes inercias y cambios bruscos del reparto de masa del conjunto del prototipo, por lo que establecer una geometría correcta para que el comportamiento del prototipo se adapte al máximo al estilo de conducción del piloto, es esencial.

Los casos más extremos que se dan en las aceleraciones bruscas y en las frenadas fuertes son una rotación hacia atrás, conocida como *squat*, y una rotación hacia adelante conocida como *dive*.



Figura 63: Squat.



Figura 64: Dive.

El fenómeno squat es totalmente perjudicial durante la carrera, pues limita la aceleración de la motocicleta en la salida de curva. Esto es porque la potencia que se transmite del motor a la rueda trasera es tanta, que la rueda delantera no puede mantenerse pegada al suelo, y si no se intenta evitar al máximo dicho fenómeno, la moto sería muy difícil de pilotar.

Para conseguir un efecto de *anti-squat* se deben tener en cuenta los ángulos de la cadena y del basculante, así como la posición del anclaje de la suspensión.

Para empezar el análisis del anti-squat del prototipo, se debe conocer el punto donde se obtiene una relación de anti-squat del 100%. Este punto, como se puede apreciar en la siguiente imagen, se obtiene prolongando las líneas del basculante y la cadena hacia arriba. Después, se hace pasar una línea desde el contacto de la rueda trasera el suelo, por el punto obtenido anteriormente.

Se prolonga esta recta hasta la vertical del contacto de la rueda delantera con el suelo, y la diferencia con la parte alta del neumático delantero será el *squat ratio*:

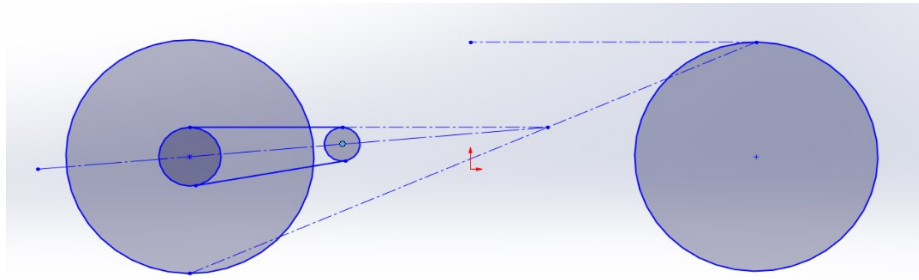


Figura 65: Squat ratio.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que cuando más afecta el “squat” es en el proceso de aceleración y la moto en ese momento cuenta con algo de inclinación y con ello una ligera compresión del amortiguador, se buscará obtener un valor de “anti-squat” superior al 100% con la moto recta.

Respecto al dive, este fenómeno es uno de los más críticos en lo que al comportamiento de la motocicleta se refiere. Esto es porque afecta en el momento de entrada a curva, uno de los puntos más determinantes de la carrera.

Durante el proceso de frenada, se produce un reparto de cargas hacia delante, lo cual conlleva un hundimiento brusco de las horquillas delanteras, lo cual supone un cambio en la geometría de la motocicleta, afectando a su comportamiento.

6.1.5. RIGIDEZ

Como se ha comentado anteriormente, en el apartado METODOLOGÍA, uno de los factores que más va a afectar sobre el comportamiento de una motocicleta es la rigidez del chasis.

Es por esto, que se debe buscar una rigidez del conjunto del chasis y del subchasis alta con tal de mantener una estabilidad direccional buena. Un exceso en la rigidez del bastidor implicaría mucha estabilidad, pero un comportamiento del prototipo difícil de gestionar.

Es por esto por lo que se realizará un estudio en detalle del chasis diseñado, con tal de obtener unos valores adecuados para un buen comportamiento enfocado al circuito en el que se va a competir.

Por lo tanto, se establece que la rigidez longitudinal y torsional debe mantenerse altas, proporcionando una buena estabilidad al conjunto de la motocicleta. En cambio, la rigidez lateral debe mantenerse en valores que permita al chasis tener cierta flexión controlada con tal de mejorar el paso por curva en un circuito que es tan importante.

Siguiendo una guía de referencia de valores de rigidez para motocicletas de 600 c.c a 1000 c.c, se van a tomar los siguientes valores como las rigideces objetivo para el diseño del bastidor:

-Rigidez torsional: de 3 a 7 kN/°.

-Rigidez longitudinal: de 2 a 7 kN/mm.

-Rigidez lateral: de 1 a 3 kN/mm.

Para llevar a cabo dicho estudio de la rigidez del chasis, se van a llevar a cabo simulaciones y cálculos específicos para cada rigidez.

- Rigidez torsional

Como se puede apreciar en la imagen siguiente, se mide dicha rigidez mediante la simulación de unas cargas aplicadas sobre la pipa de dirección, formando un par torsor sobre el chasis.

Esta rigidez será la única que no será calculada puesto que se ha demostrado que los cálculos actuales no hacen referencia a la realidad, por lo que se han obviado por la inexactitud que ofrecen.

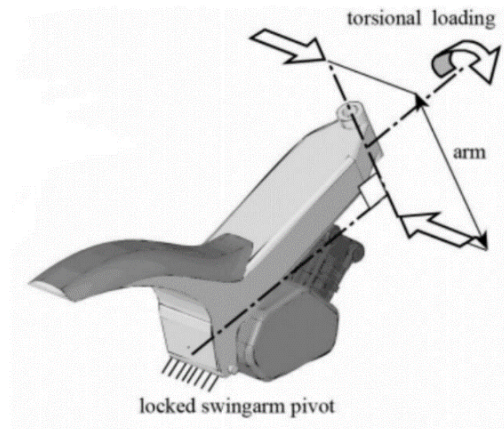


Figura 66: Rigidez torsional.

- Rigidez longitudinal

Se entiende como rigidez longitudinal la medida cuantitativa de la oposición a la deformación elástica del chasis sobre su eje longitudinal. Se mide como la fuerza necesaria para desplazar el chasis 1 mm.

Se puede observar en la siguiente imagen, que la aplicación de esfuerzos es igual que en la prueba de la prensa horizontal a la que se someterá la motocicleta.

Se calculará la rigidez longitudinal como:

$$R_{long} = \frac{F}{d_{max}}$$

Siendo F la fuerza aplicada y d_{max} el desplazamiento máximo del conjunto del chasis.

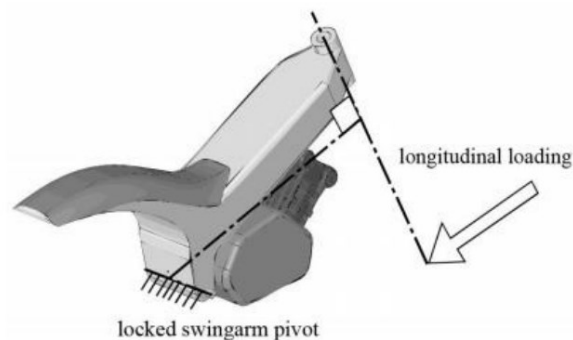


Figura 67: Rigidez longitudinal.

- Rigidez lateral

Se entiende como rigidez lateral la medida cuantitativa de la oposición a la deformación elástica del chasis sobre su eje transversal. En este caso, se realizará una simulación aplicando una carga de 1 kN sobre la cara lateral de la pipa de dirección.

Se calculará esta rigidez haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$R_{lat} = \frac{1kN}{d}$$

Siendo d el desplazamiento máximo del conjunto del chasis.

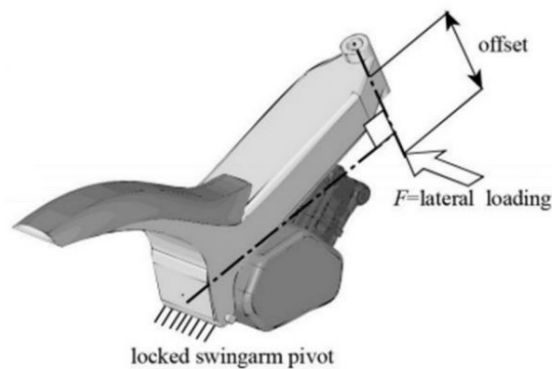


Figura 68: Rigidez lateral.

6.2. MATERIALES

Durante la historia del motociclismo se han empleado un gran número de materiales para la fabricación de chasis, siempre buscando la manera de disminuir el peso del conjunto de la motocicleta y mejorar las prestaciones de esta.

A medida que iba evolucionando el diseño, los materiales que han perdurado hasta día de hoy son el acero, el aluminio, la “fibra de carbono”, el titanio y el magnesio.

6.2.1. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

- Acero

El acero es el material más empleado. Se trata de una aleación de hierro y carbono en el que el porcentaje de carbono varía entre el 0.03% y el 2%.

Sus principales características generales son las siguientes:

- Punto de fusión: 1375 °C.
- Alta tenacidad.
- Cierta ductilidad.
- Buena maleabilidad.
- Fácil de mecanizar.
- Fácil de soldar.
- Alta conductividad eléctrica.
- Débil frente a corrosión.

Aporta gran rigidez al conjunto de la motocicleta, y es por esto por lo que se emplea mucho en este sector.

Existe una gran variedad de aceros aleados con diversos materiales y tratados de muchas formas distintas. La siguiente tabla hace referencia a la clasificación de los aceros según la norma UNE-36010.

Serie	Grupo	Denominación	Descripción
Serie 1	Grupo 1	Acero al carbono.	Son aceros al carbono y por tanto no aleados. Cuanto más carbono tienen sus respectivos grupos son más duros y menos soldables, pero también son más resistentes a los choques. Son aceros aptos para tratamientos térmicos que aumentan su resistencia, tenacidad y dureza. Son los aceros que cubren las necesidades generales de la Ingeniería de construcción tanto industrial como civil y comunicaciones.
	Grupos 2 y 3	Acero aleado de gran resistencia.	
	Grupo 4	Acero aleado de gran elasticidad.	
	Grupo 5 y 6	Aceros para cementación.	
	Grupo 7	Aceros para nitruración.	
Serie 2	Grupo 1	Aceros de fácil mecanización.	Son aceros a los que se incorporan elementos aleantes que mejoran las propiedades necesarias que se exigen las piezas que se van a fabricar con ellos como, por ejemplo, tornillería, tubos y perfiles en los grupos 1 y 2. Núcleos de transformadores y motores en los aceros del grupo 3, piezas de unión de materiales férricos con no férricos sometidos a temperatura en el grupo 4, piezas instaladas en instalaciones químicas y refinerías sometidas a altas temperaturas los del grupo 5.
	Grupo 2	Aceros para soldadura.	
	Grupo 3	Aceros magnéticos.	
	Grupo 4	Aceros de dilatación térmica.	
	Grupo 5	Aceros resistentes a la fluencia.	
Serie 3	Grupo 1	Aceros inoxidables.	Estos aceros están basados en la adición de cantidades considerables de cromo y níquel a los que se suman otros elementos para otras propiedades más específicas. Son resistentes a ambientes húmedos, a agentes químicos y a altas temperaturas. Sus aplicaciones más importantes son para la fabricación de depósitos de agua, cámaras frigoríficas industriales, material clínico e instrumentos quirúrgicos, pequeños electrodomésticos, material doméstico como cuberterías, cuchillería, etc..
	Grupos 2 y 3	Aceros resistentes al calor.	
Serie 5	Grupo 1	Acero al carbono para herramientas.	Son aceros aleados con tratamientos térmicos que les dan características muy particulares de dureza, tenacidad y resistencia al desgaste y a la deformación por calor. Los aceros del grupo 1 de esta serie se utilizan para construir maquinaria de trabajos ligeros en general, desde la carpintería y la agrícola (aperos). Los grupos 2,3 y 4 se utilizan para construir máquinas y herramientas más pesadas. El grupo 5 se utiliza para construir herramientas de corte.
	Grupos 2, 3 y 4	Acero aleado para herramientas.	
	Grupo 5	Aceros rápidos.	

Figura 69: Clasificación de los aceros según norma UNE-36010.

Realizando un análisis sobre la tabla anterior, destacan para la fabricación del chasis los aceros de la serie 2 y de los grupos 1 y 2, obteniendo de estos unas propiedades mecánicas favorables para elementos estructurales y son de fácil mecanización.

La serie 2 de los de los aceros, a diferencia de la serie 1, incorpora elementos aleantes que tienen el objetivo de modificar y mejorar las características iniciales del acero.

En este documento la designación de los aceros será en base a la norma EN 10025-1:2005 de aceros estructurales.

El funcionamiento de esta norma para designar los aceros es el siguiente:



Figura 70: Designación de los aceros.

Es importante tener en cuenta que las solicitaciones que va a sufrir un chasis durante su funcionamiento van a ser normalmente inferiores al límite elástico del material, excepto en caso de impacto por caída fuerte. Es por esto por lo que no es requisito indispensable un límite elástico muy alto, por lo que la selección del material no será en base al límite elástico del material, si no a otras propiedades mecánicas favorables para el comportamiento del mismo en la pista.

- Aluminio

El aluminio es un material muy empleado en el sector por su ligereza, siendo aproximadamente 3 veces inferior al acero, con una densidad de 2698,4 kg/m³.

Sus principales propiedades son las siguientes:

- Temperatura de fusión: 550 °C.
- Alta conductividad térmica.
- Ductilidad elevada.
- Buenas propiedades químicas de resistencia a la corrosión.
- Dilatación térmica elevada.
- Difícil de soldar.
- Poca resistencia a tracción.

Es importante destacar que es un material que suele utilizarse para la fabricación de prototipos. Hay que recordar que las características a fatiga del aluminio hacen que sea inevitable la rotura de componentes sujetos a tensiones inversas, por lo que algunos componentes tendrán vida limitada.

La clasificación de los aluminios es la siguiente:

Características de las series del aluminio			
Serie	Composición	Características	Usos
Serie 1000	Aluminio con un mínimo de pureza de 99%	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia a la corrosión No tóxico Excelente acabado Excelente maleabilidad Alta conductividad eléctrica y térmica Excelente reflectividad 	<ul style="list-style-type: none"> Recipientes Materiales de radiación
Serie 2000	Aleado con Cobre	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia mecánica Alta resistencia a la corrosión Buena maquinabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Rines de camiones Suspensión de camiones Fuselaje de aviones
Serie 3000	Aleado con Manganeso	<ul style="list-style-type: none"> Buena resistencia mecánica Alta resistencia a la corrosión Buena maleabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Botellas para bebidas Utensillos de cocina Intercambiadores de calor Mobiliario Señales de tráfico Tejados Otras aplicaciones arquitectónicas
Serie 4000	Aleado con Silicio	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia al calor 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicaciones arquitectónicas Fabricación de pistones de motores
Serie 5000	Aleado con Magnesio	<ul style="list-style-type: none"> Buena resistencia mecánica Alta resistencia a la corrosión, especialmente al agua de mar Muy buena soldabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Adornos decorativos y arquitectónicos Iluminación de las calles y carreteras Botes, barcos y tanques criogénicos Partes de puentes Estructuras de automóviles
Serie 6000	Aleado con Silicio-Magnesio	<ul style="list-style-type: none"> Buena resistencia mecánica Buena resistencia a la corrosión Buena maquinabilidad Buena soldabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicaciones arquitectónicas Cuadros de bicicletas Pasamanos de los puentes Equipo de transporte Estructuras soldadas
Serie 7000	Aleado con Zinc	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia mecánica 	<ul style="list-style-type: none"> Estructuras de los aviones Equipos móviles Otras partes altamente forzadas

Figura 71: Clasificación del aluminio.

La designación de los aluminios se hace como se muestra a continuación:

DESIGNACIÓN DE ALEACIONES DE ALUMINIO

ejemplo: 1100-H24

Familia aleaciones | Grado endurecimiento

GRADOS DE ENDURECIMIENTO BÁSICO

- F Tal y como se ha fabricado. Sin control de nivel de deformación
- O Recocido y recristalizado
- H Endurecimiento por deformación
- T Endurecimiento por tratamiento térmico por precipitación de segundas fases

Figura 72: Modo de designación de los aluminios.

Buscando un aluminio con una buena aplicabilidad para la fabricación de un chasis, se pone el foco en la serie 6000 debido a que encontramos una buena resistencia mecánica, una buena resistencia a la corrosión, buena maquinabilidad y soldabilidad.

En la serie 6000 la variación de resistencia elástica es alta, desde unos 200 MPa hasta los 300 MPa de algún aluminio en particular.

Cabe destacar que los aluminios de la serie 5000, de manera general, también son adecuados para la fabricación de chasis, pero estos tienen una soldabilidad peor que la serie 6000.

- “Fibra de carbono”

Se entiende como fibra de carbono al material compuesto por una base de resina generalmente epoxi y un refuerzo de fibras de carbono.

Un material compuesto es aquel formado por la combinación de diferentes componentes de tal manera que se consigue un efecto sinérgico en sus propiedades finales. En este caso, la combinación de resina generalmente epoxidica con un refuerzo de fibra de carbono, consigue un resultado en cuanto a propiedades mecánicas excelente.

Cabe destacar que existe una gran cantidad tanto de materiales empleables como matriz como de materiales empleables como refuerzo. Al mismo tiempo también pueden existir diferencias en la forma y dirección del tejido. Esto significa que este material se puede configurar según el número de filamentos (se suele utilizar entre 1000 y 24000), según la orientación (uniaxial, biaxial, triaxial, a 90º, etc.).

En el caso del material compuesto formado por resina epoxi reforzada con fibra de carbono, se trata de la fibra con mejores propiedades mecánicas combinadas con una densidad baja.

Las principales propiedades mecánicas son:

- Elevada resistencia mecánica.
- Densidad baja: 1750 kg/m³.
- Resistente a agentes externos-
- Aislante térmico
- Coste elevado.
- Proceso de fabricación difícil y costoso.
- Mala resistencia a compresión.

Se trata de un material poco utilizado en la fabricación de bastidores de motocicleta, puesto que se intenta incorporar en las grandes competiciones. Los pilotos describen estos chasis como difíciles de pilotar, alegando un comportamiento más brusco y espontáneo de la motocicleta en la frenada y el paso por curva.

Es importante añadir que, aunque haya sido utilizado poco en este sector, su desarrollo puede llegar a ofrecer muchas posibilidades respecto al comportamiento, puesto que se puede variar según la forma y dirección del tejido, cambiando notablemente la rigidez del chasis en ciertos puntos.

- Titanio

Las aleaciones de titanio han sido utilizadas a lo largo de la historia de los chasis de motocicleta, pero actualmente en la mayoría de los reglamentos, incluyendo el de super sport 600, está prohibido su uso para este fin.

- Magnesio

El magnesio presenta un 33% menos de peso que el aluminio, hasta un 60% menos de masa que el titanio y es 75% más ligero que el acero, el cual tiene una densidad de 1738 kg/m^3 .

Presenta el magnesio una dureza muy valorable para la construcción de piezas, tanto del motor, como de la carrocería de un coche.

La corrosión es un problema que no le afecta al magnesio, ya que presenta una alta resistencia a este tipo de desgaste.

Se trata de un material muy utilizado para la fabricación de chasis de espina central y subchasis, pero tiene como inconvenientes su elevado coste, junto a las dificultades para soldar y una vida limitada a fatiga.

6.2.2. SELECCIÓN DEL MATERIAL

Una vez planteados los principales materiales y tras valorar todas las posibles opciones, se selecciona el aluminio por la excelente relación de propiedades y por sus buenas adaptaciones y mecanización en los chasis de doble viga. Esta elección se reafirma con el hecho que la mayoría de las fábricas que compiten en super sport 600 hacen uso de este material. Esta selección se basa en que con el aluminio se consigue mayor ligereza que con el acero, con unas propiedades mecánicas algo inferiores pero aptas para la construcción del chasis. Respecto a la fibra de carbono, el uso de aluminio supone una mejora en cuanto a la facilidad de fabricación. Finalmente, respecto al magnesio conseguimos unas propiedades mecánicas superiores, más ajustadas a las cargas que va a soportar.

A continuación, se puede observar de forma genérica el comportamiento a cargas estáticas del aluminio:

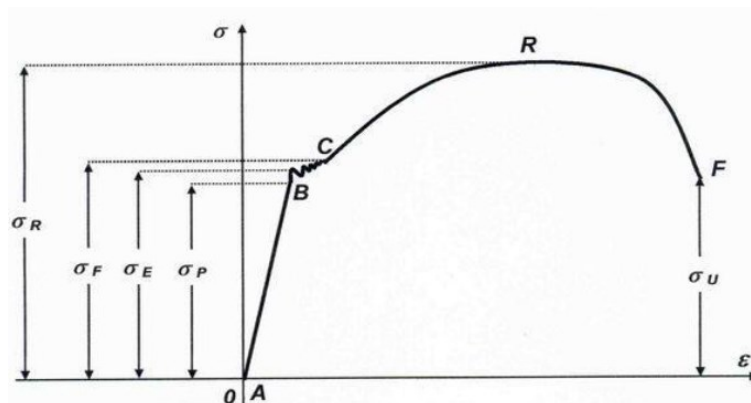


Figura 73: Comportamiento del aluminio frente a cargas estáticas.

σ_R : tensión de rotura

σ_U : tensión de rotura efectiva

σ_F : tensión del límite de fluencia.

σ_E : tensión del límite de proporcionalidad.

σ_P : tensión del límite elástico.

En cuanto al comportamiento a fatiga del aluminio, este depende de numerosos factores como de su composición, estado, procedimiento de obtención y acabado superficial, así como de si ha sufrido algún tipo de tratamiento para modificar sus propiedades mecánicas.

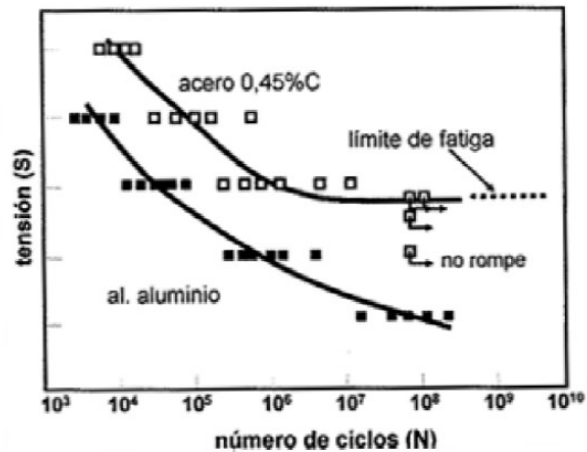


Figura 74: Relación entre tensión máxima y número de ciclos.

En el gráfico anterior se muestra la relación entre la tensión máxima aplicada en función del número de ciclos hasta la rotura. El aluminio utilizado para el ensayo es el 6063, comparado con un acero con 0,25% de carbono.

Es por eso que se puede afirmar que el comportamiento del aluminio frente a fatiga es aceptable para la construcción del chasis.

Además, analizando los ensayos de fluencia realizados sobre aluminios, se puede afirmar que, en las condiciones de servicio del chasis, no se experimentará ningún tipo de fallo por esta causa.

Una vez seleccionado dicho material, se hace uso del programa *Granta EduPack 2022* con tal de realizar una búsqueda exhaustiva para la selección definitiva del aluminio. Con este programa se puede hacer una selección según las propiedades que se desean que tenga el material final seleccionado.

Granta EduPack es un programa que consta de una base de datos y procesos de fabricación. En este programa puedes aplicar una serie de filtros sobre dicha base de datos con tal de obtener el material idóneo para cada aplicación. Consta de muchos niveles, desde bases de datos más sencillas y genéricas, hasta bases de datos avanzadas.

Se procede con el proceso de filtrado de materiales:

Para empezar, una vez iniciamos el programa seleccionamos la opción "Level 3":

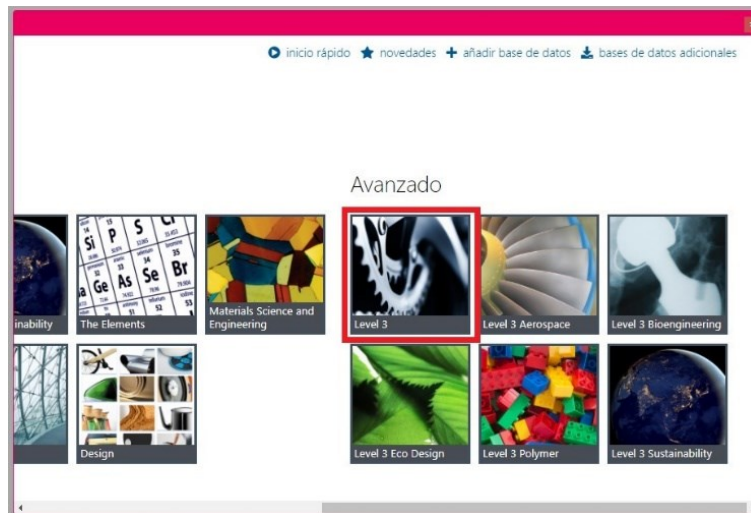


Figura 75: Selección de la base de datos del Granta EduPack.

Seguidamente con dicho programa se crea un “límite” para que solo aparezcan aluminios durante el proceso de selección:

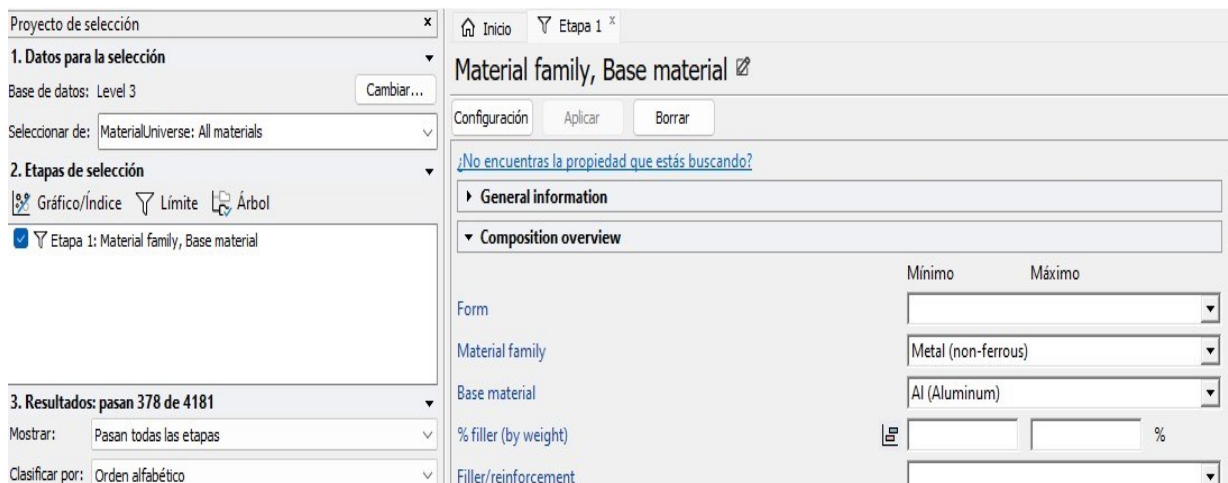


Figura 76: Límite 1 Granta EduPack.

Como podemos ver en la figura anterior, al aplicar este filtro, la cantidad de materiales que se van a contemplar en la selección del aluminio es de 378.

Una vez generado dicho “límite” se procede a crear el primer gráfico, el cual relaciona el módulo de Young con el módulo de flexión. Con esto se consigue filtrar ciertos aluminios con mejores propiedades para la fabricación del chasis:

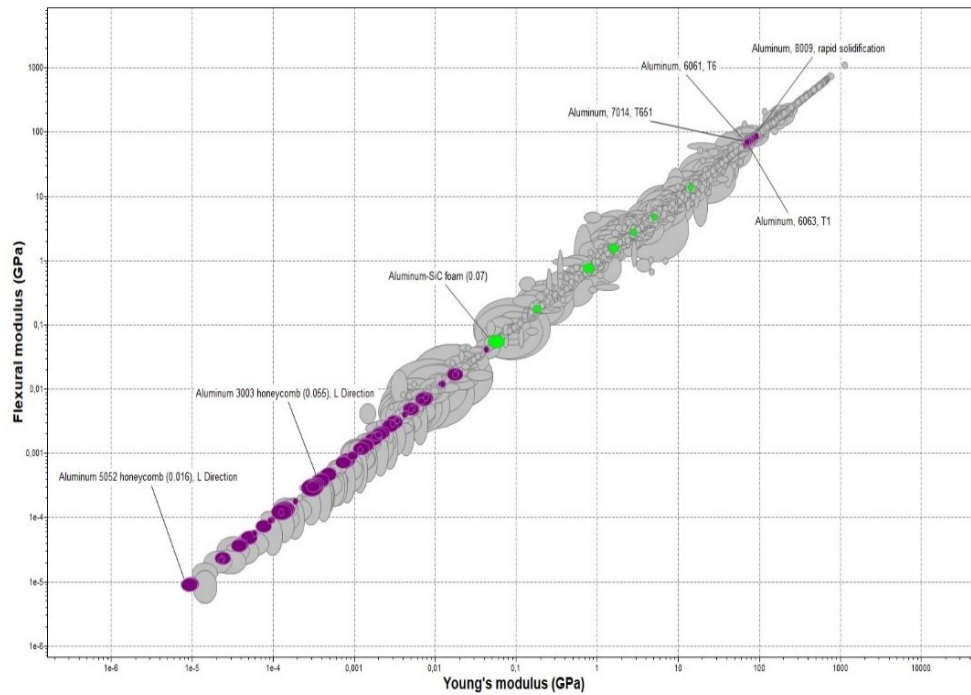


Figura 77: Gráfico 1 Granta EduPack.

En este gráfico, se va a realizar un descarte de los aluminios con peores propiedades.

Posteriormente, se genera otro gráfico, el cual muestra solamente en el eje "Y" el grado de fatiga, con tal de seleccionar el material más apropiado.

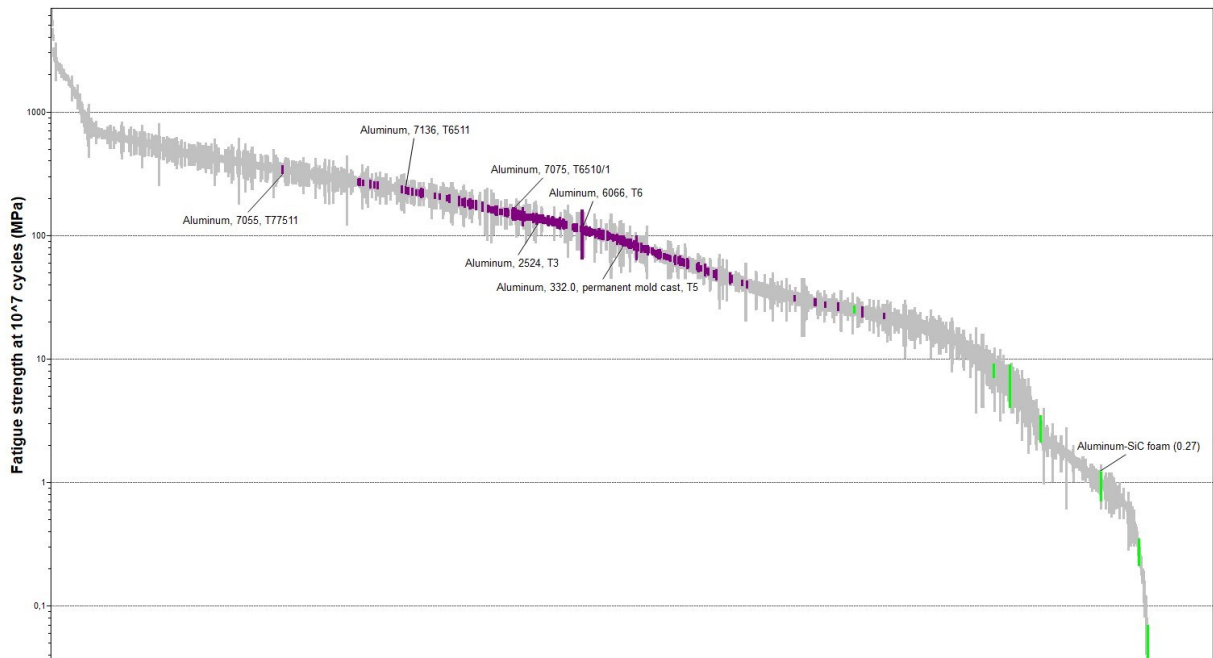


Figura 78: Gráfico 2 Granta EduPack.

Nuevamente, se analiza el gráfico y se lleva a cabo un descarte de los aluminios con peor resistencia a fatiga.

Finalmente, con el último gráfico se relaciona el precio con la densidad, con tal de obtener una buena relación entre estos indicadores:

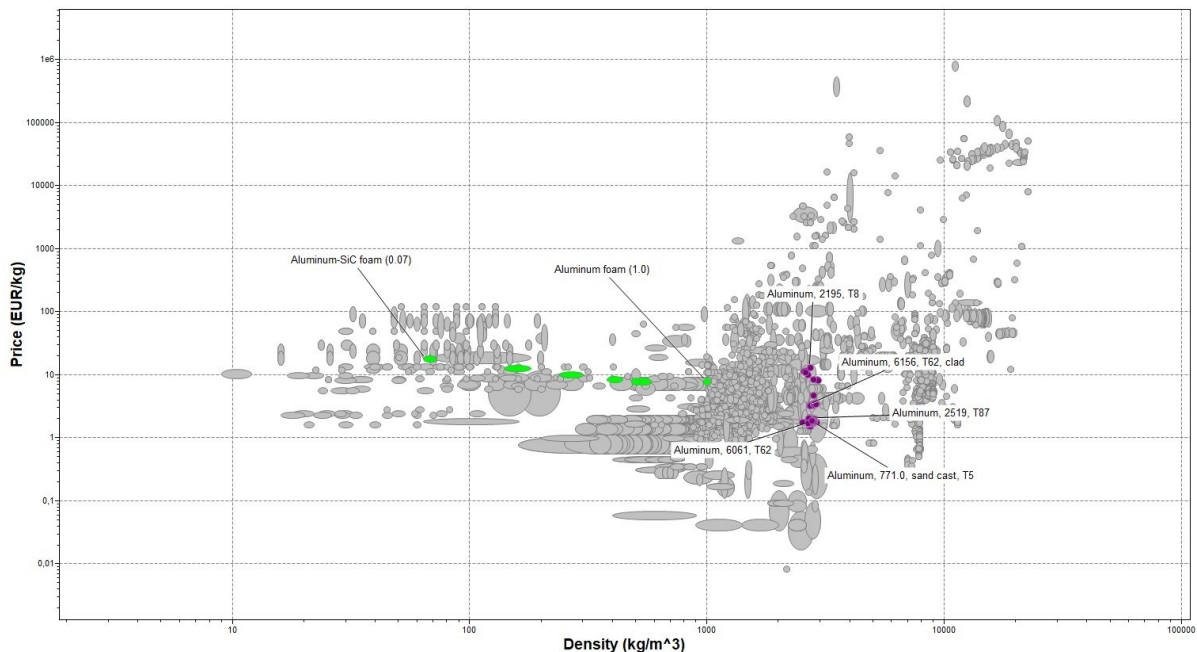


Figura 79: Gráfico 3 Granta EduPack.

Analizando los resultados de este proceso y realizando el filtrado, se obtiene que, según los datos introducidos en el Granta, los mejores aluminios para la fabricación del chasis son los siguientes:

ALEACIÓN	TENSIÓN ROTURA	LÍMITE ELÁSTICO	ALARGAMIENTO	DUREZA VICKERS
	Mpa	Mpa	% strain	HV
6082 T6	295	240	8	95
5456 H321	283	193	12	98
5454 H34	269	193	4	86
5086 H38	106	345	3	80
5083 H343	345	269	6	71
5052 H38	269	221	2	80
359,0 cast T6	284	221	3	110

Tabla 7: Selección definitiva del material.

Se puede observar un claro dominio de la serie 5XXX, la presencia de un aluminio de la serie 6XXX y del aluminio 359.0 cast T6. Por lo tanto, atendiendo a un razonamiento anterior, se había establecido que las mejores series de aluminio para la fabricación del chasis son la 5XXX y 6XXX.

Se procede a contrastar los resultados obtenidos con el Granta.

Para empezar, se debe conocer las diferencias principales entre ambas series de aluminios. Primeramente, la serie 5XXX de aluminio contiene Mg como su principal elemento (3-5%) de aleación, es decir, Al-Mg. En cambio, la serie 6XXX de aluminio, tiene como materiales de aleación el magnesio y el silicio, lo cual aporta mejor maquinabilidad y soldabilidad.

Atendiendo a todo el razonamiento anterior se establece que el material más indicado para la construcción de este chasis es el Aluminio 6082-T6, tanto por sus propiedades mecánicas como físicas y el precio.

Las propiedades del material escogido son las siguientes:

COMPOSICIÓN	
Elemento	%
Al	91
Cu	0,2
Fe	0,2
Mg	0,7
Mn	0,1
Si	9,5
Ti	0,2
Zn	0,1

Tabla 9: Composición del aluminio 6082-T6.

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso específico (g/cm ³)	2,71
Densidad (kg/m ³)	2,67E+03
Temperatura de fusión (°C)	575-650

Tabla 8: Propiedades físicas del aluminio 6082-T6.

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Módulo de Young (GPa)	70-74
Tensión de rotura (MPa)	295-344
Límite elástico (MPa)	240-280
Elongación (%)	8-11,5
Módulo de flexión (GPa)	70-74
Ratio de Poisson	0,325-0,335
Dureza vickers (HV)	95-105
Tenacidad (G)	12,6-17,9

Tabla 11: Propiedades mecánicas del aluminio 6082-T6.

PRECIO (€/kg)
1,65-1,89

Tabla 10: Precio del aluminio 6082-T6.

7. DISEÑO

7.1. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

7.1.1. TIPO DE CHASIS

Tras analizar todos los datos aportados en el apartado 3 y en el 4 se procede en primer lugar a montar una tabla en la que se analizan diferentes parámetros de cada tipo de chasis mediante un sistema de ponderación.

En esta tabla se realiza una valoración de cada parámetro del 1 al 3, siendo 1 la puntuación más baja y 3 la puntuación más alta. Además, se establece del 1 al 10 la importancia de cada parámetro en los que se basará la evaluación de los chasis.

En la tabla se puede observar que los parámetros más importantes son la rigidez y la manejabilidad, es decir, los parámetros referentes al comportamiento de la motocicleta.

El siguiente parámetro más importante, con una ponderación de 8 puntos sobre 10 es el peso, pues uno de los objetivos del diseño es la disminución de este. Posteriormente, con una puntuación de 7 sobre 10 se encuentran los costes y la fabricación, dos variables de gran importancia también. Finalmente, como parámetro de menor importancia se encuentra el montaje, pues es interesante un montaje sencillo, pero tampoco es un requisito indispensable.

La tabla queda de la siguiente manera:

CHASIS	Rigidez	Peso	Coste	Fabricación	Montaje	Manejabilidad	RESULTADO
	9	8	7	7	5	9	
TUBULARES	3 27	2 16	3 21	3 21	2 10	1 9	104
MULTITUBULARES	3 27	2 16	3 21	2 14	2 10	2 18	106
ESPINA CENTRAL	1 9	3 24	3 21	3 21	3 15	1 9	99
DOBLE VIGA	3 27	3 24	2 14	2 14	3 15	3 27	121
MONOCASCO	2 18	2 16	2 14	2 14	1 5	2 18	85
AUTOPORTANTE	2 18	3 24	2 14	2 14	3 15	2 18	103
OMEGA	1 9	1 8	1 7	2 14	1 5	1 9	52
IMPRESIÓN 3D	2 18	3 24	1 7	1 7	3 15	2 18	89

Tabla 12: Estudio de alternativas.

Analizando de forma objetiva los resultados, se procede a ordenar de mejor puntuación a peor todos los chasis mencionados en dicha tabla.

DOBLE VIGA
MULTITUBULAR
TUBLAR
AUTOPORTANTE
ESPINA CENTRAL
IMPRESIÓN 3D
MONOCASCO
OMEGA

Tabla 13: Resultado del estudio de alternativas.

Esto establece que la mejor opción para la realización del chasis en función de los objetivos del proyecto es un chasis doble viga, seguido de un multi tubular.

Posteriormente, para confirmar esta selección, se procede a analizar todos los datos proporcionados en el apartado 4. Es por esto que, viendo el chasis anterior de esta motocicleta, junto con la dominancia clara actual de los chasis doble viga en todos los campeonatos y que su comportamiento es óptimo para el circuito en el que se va a realizar la competición, se establece que el chasis que se va a fabricar es un doble viga.

7.1.2. GEOMETRÍA

Una vez seleccionado el material a utilizar y decidido el tipo de chasis que se va a diseñar, se establece la geometría básica, explicada en el apartado 6.1.3. Esta geometría se ha dispuesto siguiendo las pautas comentadas más adelante y con ayuda del piloto, con tal de optimizar las conclusiones obtenidas en los anteriores apartados con los gustos y estilo de su pilotaje.

Antes de establecer los valores geométricos, se debe conocer el estilo de pilotaje del piloto y sus preferencias con tal de mejorar sus sensaciones con el prototipo.

Según el piloto, su estilo de manejo es lo que se entiende por “fino”, es decir, apoya poco en el tren delantero, no derrapa la rueda trasera en el paso por curva y sigue una trayectoria fija muy definida. Es agresivo en las frenadas y fino en las aceleraciones.

Respecto a las preferencias del piloto, sus circuitos favoritos son Mugello y Montmeló, circuitos donde el paso por curva es sumamente importante, incluso más que en el circuito Ricardo Tormo de Cheste. Es por esto por lo que, con su experiencia, se ha decidido seguir algunas indicaciones que ha proporcionado para el diseño del chasis.

Las preferencias del piloto son las siguientes:

- Poca carga en el tren delantero.
- Paso por curva “dulce”.
- Aceleración poco agresiva.
- Moto ágil, pero no extremadamente ligera.

El resto de las preferencias comentadas quedan fuera del ámbito del departamento de chasis.

Posteriormente también se realizará un estudio ergonómico del piloto para adaptar las medidas al máximo posible.

Con estos datos, contrastando con el estudio previo, se establece la siguiente geometría de la motocicleta:

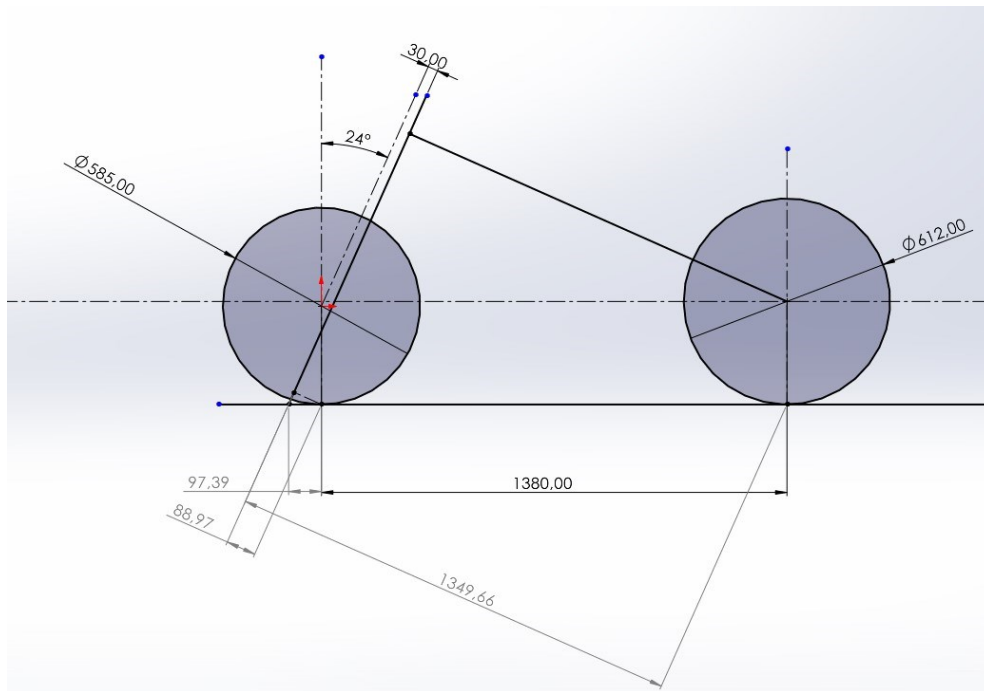


Figura 80: Geometría final del chasis.

DISTANCIA ENTRE EJES	1380 mm
ÁNGULO DE LANZAMIENTO	24°
OFFSET	30 mm
AVANCE	97,39 mm

Tabla 14: Geometría final del chasis.

Para empezar a definir la geometría se debe conocer que para establecer un comportamiento similar al que se desea, se debe intentar cumplir con la siguiente relación geométrica:

$$Rn = \frac{An}{Bn} = [6 - 6,75]$$

Siendo An el avance normal de la motocicleta.

Siendo Bn la distancia entre ejes normal.

Para ello, primero se establece un ángulo de lanzamiento de 24° y una distancia entre ejes de 1380 mm. Esto junto a un valor de descentramiento de 30 mm, establece el valor del avance en 97,39 mm.

Se procede al cálculo del avance normal y de la distancia entre ejes normal, con tal de comprobar que la relación An/Bn se cumple.

$$Rn = \frac{An}{Bn} = \frac{88,97}{1349,66} = 6,59$$

Con esto queda definida la geometría definitiva de la moto, es decir, gran parte del futuro comportamiento del prototipo ha sido establecido en este apartado.

7.2. ESTUDIO ERGONÓMICO

Para una mejor adaptación de la motocicleta al piloto, se realiza un estudio ergonómico según las medidas de su cuerpo. De esta manera se dispondrán ciertos elementos como las estriberas, el manillar o la altura del asiento entre otros.

Las medidas del piloto son las siguientes:

LONGITUD	VALOR (MM)
MUÑECA-CODO	317
CODO-HOMBRO	329
TORSO (HOMBRO-CADERA)	463
CADERA-RODILLA	407
RODILLA-PIE	475

Tabla 15: Medidas corporales del piloto.

Posteriormente, se establece cuál será la posición general del piloto encima de la motocicleta. Esta posición será decidida casi al completo por él, pues debe sentirse lo más cómodo posible encima del prototipo.

El piloto comunicó al equipo que la inclinación de la espalda respecto de la vertical debía estar en un valor comprendido entre 30 y 45°. También comentó que, dentro de sus preferencias, el ángulo de la rodilla debe estar entre 50 y 60°, con unas estriberas lo más atrasadas posible con una elevación no muy pronunciada. Respecto a la posición de estas últimas, se decidirá una vez se fabrique y se monte el prototipo, con tal que el propio piloto lo decida una vez se suba a la motocicleta.

Con estos datos, se plantea la posición del piloto sobre la geometría básica del prototipo con tal de proceder con el diseño en detalle.

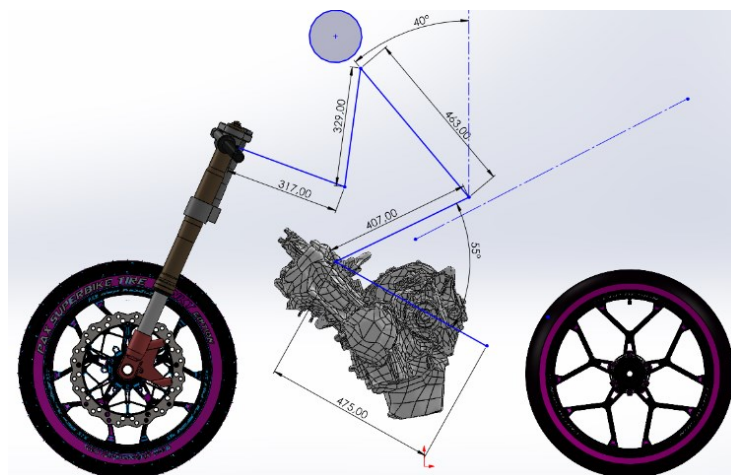


Figura 81: Posición neutral del piloto.

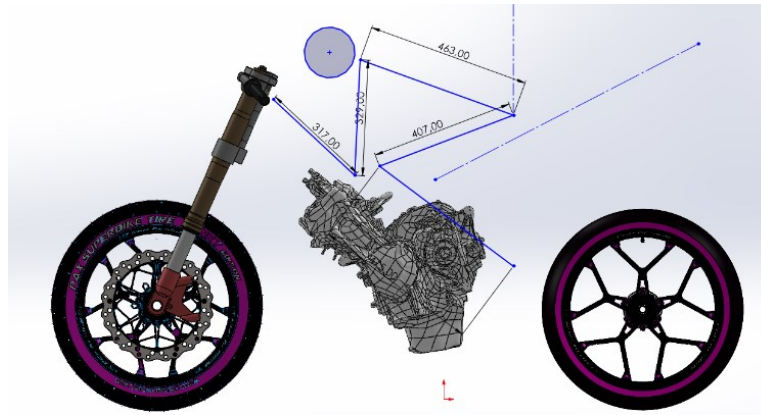


Figura 82: Posición de velocidad del piloto.

7.3. ENSAMBLAJE DE COMPONENTES

Antes de comenzar con el diseño en detalle, se debe realizar un ensamblaje de los componentes que afectan a la posición del chasis, siguiendo la geometría básica propuesta anteriormente.

Para empezar, se inserta el motor en el ensamblaje. El motor es el mostrado en el apartado 5.2.1, y se introduce como archivo .stl, puesto que se trata de un escaneo realizado por el equipo del motor de la honda CBR 600rr.

Debido a que este tipo de formato no permite utilizar caras como referencias, se procede a insertar planos de trabajo en el origen de coordenadas y en las caras más importantes en las que posteriormente se necesitarán referencias. Los planos introducidos, los cuales se pueden ver a continuación, se encuentran en todas las caras de los puntos de anclaje del chasis al motor, así como en el centro de cada plano del conjunto motor y en más caras de interés para el ensamblaje global.

Para insertar el motor, se establecen las relaciones de posición de coincidencia entre el plano central longitudinal del conjunto motor y el plano alzado del ensamblaje.

Con esto se situará, por el momento, el motor centrado al conjunto de la motocicleta, aunque puede sufrir algún desplazamiento con tal de ajustar su posición con el sistema de transmisión y con el chasis a la perfección.

El ensamblaje del motor queda de la siguiente forma:

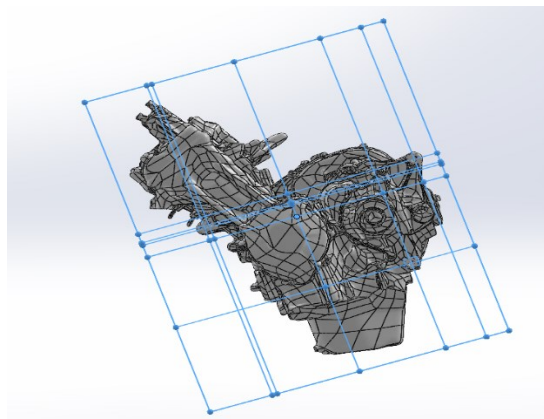


Figura 83: Ensamblaje del motor.

Posteriormente, se introducen en el ensamblaje las ruedas. Se sigue el mismo proceso que con el grupo motor, en primer lugar, se introducen los planos pertinentes para su ensamblaje y posteriormente se alinean las dos ruedas con el centro longitudinal del conjunto, se establece la altura de las ruedas y la distancia entre ejes. El resultado del ensamblaje es el siguiente:

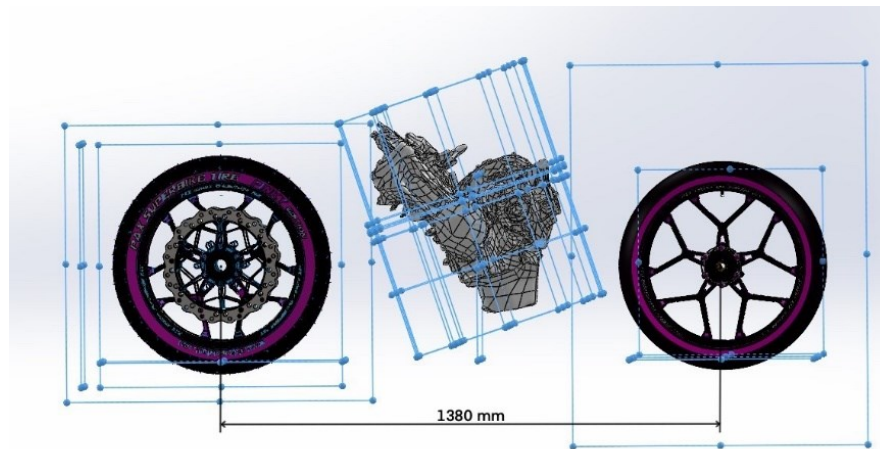


Figura 84: Ensamblaje de las ruedas con el motor.

El siguiente elemento en ser introducido en el ensamblaje es la horquilla junto al manillar y a los soportes de los frenos delanteros. Esta vez, el conjunto introducido ya cuenta con los planos de referencia suficientes por lo que se procede a dar las relaciones de posición. En primer lugar, se acopla el eje de la horquilla con el eje de la rueda con una relación de concetricidad y otra de coincidencia. Finalmente, con el plano frontal, se consigue, mediante una relación de posición, dar a la horquilla la inclinación del ángulo de lanzamiento.

El resultado es el siguiente:

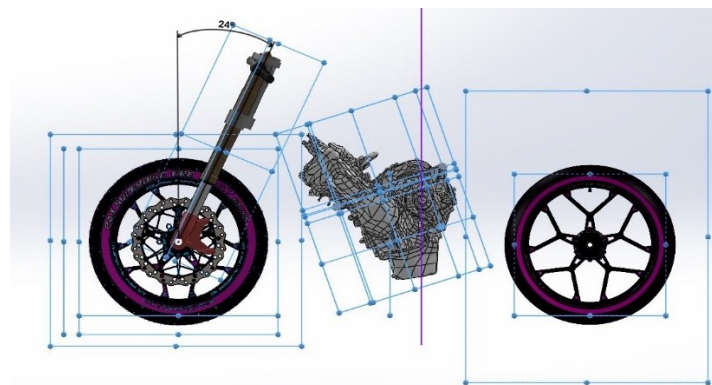


Figura 85: Ensamblaje de la horquilla con las ruedas y el motor.

Finalmente, se introduce el basculante y la suspensión trasera. Se sigue el mismo proceso para que los componentes queden en una ubicación fija temporal, pues ambos conjuntos deben ir anclados al chasis, por lo que puede variar su posición final. Cabe destacar que el basculante introducido no es el que se va a utilizar, sino una simplificación de este, puesto que no se cuenta con el modelo cad exacto.

El resultado final del pre-ensamblaje es el siguiente:

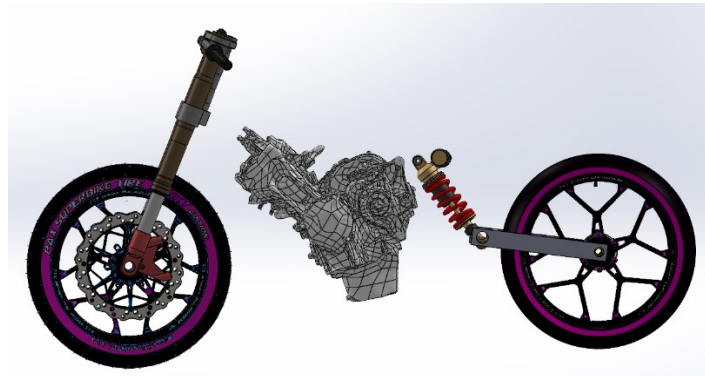


Figura 86: Ensamblaje del conjunto sin el chasis.

Con tal de conseguir una imagen más visual del conjunto y poder empezar a realizar los primeros diseños del chasis se introduce el estudio ergonómico en este conjunto, introduciendo las medidas indicadas en el apartado anterior y posicionando al piloto en una posición neutra de pilotaje.

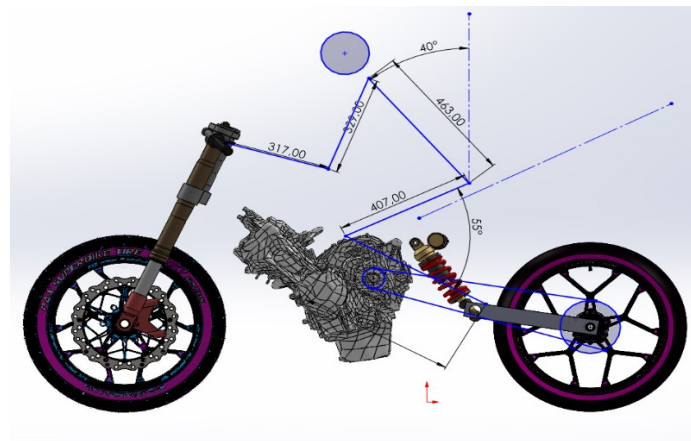


Figura 87: Ensamblaje con el piloto.

7.4. ESTUDIO DE CARGAS

Antes de comenzar con el diseño del chasis se deben conocer los esfuerzos a los que está sometido.

Para ello se va a distinguir entre cargas estáticas y cargas dinámicas. Las estáticas son aquellas aplicadas por la organización mediante el uso de prensas sobre el prototipo completamente estático. En cambio, las cargas dinámicas se calculan suponiendo casos extremos, es decir, en cuanto a la frenada máxima, esta se calcula para el límite de caballito invertido. Y en caso de aceleración máxima, esta se calculará hasta el extremo en que la propia potencia haga que se despegue la rueda delantera del suelo.

Además, se analizará el paso por curva y se estudiará el comportamiento del chasis en caso de caída libre de un metro.

7.4.1. CARGAS ESTÁTICAS

- Prensa horizontal

Durante la prueba de prensa horizontal, al prototipo se le aplica en la rueda delantera una carga de 350 kg mientras permanece fijada de la rueda trasera.



Figura 88: Descomposición de esfuerzos en la prensa horizontal.

Según los cálculos realizados en el ANEJO I, las cargas sobre el chasis debidas a esta prueba estática son las siguientes:

PARTE	FUERZA X (N)	FUERZA Y (N)
SUPERIOR PIPA	23756,47	-
INFERIOR PIPA	20619,82	-
SUJECCIÓN SUPERIOR AMORTIGUADOR	697,21	5721,85
EJE BASCULANTE	8455,11	-893,12
SUJECCIÓN INFERIOR AMOPRTIGUADOR	-7215,21	3699,52

Tabla 16: Esfuerzos sobre el chasis debidos a la prensa horizontal.

- Prensa vertical

Durante la prueba de la prensa vertical, se aplica una carga de 250 kg sobre el asiento del pilo de forma vertical.



Figura 89: Aplicación de carga de la prensa vertical.

Según los cálculos realizados en el ANEJO I, las cargas sobre el chasis debidas a esta prueba estática son las siguientes:

PARTE	FUERZA (N)
SUBCHASIS	2452,5

Tabla 17: Esfuerzos sobre el chasis debidos a la prensa vertical.

7.4.2. CARGAS DINÁMICAS

Se refiere a cargas dinámicas como las cargas que muestran importantes efectos dinámicos. Son aquellas que con rapidez varían desde un valor nulo hasta su valor definitivo, produciendo así importantes aceleraciones sobre los componentes estructurales.

- Frenada máxima

Durante el proceso de frenada máxima, la motocicleta llega al límite cuando la rueda trasera se despega del suelo, por lo que se va a suponer que el tren delantero soportará todo el peso del prototipo.



Figura 90: Cargas sobre el prototipo durante la frenada máxima.

Según los cálculos realizados en el ANEJO I, las cargas sobre el chasis debidas a esta situación dinámica de carrera:

PARTE	FUERZA (N)
SUPERIOR PIPA	16129,04
INFERIOR PIPA	13999,46

Tabla 18: Esfuerzos sobre el chasis debidos a la frenada máxima.

- Aceleración máxima

Para el proceso de cálculo de los esfuerzos generados por la aceleración máxima, se toma el caso de límite por caballito, es decir, que la rueda delantera pierda el contacto con el suelo.

Según los cálculos realizados en el ANEJO I, las cargas sobre el chasis debidas a esta situación dinámica de carrera:

PARTE	FUERZA X (N)	FUERZA Y (N)
SUJECIÓN SUPERIOR AMORTIGUADOR	605,23	5162,74
EJE BASCULANTE	8002,1	-900,87
SUJECIÓN INFERIOR AMOPRTIGUADOR	-6821,54	3613,43

Tabla 19: Esfuerzos sobre el chasis debidos a la aceleración máxima.

- Paso por curva

El paso por curva es la maniobra que se realiza justo cuando se está tomando una curva, después de haber frenado para girar la moto y antes de volver a enderezarla para acelerar y seguir el camino.

Durante este proceso se generan diferentes esfuerzos sobre el chasis. El primero es un pequeño momento de fuerza sobre la pipa de dirección y el segundo es una carga descendente sobre la superficie del subchasis, con una ligera inclinación respecto del plano vertical.

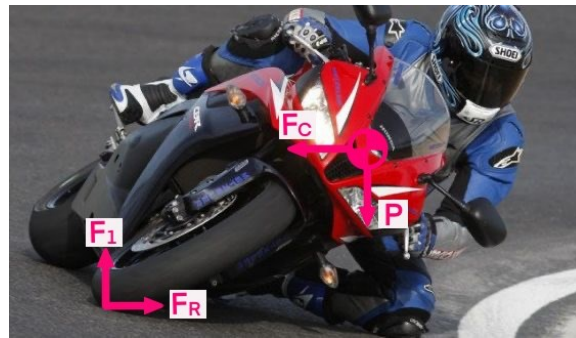


Figura 91: Esfuerzos sobre la moto durante el paso por curva.

Puesto que las cargas que se deben soportar son mínimas en comparación con el resto de las cargas calculadas anteriormente, se omiten los cálculos.

- Caída

En este apartado se pretende calcular los esfuerzos para realizar la simulación con tal de conocer el comportamiento del chasis frente a una caída leve.

Según los cálculos realizados en el ANEJO I, la fuerza que debe soportar el chasis de forma lateral es la siguiente:

PARTE	FUERZA (N)
LATERAL CHASIS	14306,25

Tabla 20: Esfuerzos sobre el chasis debidos a una caída.

8. DISEÑO EN DETALLE

En este apartado se muestran los tres diseños diferentes de chasis, así como un análisis de estos:

8.1.DISEÑO 1

Una vez planteado el ensamblaje y conocidas todas las medidas se procede a crear un croquis 3D para establecer el recorrido que van a seguir las vigas laterales con tal de no interferir con el motor ni con ningún otro elemento.

El resultado del primer croquis del chasis es el siguiente:

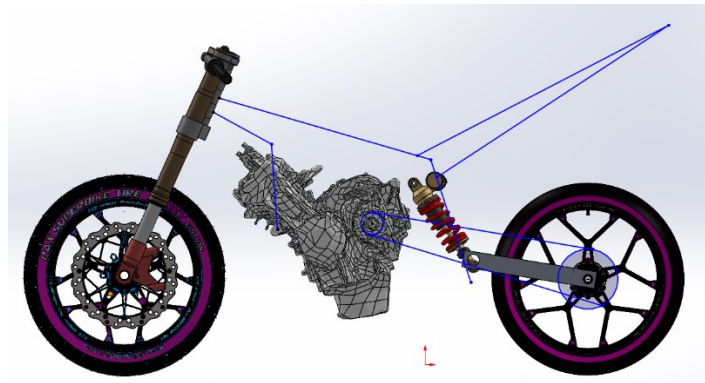


Figura 92: Croquis de la posición del chasis sobre el conjunto.

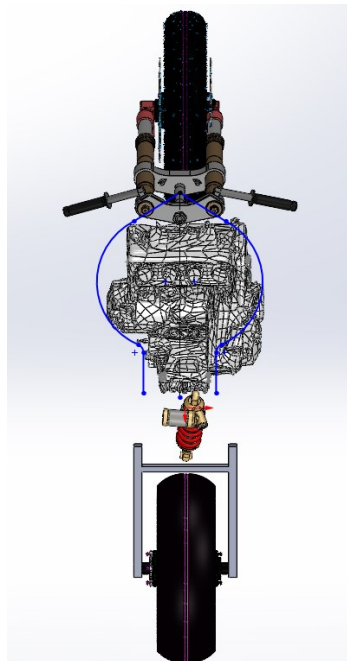


Figura 93: Vista de planta de la posición del chasis sobre el conjunto.

Una vez conocido el recorrido del chasis, se procede con el diseño de la primera versión del chasis.

8.1.1. COMPONENTES

- V1PD:

En primer lugar, se procede al diseño de la primera pieza del chasis, denominada V1PD. Esta pieza consta de la pipa de dirección y el inicio de las vigas laterales del chasis.

Esta parte del chasis determinará su geometría final y se construye alrededor de la línea de referencia de la horquilla con el ángulo de lanzamiento determinado.

Para diseñar esta pieza, en primer lugar, se ha dibujado un croquis siguiendo las trayectorias propuestas anteriormente y se extruye hacia arriba 160 mm.

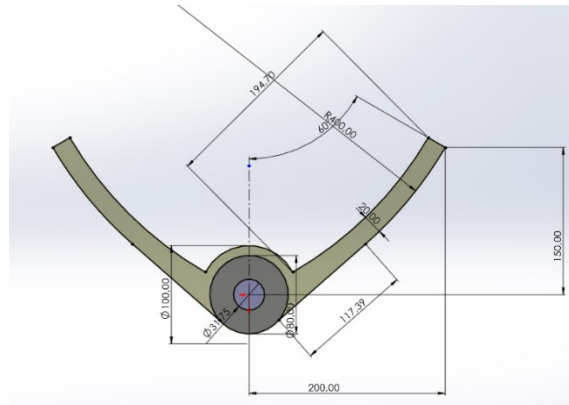


Figura 94: Croquis pieza V1PD.

El resultado de este diseño es el siguiente:

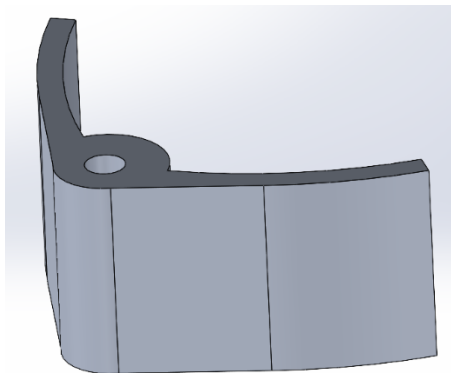


Figura 95: V1PD.

En este diseño, no se cuenta espacio para los rodamientos de la pipa puesto que se harán posteriormente en el apartado 8.4.

- V1VL:

En segundo lugar, se procede a dar forma a la viga lateral (V1VL), la cual se encarga de envolver la parte más ancha del motor. Esta pieza va desde la pieza V1PD hasta encajar con la pieza V1A, explicada posteriormente.

Esta pieza cuenta con la viga lateral y con el anclaje delantero del motor mediante dos tirantes. Esta pieza es la que menos esfuerzos va a soportar, por lo que su forma sólo depende de la geometría del motor y del carenado de la moto.

En este caso, el diseño se realiza del mismo modo que anteriormente, se dibuja un croquis en un plano y se realiza la extrusión.

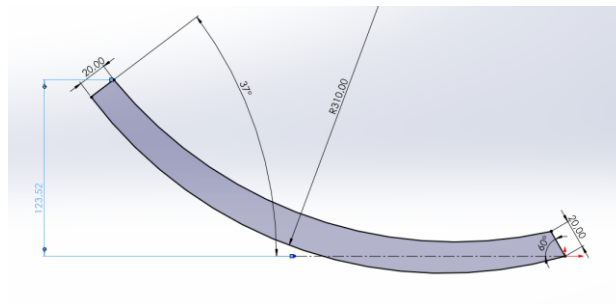


Figura 96: Croquis V1VL.

Posteriormente, en el ensamblaje global se realiza un croquis con tal de dar forma al sólido que acabamos de extruir. En este croquis se copia y pega un plano de dicha pieza y se extruye un corte. El resultado es el siguiente:

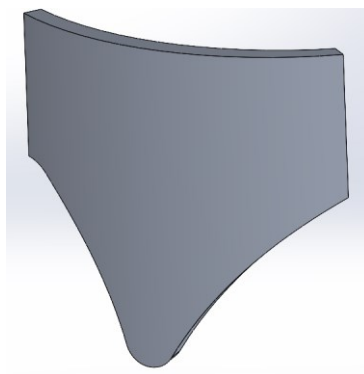


Figura 97: V1VL.

- V1A:

Posteriormente, se diseña la pieza V1A, la encargada de anclarse al motor y en la que se ancla también el subchasis. Esta pieza también va unida al basculante y al sistema de bieletas de la suspensión trasera. Se han de montar también las estriberas sobre dicha pieza.

Para el diseño de esta pieza, el proceso es similar. Se dibuja un croquis y se extruye, para posteriormente hacer un corte con la forma deseada.

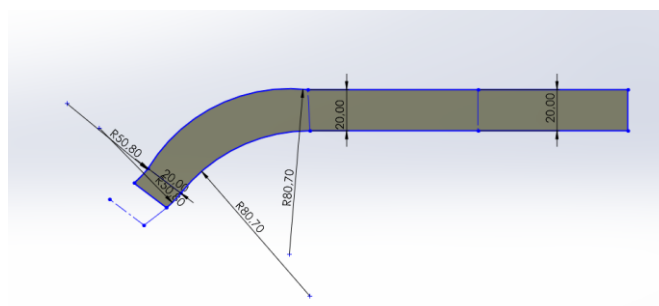


Figura 98: Croquis V1A.

El resultado de la extrusión y del corte es el siguiente:

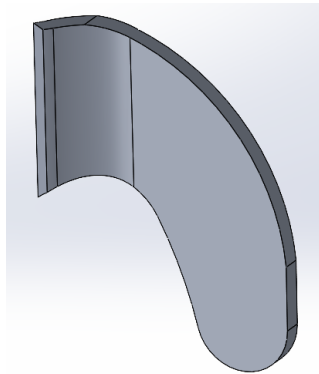


Figura 99: V1A.

Es importante destacar, que, sobre la cara interior de esta pieza se realiza un corte de 8 mm, donde se introducirá una pieza de soporte de la suspensión trasera y el anclaje del subchasis. También se realizan agujeros donde irán los tornillos de anclaje del motor, las estriberas y el sistema de bieletas del basculante, quedando del siguiente modo:

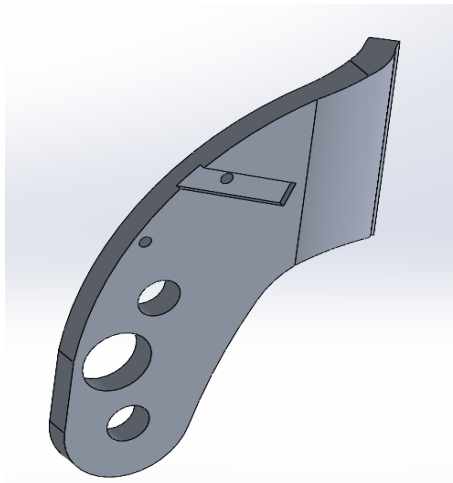


Figura 100: V1A.

Con esto y con la ayuda de un sistema de anclaje del motor al chasis que se verá posteriormente, el motor y el chasis quedan totalmente fijados.

- V1SA:

Seguidamente, se procede al diseño de la pieza V1SA, la cual es la encargada de soportar el sistema de suspensión trasera y parte del subchasis.

Este elemento se acopla sobre el rebaje realizado en la pieza V1A y se atornilla a la misma.

El proceso de diseño de esta pieza consiste en la creación de un croquis para posteriormente realizar una extrusión. Además, hay que añadir los salientes a los que se anclará la suspensión trasera.

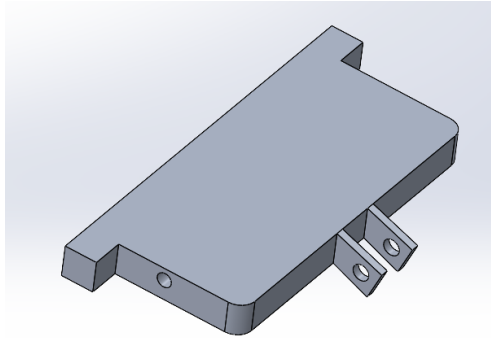


Figura 101: V1SA.

Esta pieza debe tener bastante resistencia, ya que gran parte de las reacciones generadas por la suspensión trasera se transmiten directamente a este componente por lo que se le da un espesor de 20 mm.

- Ensamblaje:

Una vez realizado el diseño de todas las piezas de la primera versión del chasis, se procede al ensamblaje de todas sus piezas en un archivo a parte sin ningún elemento extra con tal de realizar la simulación de las cargas y obtener cuan bueno es este chasis.

Como este diseño se ha hecho a partir de un croquis en 3d de un ensamblaje con todos los componentes, el resultado del ensamblaje de las partes anteriores ya tiene las dimensiones y la posición final. Es por esto, por lo que dando relaciones de posición de coincidencia entre caras y vértices se consigue el ensamblado final de esta primera versión. Debido a que se trata de un chasis simétrico a lo largo del eje longitudinal del prototipo, se debe crear una versión simétrica de cada componente para ensamblarlo.

Finalmente, una vez ensamblado el resultado es el siguiente:

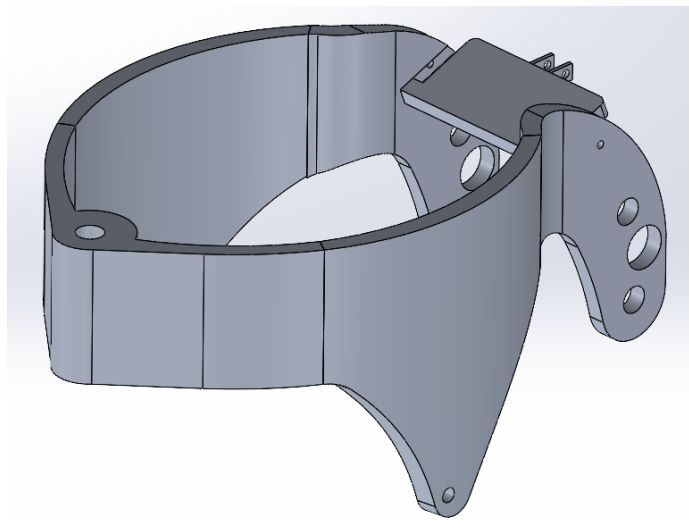


Figura 102: Chasis 1.

- V1CM

Posteriormente al diseño del propio chasis se llegó a la conclusión que, por su geometría y su construcción, y con tal de evitar interferencias entre el basculante, el chasis y la transmisión, se diseñó la pieza V1CM, la cual tiene la función de acoplarse al chasis y al motor, otorgando, además, mayor rigidez al conjunto y facilitando en gran medida el proceso de montaje. Esta pieza se va a unir al chasis mediante tornillos, del mismo modo que se anclará al motor.

La pieza diseñada es la siguiente:

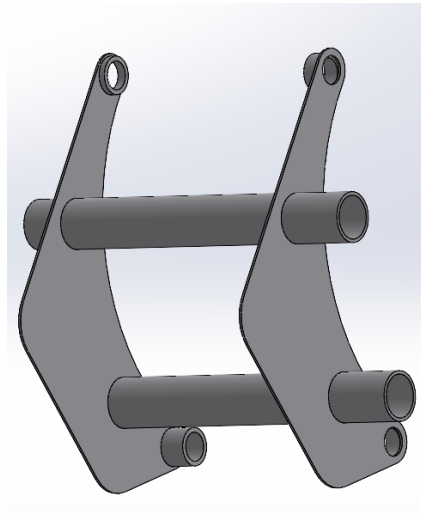


Figura 103: V1CM.

8.1.2. SIMULACIONES

Con tal de comprobar la integridad estructural del chasis, se va a realizar una simulación por elementos finitos con las cargas que debe soportar la pipa de dirección durante la prueba de prensa horizontal. Esto es debido a que, durante esta prueba, es el momento en el que el chasis está sometido a los esfuerzos más altos y por lo tanto son las peores condiciones de trabajo posibles. Además, no se hace uso de las cargas generadas por el amortiguador trasero ni por el basculante debido a que estas se introducirán para el diseño en detalle del chasis, puesto que este primer estudio es un análisis con tal de identificar las diferencias de comportamiento frente a las cargas más altas.

Para la simulación, como ya ha sido comentado, se va a hacer uso del complemento de simulación de solidworks y se va a iniciar el proceso para realizar un estudio de cargas estáticas.

Para empezar, es importante comentar que, todas las piezas van a ser tratadas como sólidos durante la simulación. También cabe destacar que todas las conexiones entre piezas van a ser uniones rígidas, es decir, el programa va a interpretar que las piezas están soldadas entre sí.

El siguiente paso consiste en añadir las sujeciones al chasis en los puntos en los que este se encuentra anclado. Las sujeciones introducidas son las siguientes:

Sujeciones fijas: Se van a añadir sujeciones fijas en los puntos en los que el chasis se va a anclar al motor, puesto que este se trata del elemento más rígido de todo el conjunto de la motocicleta.

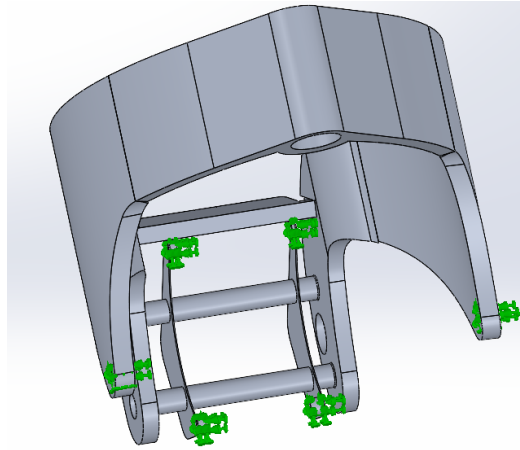


Figura 104: Sujeciones para simulación.

Posteriormente, en el punto de anclaje del basculante se procede a introducir una restricción de bisagra fija en el lugar donde se anclará el basculante, lo cual permite el giro, pero no el desplazamiento.

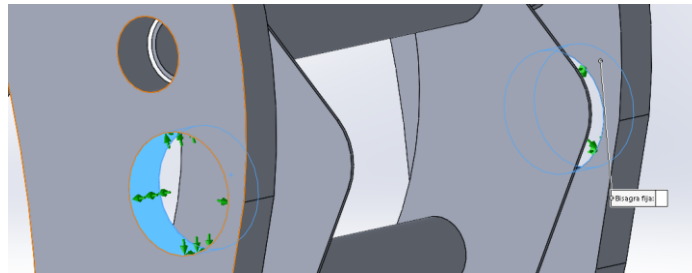


Figura 105: Restricción de bisagra fija.

Una vez se introducen todas las sujeciones se procede a añadir todas las cargas calculadas en el apartado 7.4 para la prueba de la prensa horizontal.

Las fuerzas introducidas son las siguientes:

Sobre la pipa de dirección se introducen las fuerzas $F1 = -23756,47\text{N}$ y la Fuerza $F2 = 20619,82\text{N}$. No se emplean las reacciones ni del basculante ni de la suspensión trasera ni del subchasis hasta la versión final en el apartado 8.

El resultado de introducir estas fuerzas es el siguiente:

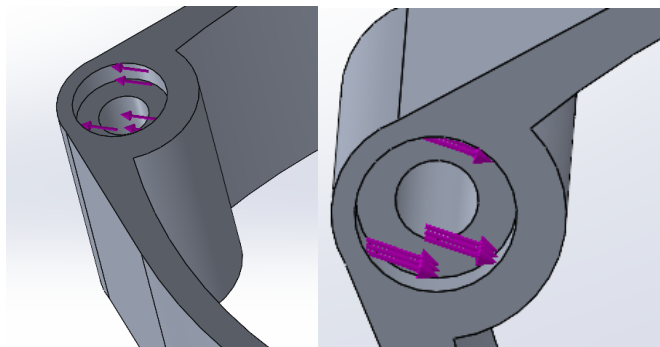


Figura 106: Cargas para la simulación.

Posteriormente, se crea la maya siguiendo los siguientes parámetros:

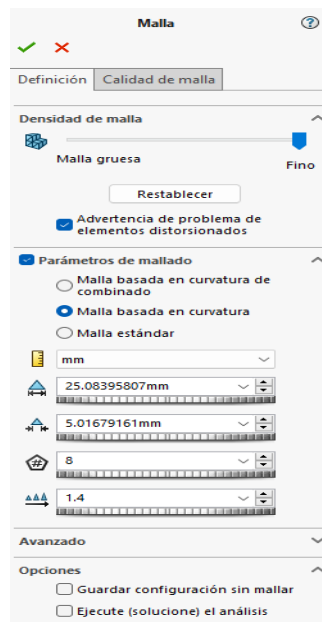


Figura 107: Propiedades de la malla.

Una vez aplicados los parámetros del mayado, se genera y el resultado es el siguiente:

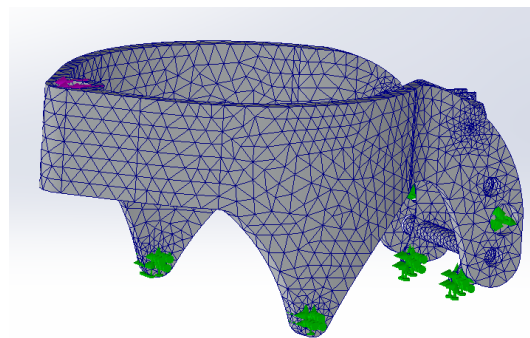


Figura 108: Mallado del modelo.

Finalmente se procede a calcular el chasis, obteniendo los siguientes resultados:

- Tensiones vonMises

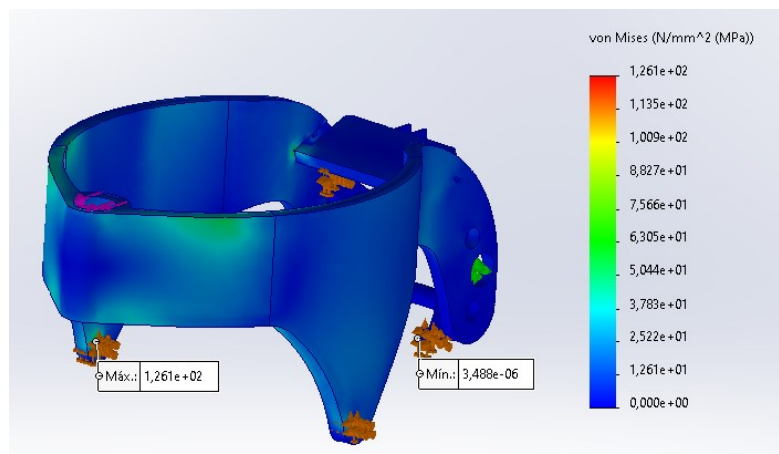


Figura 109: Tensiones de vonMises.

Tensión máxima alcanzada en esta simulación: 126,1 MPa.

- Desplazamientos

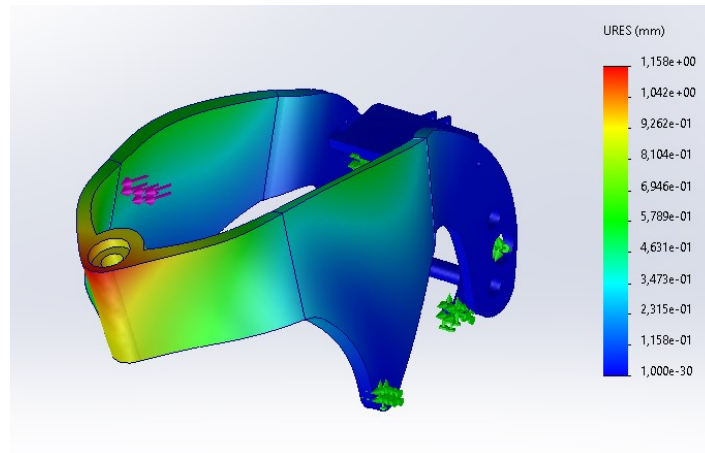


Figura 110: Desplazamientos.

Desplazamiento máximo alcanzado en esta simulación: 1,15mm.

- Factor de seguridad.

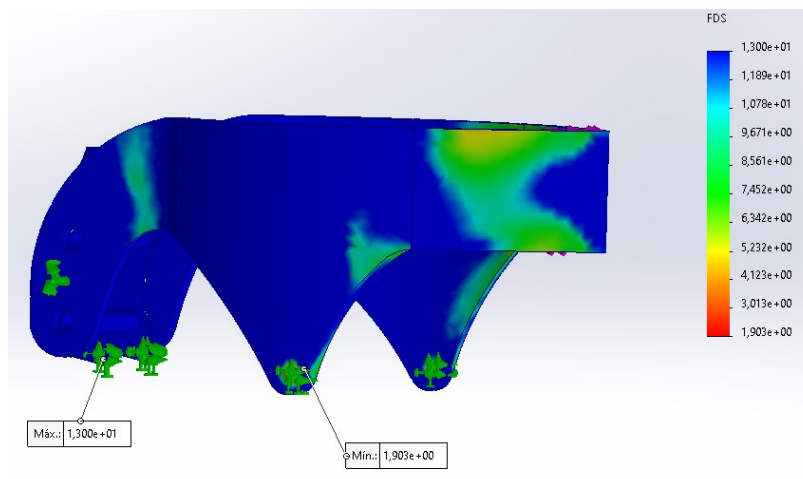


Figura 111: Factor de seguridad.

Factor de seguridad mínimo alcanzado en esta simulación: 1,903

- Rigidez.

Con tal de buscar un comportamiento global del prototipo adaptado al máximo al piloto y al circuito en el que se va a correr, anteriormente se ha establecido una metodología de cálculo y unos valores objetivos para la rigidez longitudinal y lateral.

Mediante la simulación por elementos finitos se procede a obtener un valor de referencia para dichas rigideces con tal de comparar todos los chasis propuestos:

Rigidez longitudinal:

Aplicando los esfuerzos a los que se somete la pipa de dirección durante la prueba de la prensa horizontal, se calcula el desplazamiento máximo del conjunto:

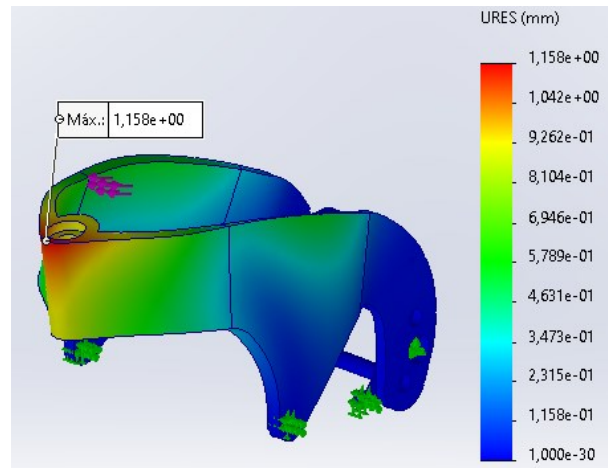


Figura 112: Desplazamiento máximo del chasis.

Se observa que dicho punto de máximo desplazamiento se encuentra en la parte anterior de la pipa y tiene un valor de 1,158mm.

Es por esto que, haciendo uso de la fórmula $RL=F/d$ mencionada anteriormente se obtiene el siguiente resultado:

$$Rl = \frac{F}{d} = \frac{3,434}{1,150} = 2,986 \frac{kN}{mm}$$

Se trata de un valor de rigidez algo bajo, pero dentro de los límites establecidos.

Rigidez lateral:

El parámetro más importante en el comportamiento de una moto durante el paso por curva es la rigidez lateral. En un circuito donde dicho paso por curva es tan importante se debe ajustar lo máximo posible este valor.

Haciendo uso de la simulación por elementos finitos y siguiendo la metodología explicada en el apartado 2 se procede a su cálculo:

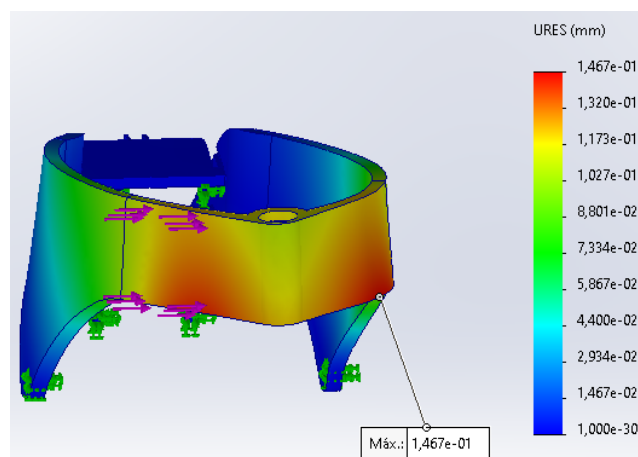


Figura 113: Desplazamiento.

$$Rlat = \frac{1}{d} = \frac{1}{0,147} = 6,82 \frac{kN}{mm}$$

Se obtiene un valor de rigidez lateral extremadamente alto para los requerimientos del prototipo ya que el límite para esta rigidez se encuentra comprendido entre 1 y 3 kN/mm.

8.1.3. CONCLUSIÓN DEL DISEÑO 1

El chasis ha sido diseñado mediante 4 piezas diferentes, soldadas entre si exceptuando la pieza V1SA y la pieza V1CM. El espesor de todo el chasis es de 20 mm y tiene una masa total de 22 kg, el cuál comparándolo con la competencia es algo superior.

Analizando los resultados, se observa una tensión máxima de 126,1 MPa, obtenido en un punto concentrador de tensiones situado en el anclaje al motor de los tirantes del chasis. Esta tensión máxima es puntual y se puede corregir en versiones futuras de este chasis. Es importante destacar que esta tensión máxima, sobre un límite elástico de 240 MPa, supone un coeficiente de seguridad de 1,9.

En cuanto al desplazamiento máximo, es de 1,15 mm, lo cual es un valor dentro de lo normal y aceptable. Cabe destacar que, debido a la asimetría del motor, el chasis no es completamente simétrico y existe una pequeña deformación en el eje x provocando inestabilidad en el conjunto del prototipo. Esto es normal en todas las motocicletas, pero se ha de comprobar que dicha deformación es muy baja. En este caso es de $1,82 \cdot 10^{-6}$ mm por lo que no supone ningún problema.

8.2. DISEÑO 2

8.2.1. COMPONENTES

- V2PD.

Durante una reunión posterior al primer diseño del chasis, se decidió que se iba a implementar un sistema de admisión de aire haciendo uso de un "airbox". Es por esto por lo que esta pieza debe contar con algún orificio de salida del tubo de admisión que sale del "airbox" y recoge aire de la parte delantera de la motocicleta.

Para conseguir esto, haciendo uso de la pieza V1PD, se realiza un croquis sobre la cara izquierda cerca de la pipa, por donde pasara dicho tubo, y posteriormente se realiza una operación de corte. El resultado es el siguiente:

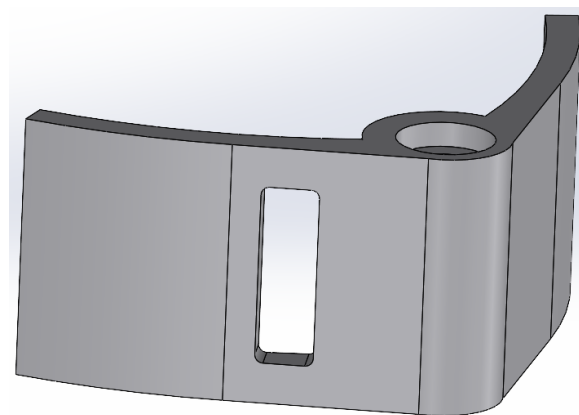


Figura 114: V2PD.

- V2VL:

Esta pieza, como se puede observar en las simulaciones de la primera versión se encuentra muy poco optimizada, por lo que se procede a dividir el tirante que ancla el motor en dos, realizando un orificio en la parte central con tal de reducir el peso de esta pieza de forma considerable.

Para esto se procede del mismo modo que con la pieza anterior. El resultado es el siguiente:

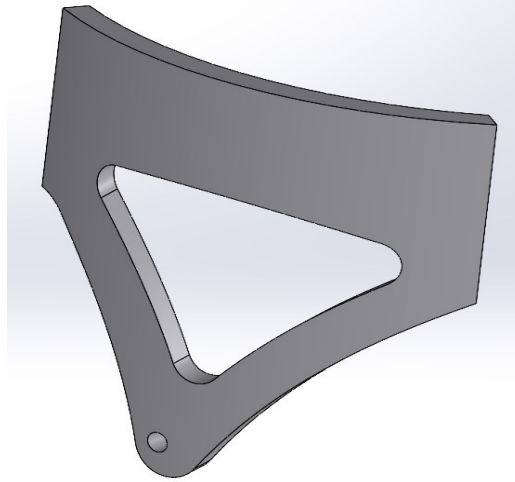


Figura 115:V2VL.

- V2A:

Durante el análisis al chasis anterior, se detectaron algunos errores de diseño en esta pieza. Errores como el tamaño de los agujeros y la falta de otros. Es por esto que se han realizado cambios con tal de corregir esto.

El procedimiento es el mismo que anteriormente y el resultado de esta pieza es el siguiente:

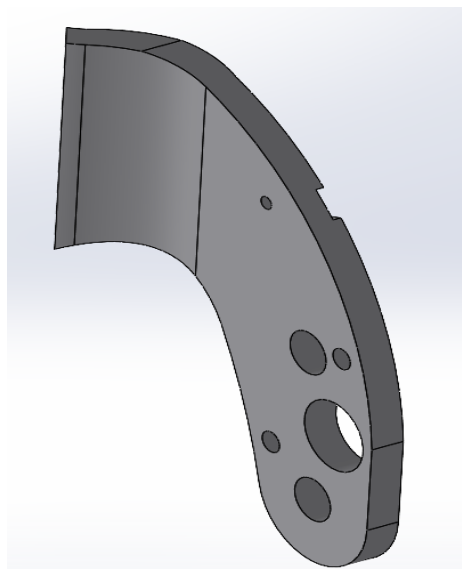


Figura 116:V2A.

- Ensamblaje:

El resto de las componentes quedan del mismo modo que en el chasis propuesto anteriormente. Por lo tanto, se procede a realizar de nuevo el ensamblaje:

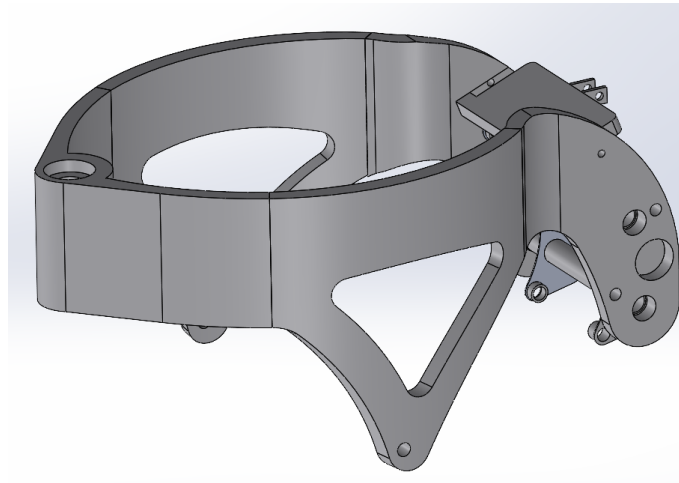


Figura 117: Chasis 2.

8.2.2. SIMULACIONES

La simulación que se procede a realizar con este nuevo chasis se lleva a cabo haciendo uso de las mismas cargas y de los mismos parámetros de mallado. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Tensiones vonMises

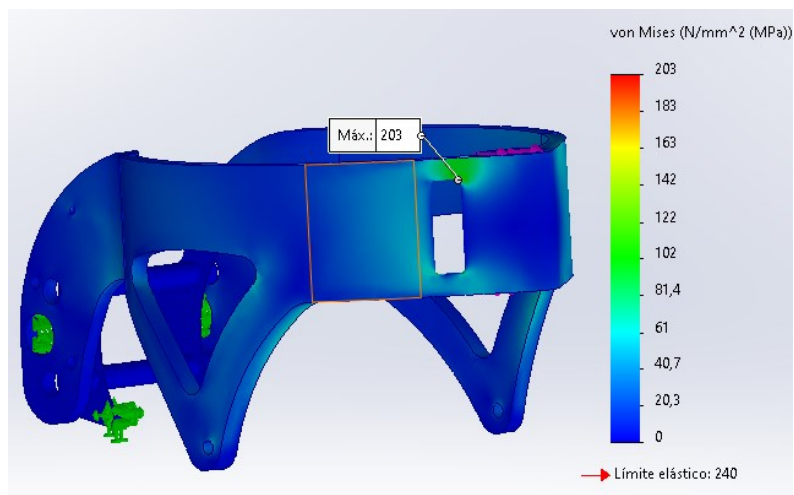


Figura 118: Tensiones de vonMises.

Tensión máxima alcanzada en esta simulación: 203 MPa.

- Desplazamientos

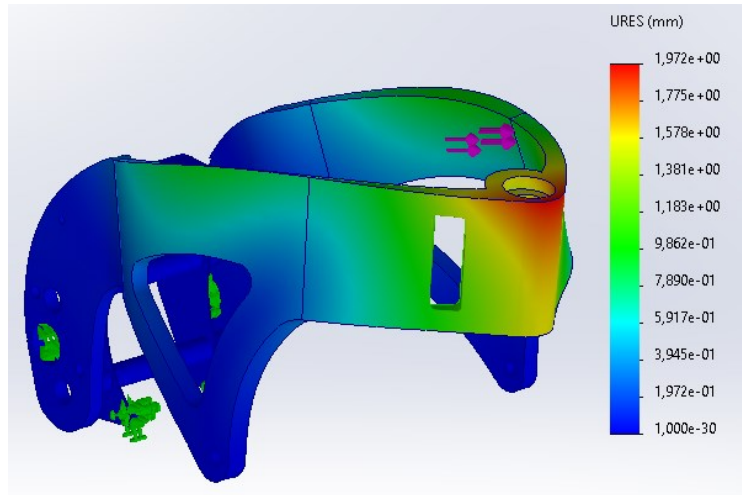


Figura 119: Desplazamientos.

Desplazamiento máximo alcanzado en esta simulación: 1,972mm.

- Factor de seguridad.

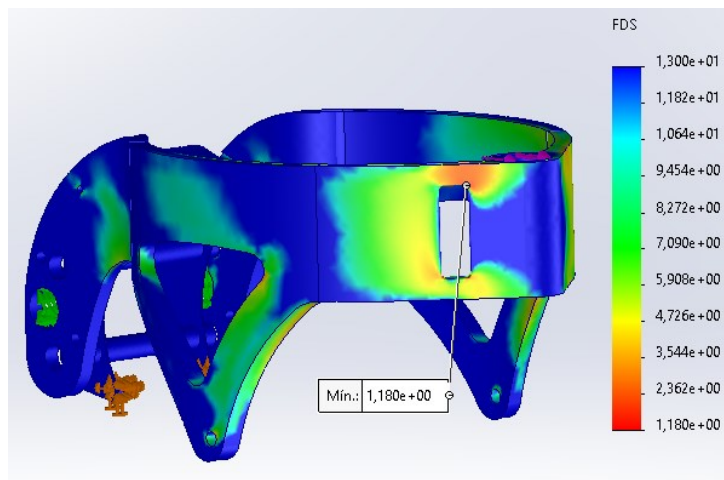


Figura 120: Factor de seguridad.

Factor de seguridad mínimo alcanzado en esta simulación: 1,3

- Rigidez.

Rigidez longitudinal:

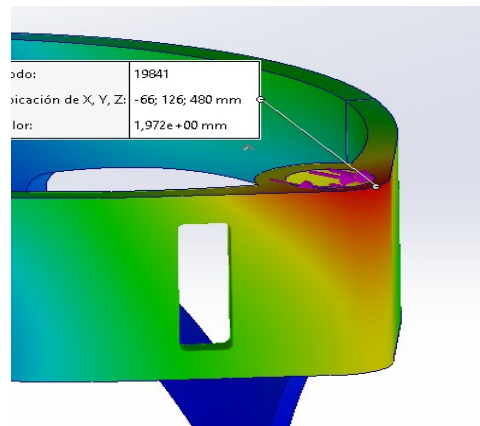


Figura 121: Desplazamiento máximo.

$$Rl = \frac{F}{d} = \frac{3,434}{1,972} = 1,740 \frac{kN}{mm}$$

En este caso, la rigidez longitudinal vuelve a disminuir situándose en valores ligeramente fuera del rango establecido.

Rigidez lateral:

Aplicando una fuerza de 1kN sobre el lateral de la pipa de dirección, igual que anteriormente, obtenemos el siguiente resultado de rigidez lateral:

$$Rlat = \frac{1}{d} = \frac{1}{0,162} = 6,250 \frac{kN}{mm}$$

En este caso, el valor de rigidez lateral ha disminuido ligeramente, pero se sigue situando bastante por encima del rango de valores establecido anteriormente.

8.2.3. CONCLUSIÓN DEL DISEÑO 2

Analizando los resultados, se puede observar una tensión máxima de 203 MPa, concentrándose las tensiones en un punto alrededor del orificio del nuevo sistema de aspiración de aire. Esta tensión máxima es puntual y se puede corregir en versiones futuras de este chasis. Es importante destacar que esta tensión máxima, sobre un límite elástico de 240 MPa, supone un coeficiente de seguridad de 1,18, lo cual es muy ajustado.

En cuanto al desplazamiento máximo, es de 1,97 mm, lo cual es un valor medianamente alto.

El resultado de la comparación de los dos primeros chasis se puede observar en la siguiente tabla:

CHASIS 1		CHASIS 2	
TENSIÓN MÁXIMA	126,1 Mpa	TENSIÓN MÁXIMA	203 Mpa
DEFORMACIÓN MÁXIMA	1,158 mm	DEFORMACIÓN MÁXIMA	1,972 mm
COEFICIENTE DE SEGURIDAD	1,9	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	1,18
RIGIDEZ LONGITUDINAL	2,9856 KN/mm	RIGIDEZ LONGITUDINAL	1,74 kN/mm
RIGIDEZ LATERAL	6,82 kN/mm	RIGIDEZ LATERAL	6,25 kN/mm

Tabla 21: Características chasis 1 y 2.

Analizando los resultados de los chasis anteriormente propuestos, se observa un incremento de la tensión máxima debido al orificio realizado sobre la pieza V2PD. Esta reducción de material conlleva también un aumento de la deformación máxima del chasis, lo cual implica una disminución de la rigidez longitudinal situándose en valores fuera del rango anteriormente establecido. En cuanto a la rigidez lateral, vemos valores más altos de lo definido anteriormente.

Respecto al peso total del chasis, en este caso tenemos valores de 19 kg en total, por lo que se va a llevar a cabo un aligeramiento de todas las piezas que formarán el tercer chasis propuesto en el proyecto.

8.3.DISEÑO 3

8.3.1. COMPONENTES

- V3PD

Para llevar a cabo el diseño de la pieza V3PD, se ha realizado un pequeño cambio de concepto respecto al orificio de la pieza V2PD, situando este orificio centrado aprovechando el agujero que se realiza a la pipa de dirección. Este agujero se realiza con tal de disminuir la rigidez lateral del chasis y el peso total de la pieza.

Además, observando los puntos de menor tensión, se han realizado dos orificios más en los extremos de la pieza. El resultado final es el siguiente:

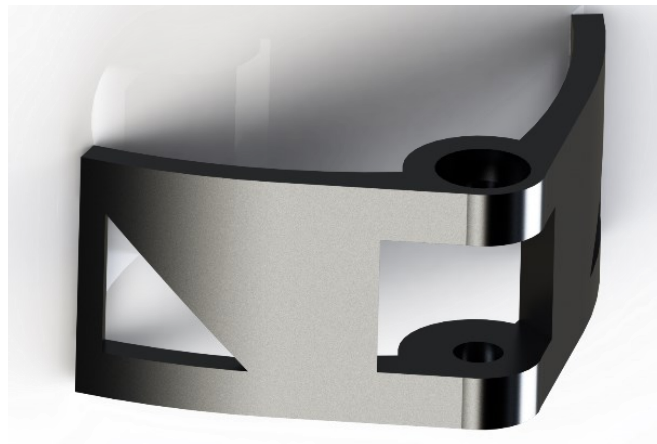


Figura 122: V3PD.

- V3VL

Observando los resultados de esta pieza en las simulaciones de los chasis anteriores se realiza un proceso de aligeramiento debido a que esta pieza no concentra grandes tensiones y su masa es excesiva.

Para ello se llevan a cabo dos procesos. El primero se trata de un proceso para eliminar material mediante la herramienta “envolver” de SolidWorks, lo cual permite realizar una proyección sobre una cara curva. Esto permite a la pieza ser aligerada, pero seguir soportando grandes esfuerzos.

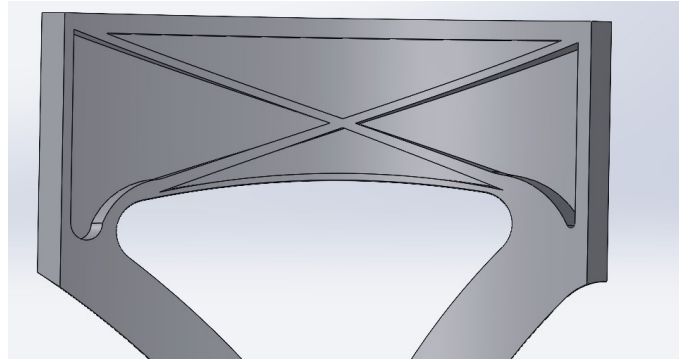


Figura 123: V3VL primer concepto.

Posteriormente, analizando los tirantes, se observa también que están sobredimensionados, por lo que se procede a realizar unos orificios con tal de seguir aligerando la pieza. Finalmente se obtiene el resultado de la pieza, quedando del siguiente modo:



Figura 124: V3VL.

Además, se puede observar que se han realizado 12 taladros a la pieza de forma que en ese punto es en el que se va a llevar a cabo el sistema de rigidez lateral variable explicado en el apartado 9.

- V3A:

Analizando detenidamente los resultados anteriores, se determina que esta pieza necesita algunos cambios de posición de ciertos orificios. Además, los esfuerzos que soporta son relativamente bajos, por lo que se ha decidido realizar un aligeramiento de la pieza esta vez mediante taladrado. Esto es para abaratar costes y ofrecer más puntos de unión para el basculante y el sistema de bieletas de la suspensión trasera en caso de que el equipo encargado de suspensiones decida realizar cambios geométricos de puesta a punto para la carrera.

El resultado de esta pieza es el siguiente



Figura 125:V3A.

- V3SA:

Con los datos suministrados por el departamento de suspensiones del equipo, se conocen las reacciones de la suspensión trasera. Estas fuerzas serán aplicadas en la simulación con tal de dimensionar esta pieza correctamente.

El principal cambio que sufre esta pieza es su sistema de anclaje al chasis, que, en esta versión será reforzado mediante tornillería.

Además, en la parte que menos tensiones va a sufrir este elemento, se ha realizado un proceso de aligeramiento, quedando la pieza del siguiente modo:



Figura 126: V3SA.

- Pletina de refuerzo.

Observando que el desplazamiento longitudinal del segundo chasis era muy alto, se diseña una pletina la cual se instalará soldada sobre la pieza V3PD. Esta pletina de espesor 5 mm, mejorará la rigidez longitudinal del chasis disminuyendo el desplazamiento máximo del mismo.

El resultado del diseño de esta pieza es el siguiente:



Figura 127: Pletina de refuerzo.

- V3CM

Finalmente, debido a peso que debe soportar esta pieza, junto con la necesidad de una gran rigidez se realiza un cambio de espesor en esta pieza.

Las pletinas laterales sufren un aumento de espesor de hasta 5 mm, quedando la pieza del siguiente modo:



A continuación, se procede con el ensamblaje de todos los componentes anteriormente descritos y con la simulación de este:



Figura 128: Chasis 3.

8.3.2. SIMULACIONES

La simulación se realiza con las mismas cargas que en las simulaciones anteriores:

- Tensiones vonMises

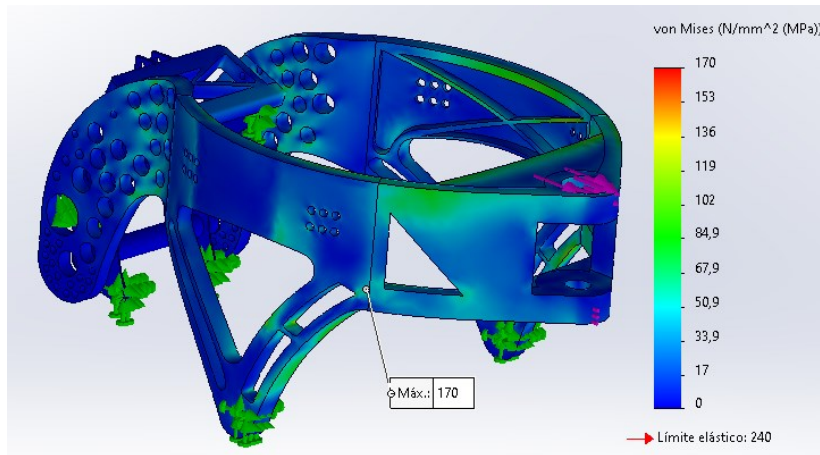


Figura 129: Tensiones de vonMises.

Tensión máxima alcanzada en esta simulación: 170 MPa.

- Desplazamientos

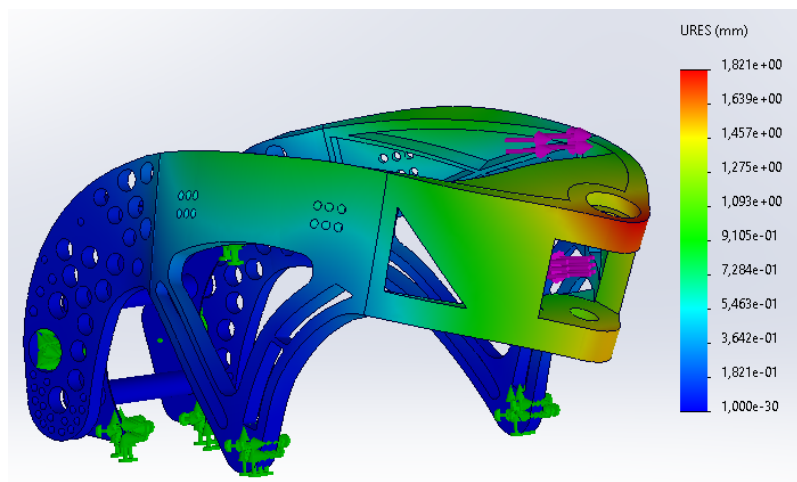


Figura 130: Desplazamientos.

Desplazamiento máximo alcanzado en esta simulación: 1,821mm.

- Factor de seguridad.

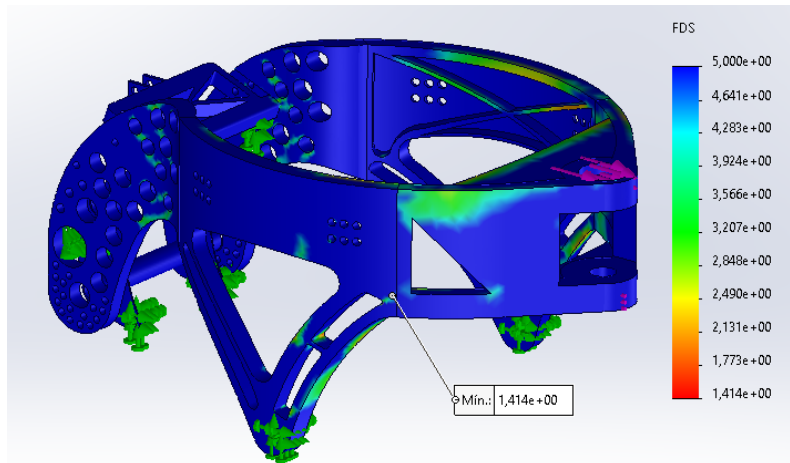


Figura 131: Factor de seguridad.

Factor de seguridad mínimo alcanzado en esta simulación: 1,4

- Rigidez.

Rigidez longitudinal:

El proceso de cálculo de la rigidez longitudinal es el mismo que en los chasis propuestos anteriormente:

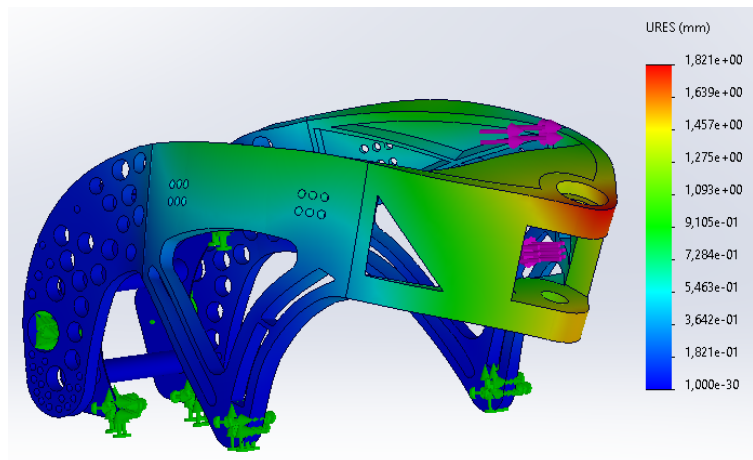


Figura 132: Rigidez longitudinal.

$$Rl = \frac{F}{d} = \frac{3,434}{1,821} = 1,889 \frac{kN}{mm}$$

Rig lateral:

El proceso de cálculo de la rigidez lateral es el mismo que en los chasis propuestos anteriormente:

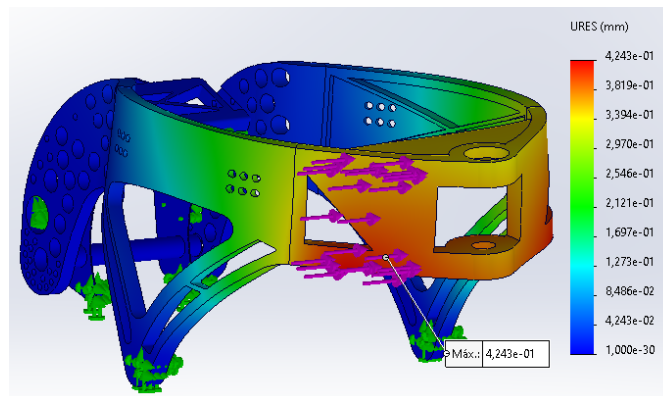


Figura 133: Rigidez lateral.

$$R_{lat} = \frac{1}{d} = \frac{1}{0,424} = 2,358 \frac{kN}{mm}$$

8.3.3. CONCLUSIÓN DISEÑO 3

En la simulación del tercer chasis propuesto se observa una clara disminución de la tensión máxima hasta los 170 MPa, los cuales se concentran en un punto del anclaje al motor. Se observa también, una disminución de la deformación máxima del chasis, siendo ahora de 1,82 mm.

Respecto al coeficiente de seguridad, teniendo el material seleccionado un límite de 240 MPa, el resultado es de 1,4. Lo cual, teniendo en cuenta que el chasis solamente va a sufrir estos esfuerzos una vez durante aproximadamente 15 segundos, es aceptable.

En la siguiente tabla se pueden observar los resultados obtenidos en las simulaciones de los tres chasis propuestos anteriormente:

	CHASIS 1	CHASIS 2	CHASIS 3
TENSIÓN MÁXIMA	126,1 Mpa	203 MPa	170 MPa
DEFORMACIÓN MÁXIMA	1,158 mm	1,972 mm	1,82
COEFICIENTE DE SEGURIDAD	1,9	1,18	1,41
RIGIDEZ LONGITUDINAL	2,9856 KN/mm	1,74 kN/mm	1,889 kN/mm
RIGIDEZ LATERAL	6,82 kN/mm	6,25 kN/mm	2,358 kN/mm
MASA	22 kg	19 kg	12 kg

Tabla 22: Comparación de todos los chasis propuestos.

Analizando los resultados vemos claramente como el tercer chasis cuenta con las mejores prestaciones respecto a rigideces, lo cual implica que el comportamiento de este prototipo será el definitivo que se montará en el prototipo final. Además, respecto a tensión máxima y factor de seguridad ofrece resultados buenos. Respecto al peso también resulta ser la mejor opción.

Es por esto, que, como decisión final, el chasis que se procede a analizar, optimizar y simular en detalle es la tercera opción propuesta.

8.4. DISEÑO FINAL

Una vez ensamblada la tercera opción de chasis se procede a insertarlo en el conjunto de la motocicleta quedando del siguiente modo:



Figura 134: Conjunto del prototipo.

En la imagen de conjunto se observan todos los componentes que intervienen en el diseño del chasis y en la geometría general de la moto. Para realizar el correcto ensamblado del chasis, el motor de la honda debe ser desplazado 8 mm hacia la viga izquierda con tal de no interferir el sistema de transmisión con la rueda trasera y el basculante. Una vez todos los componentes quedan perfectamente ensamblados, y conocida la ergonomía del piloto encima de la moto, se procede a diseñar el subchasis, sobre el cual se montará el asiento del propio piloto. Además, será el encargado de soportar los esfuerzos producidos por la prueba de la prensa vertical y el propio peso del piloto.

8.4.1. SUB-CHASIS

A continuación, se procede a realizar un diseño de subchasis, el cuál será analizado y simulado posteriormente junto al conjunto del chasis.

Para empezar, se debe conocer en qué puntos se va a anclar el mismo. Dichos puntos son los siguientes:

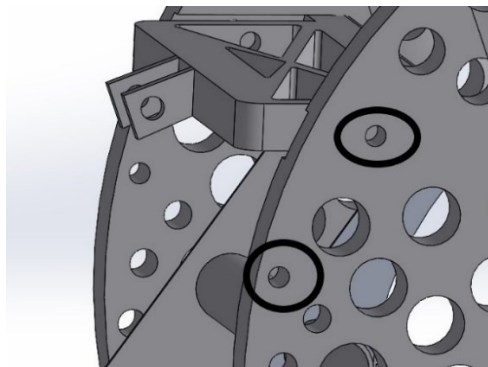


Figura 135: Puntos de anclaje del subchasis.

Una vez conocidos estos puntos se procede a diseñar el conjunto del subchasis, el cual deberá soportar la carga de la prueba de prensa vertical.

El conjunto del subchasis se realizará también en aluminio macizo y estará formado por once piezas en total soldadas entre sí.

- Subconjunto superior

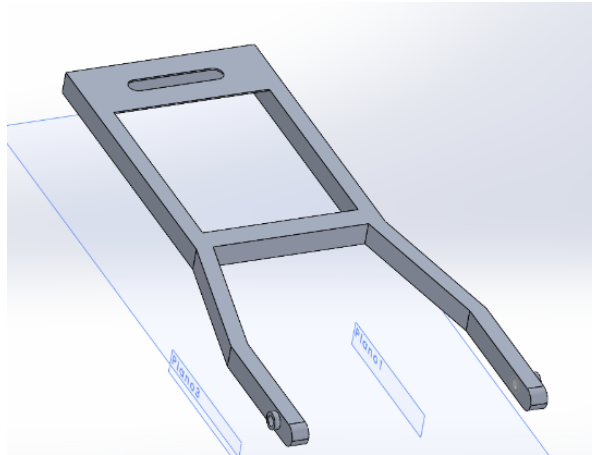


Figura 136: Subconjunto superior del subchasis.

El subconjunto superior formado por siete piezas constituye la parte superior del subchasis, sobre la que se montará el carenado y el asiento del piloto. Además, sobre esta pieza, por el interior del carenado pasarán sistemas eléctricos en dirección al colín de la moto, donde se instalarán fusibles y la centralita de potencia de la moto.

En el diseño se puede apreciar los salientes en los extremos, los cuales tienen la función de introducirse por la acanaladura realizada sobre la pieza V3A, para atornillarse en los orificios superiores mostrados anteriormente.

Las piezas que constituyen este subconjunto son las siguientes:

PSD

Para el subconjunto, existen dos piezas PSD iguales colocadas de forma simétrica respecto al eje longitudinal del chasis. Estas piezas serán la encargada de dar la forma al subchasis y anclarlo al propio chasis.

El diseño de estas piezas es el siguiente:

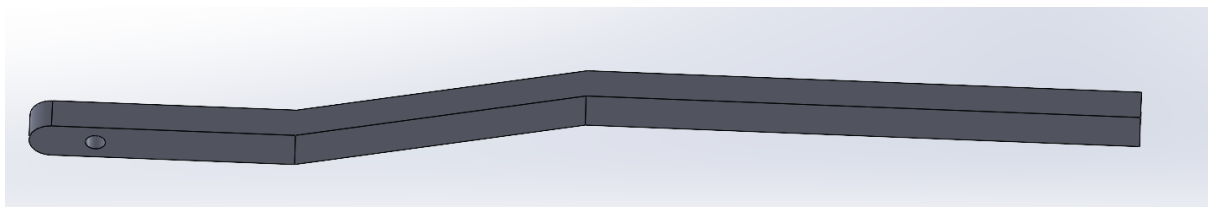


Figura 137: PSD.

PSC

Posteriormente, se encuentran dos componentes PSC situados en la parte central y en el extremo de forma perpendicular a la pieza PSD. El componente situado en la parte central será el encargado de soportar las cargas de la prueba de la prensa vertical y el propio peso del piloto, así como otras cargas al que será sometido durante la carrera.

El resultado de estas piezas es el siguiente:

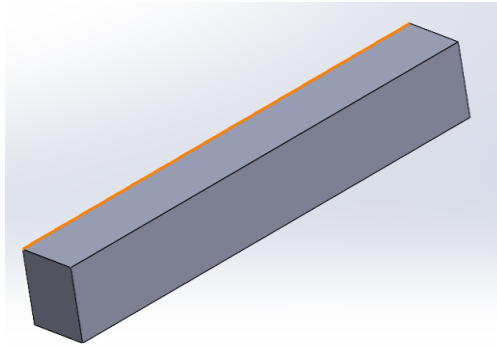


Figura 138: PSC.

PS

Además, el subchasis cuenta con una pletina llamada PS, situada en el extremo superior del subchasis, donde se anclará el carenado y numerosos componentes electrónicos anteriormente mencionados.

El diseño de esta pieza queda del siguiente modo:

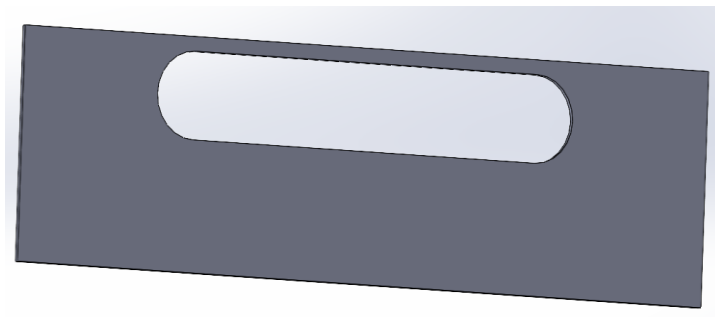


Figura 139:PS.

-ASC

Finalmente, los dos componentes nombrados como ASC, serán soldados a las piezas PSD de forma que su agujero roscado interior sea concéntrico al de los agujeros de los extremos de dichas piezas.

Este componente tiene la finalidad de unir el chasis y el subchasis:

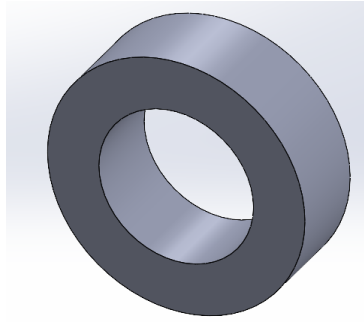


Figura 140: ASC.

- P2

La segunda pieza que forma el subchasis hace la función de reforzar la estructura y va soldada a la pieza 1. Se ancla en el chasis, en los orificios inferiores mostrados anteriormente y se sueldan a la pieza 1. La función de esta pieza es principalmente de refuerzo y para reducir la tensión que se transmite al anclaje y al chasis.

Esta pieza está fabricada en el mismo aluminio y es maciza también.

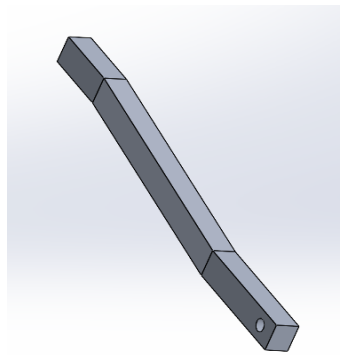


Figura 141:P2.

- PLETINA REFUERZO

Con tal de reforzar la estructura formada por la pieza 1 y la pieza 2, se suelda una pletina de refuerzo de espesor 1,5 mm como la mostrada a continuación.

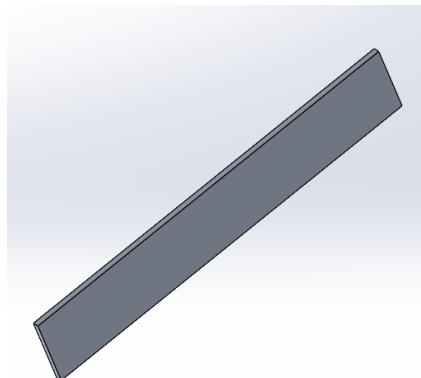


Figura 142: Pletina refuerzo.

El resultado del ensamblaje de las piezas que forman el subchasis es el siguiente:



Figura 143: Subchasis.

Sobre esta estructura, una vez montada en el tercer chasis se aplicará una carga de 250 kg en una de las pruebas de la competición. Esta carga será aplicada directamente sobre el asiento del piloto por lo que en la simulación se aplicará la carga sobre la viga transversal central.

Cabe destacar que todos los elementos anteriormente nombrados serán soldados para formar la estructura del subchasis. De este modo, el subchasis y el chasis serán roscados por 4 puntos de unión.

8.4.2. CONJUNTO



Figura 144: Conjunto chasis-subchasis.

8.4.3. SIMULACIONES

- Prensa horizontal

Durante la prueba de prensa horizontal, la moto es sometida a un esfuerzo de 350 kg sobre el tren delantero, lo cual se traduce en esfuerzos sobre la pipa de dirección.

Además, se producen unas reacciones sobre los anclajes de la suspensión trasera y del basculante, calculadas por el equipo de suspensiones.

PARTE	FUERZA X (N)	FUERZA Y (N)
SUPERIOR PIPA	-23756,47	-
INFERIOR PIPA	20619,82	-
SUJECIÓN SUPERIOR AMORTIGUADOR	697,21	5721,85
EJE BASCULANTE	8455,11	-893,12
SUJECIÓN INFERIOR AMOPRTIGUADOR	-7215,21	3699,52

Tabla 23: Esfuerzos prensa horizontal.

Finalmente, siguiendo los mismos parámetros de mallado y simulación, al introducir las nuevas cargas, el modelo queda del siguiente modo:

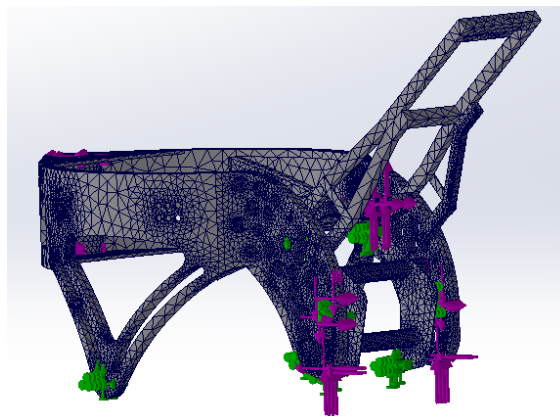


Figura 145: Mallado del modelo.

- Tensiones vonMises

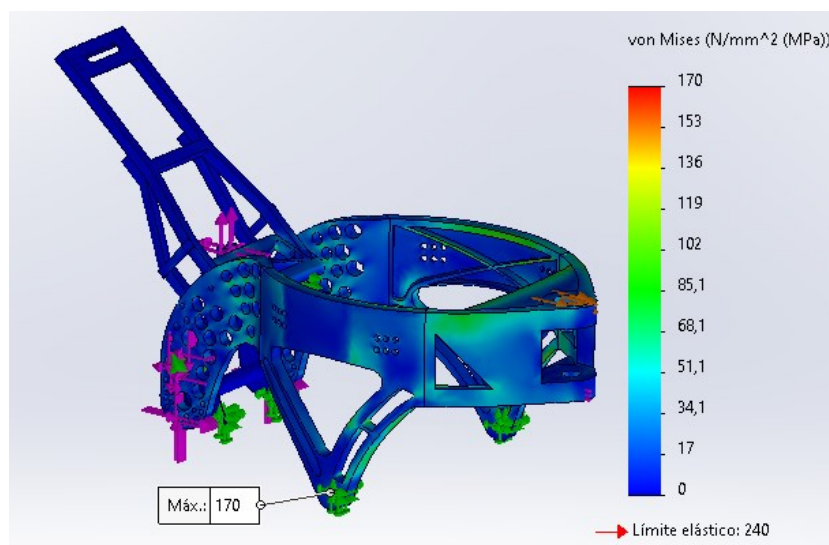


Figura 146: Tensiones de vonMises.

Tensión máxima alcanzada en esta simulación: 170 MPa.

- Desplazamientos

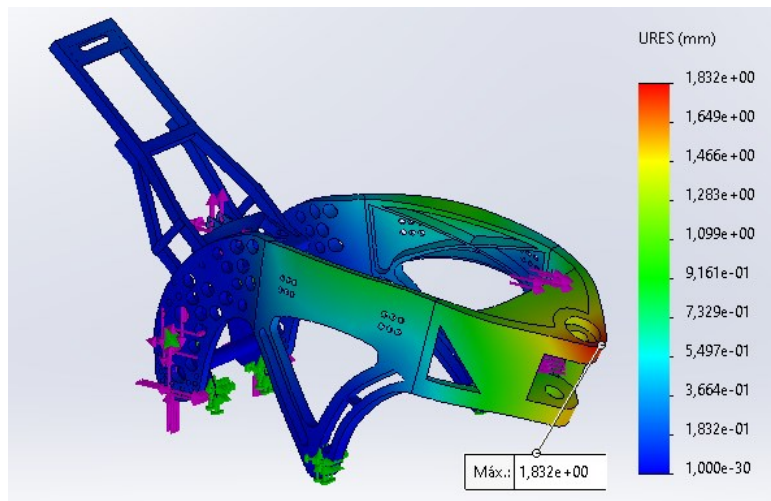


Figura 147: Desplazamiento.

Desplazamiento máximo alcanzado en esta simulación: 1,832mm.

- Factor de seguridad.

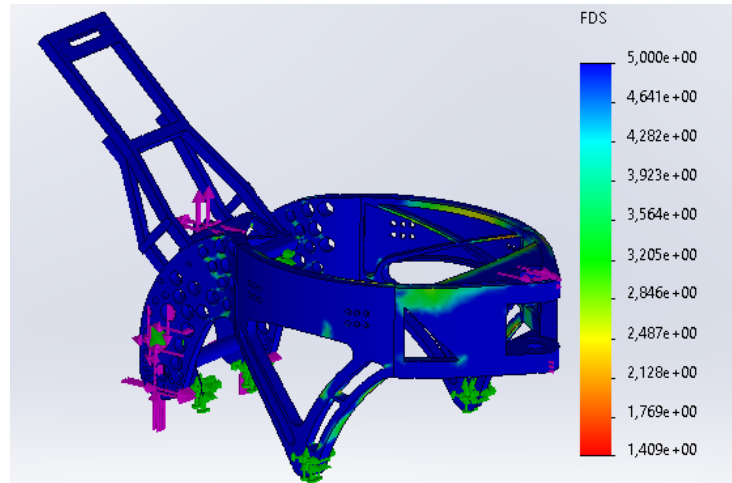


Figura 148: Factor de seguridad.

Factor de seguridad mínimo alcanzado en esta simulación: 1,409

- Prensa vertical

Durante la prueba de prensa vertical, la moto es sometida a un esfuerzo de 250 kg sobre el asiento del piloto, por lo que se introduce la fuerza de forma vertical sobre la parte central del subchasis.

PARTE	FUERZA (N)
SUBCHASIS	2452,5

Tabla 24: Esfuerzos prensa vertical.

- Tensiones vonMises

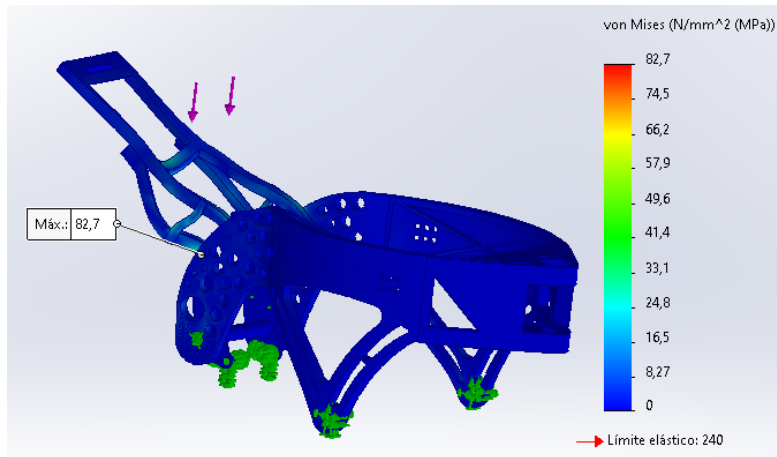


Figura 149: Tensiones de vonMises.

Tensión máxima alcanzada en esta simulación: 82.7 MPa.

- Desplazamientos

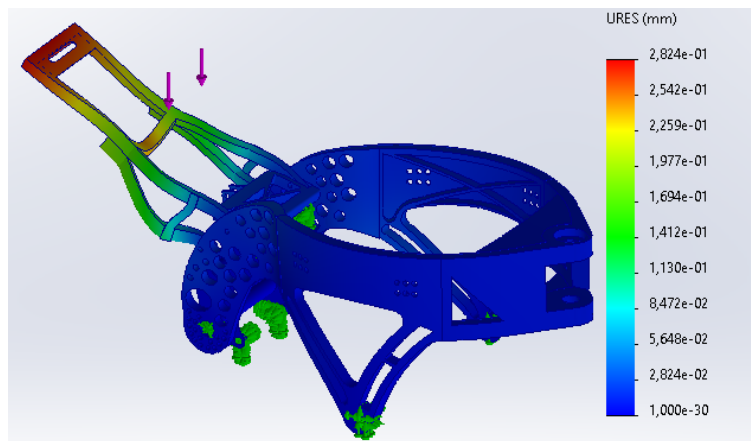


Figura 150: Desplazamientos.

Desplazamiento máximo alcanzado en esta simulación: 0,2824mm.

- Factor de seguridad.

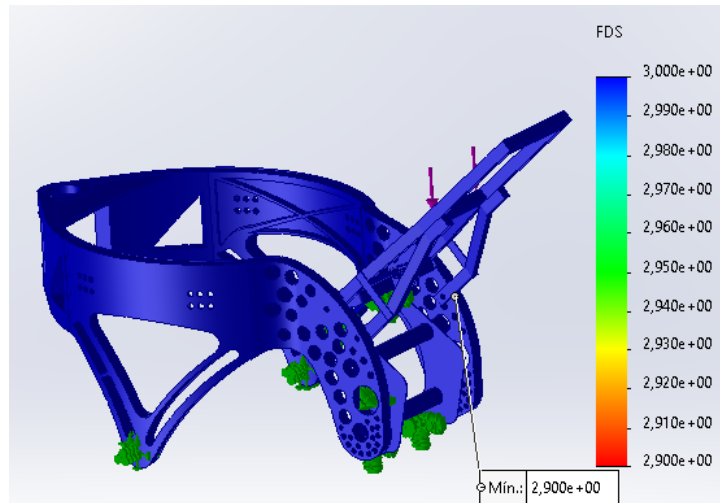


Figura 151: Factor de seguridad.

Factor de seguridad mínimo alcanzado en esta simulación: 2,9

- Aceleración máxima

Con las cargas calculadas por el departamento de suspensiones, se procede a desarrollar el proceso de simulación:

PARTE	FUERZA X (N)	FUERZA Y (N)
SUJECIÓN SUPERIOR AMORTIGUADOR	605,23	5162,74
EJE BASCULANTE	8002,1	-900,87
SUJECIÓN INFERIOR AMOPRTIGUADOR	-6821,54	3613,43

Tabla 25: Esfuerzos aceleración máxima.

Finalmente, siguiendo los mismos parámetros de mallado y simulación, los resultados obtenidos son los siguientes:

- Tensiones vonMises

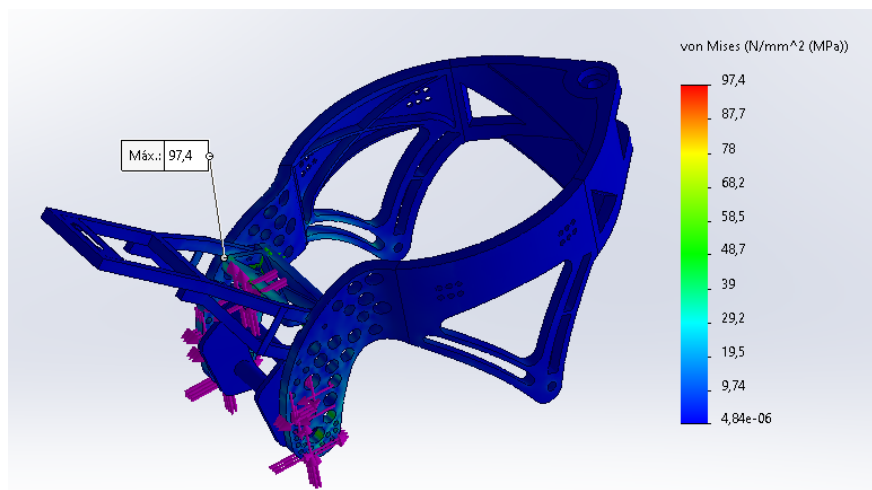


Figura 152: Tensiones de vonMises.

Tensión máxima alcanzada en esta simulación: 97.4 MPa.

- Desplazamientos

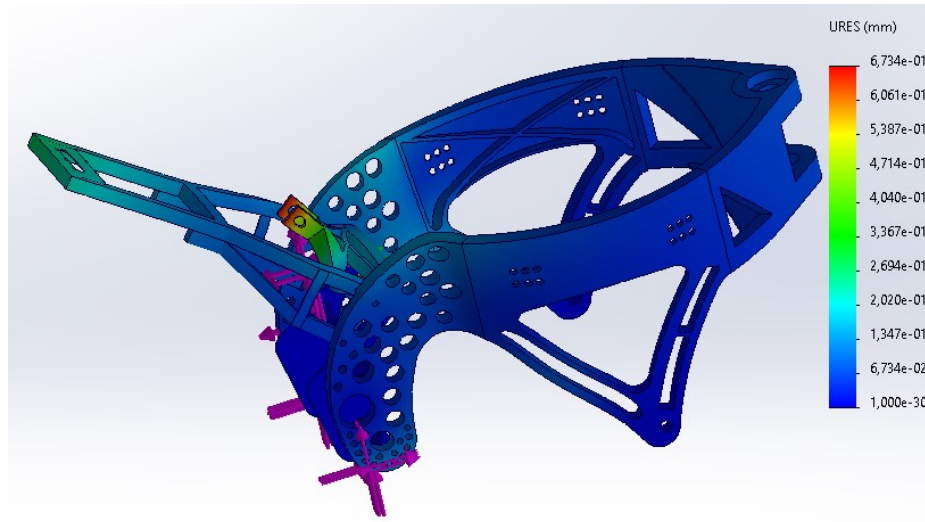


Figura 153: Desplazamiento.

Desplazamiento máximo alcanzado en esta simulación: 0,6734mm.

- Factor de seguridad.

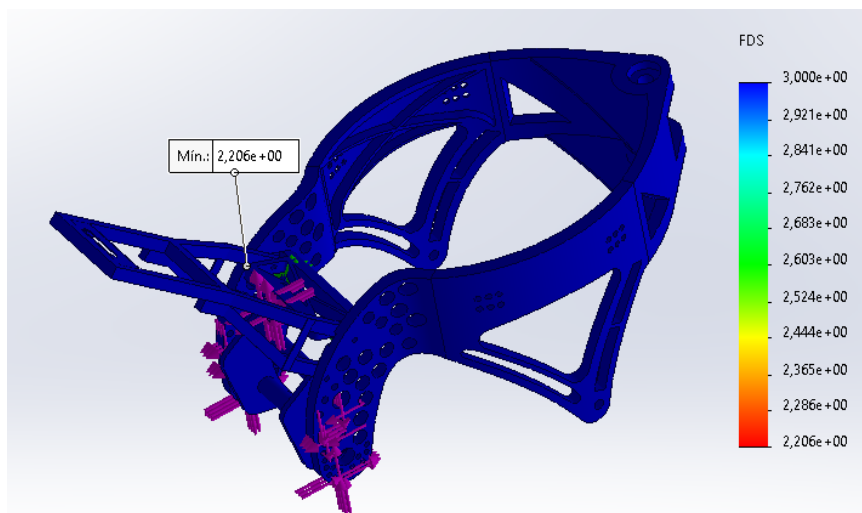


Figura 154: Factor de seguridad.3

Factor de seguridad mínimo alcanzado en esta simulación: 2,206

- Frenada máxima

Para la simulación de frenada máxima por límite de vuelco, se tiene en cuenta que todo el peso de la motocicleta se transmite al tren delantero por lo que las cargas que va a sufrir el chasis son las siguientes:

PARTE	FUERZA (N)
SUPERIOR PIPA	16129,04
INFERIOR PIPA	13999,46

Tabla 26: Esfuerzos frenada máxima.

- Tensiones vonMises

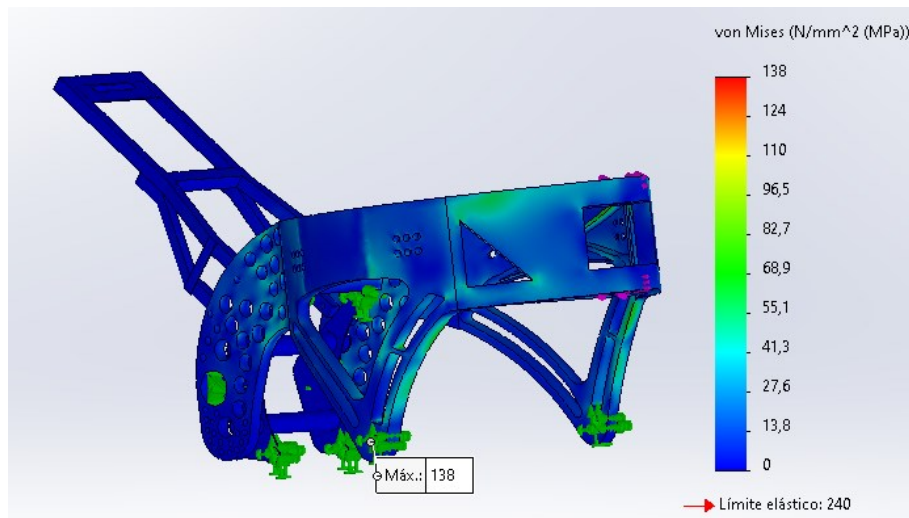


Figura 155: Tensiones de vonMises.

Tensión máxima alcanzada en esta simulación: 138 MPa.

- Desplazamientos

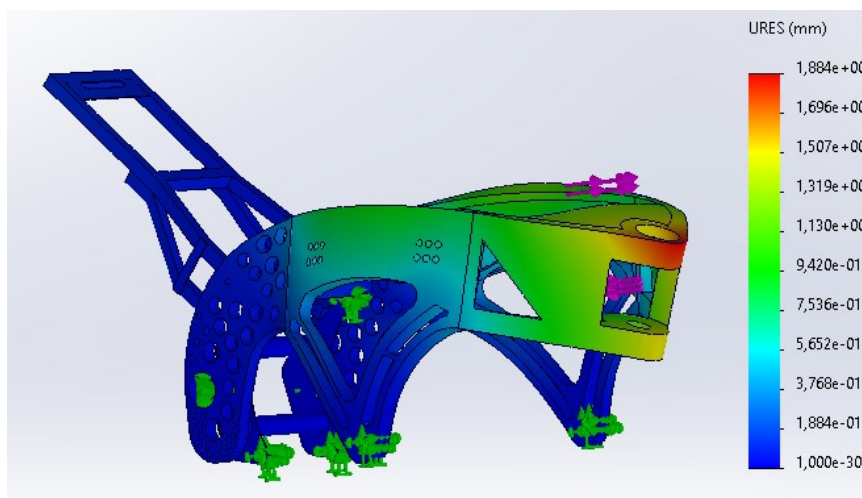


Figura 156: Desplazamiento.

Desplazamiento máximo alcanzado en esta simulación: 0,1884mm.

- Factor de seguridad.

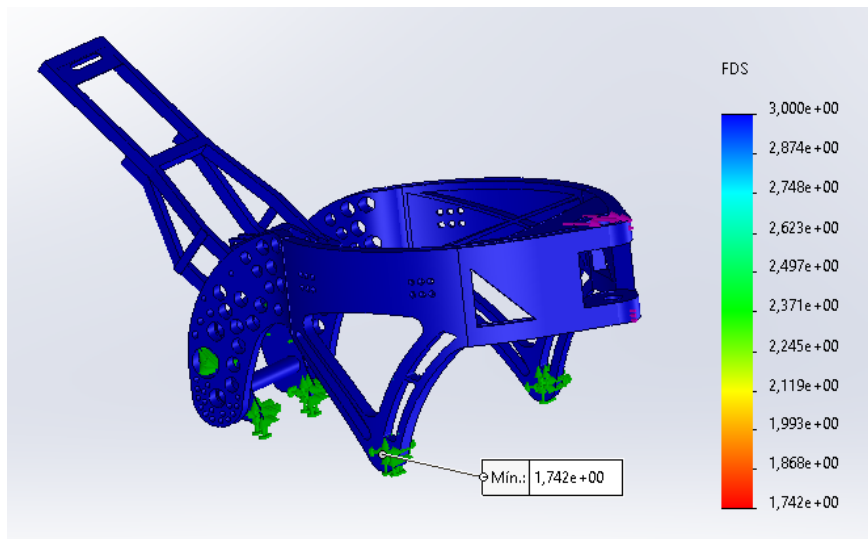


Figura 157: Factor de seguridad.

Factor de seguridad mínimo alcanzado en esta simulación: 1,742.

- Caída

Según los cálculos obtenidos anteriormente, una vez calculada la fuerza de impacto del chasis contra el suelo, se procede con la simulación.

PARTE	FUERZA (N)
LATERAL CHASIS	14306,25

Tabla 27: Esfuerzos caída.

- Tensiones vonMises

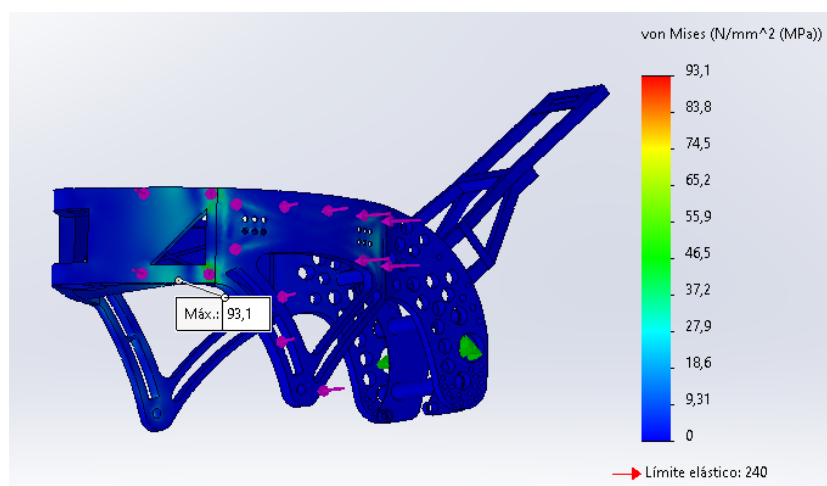


Figura 158: Tensiones de vonMises.

Tensión máxima alcanzada en esta simulación: 93.1 MPa.

- Desplazamiento

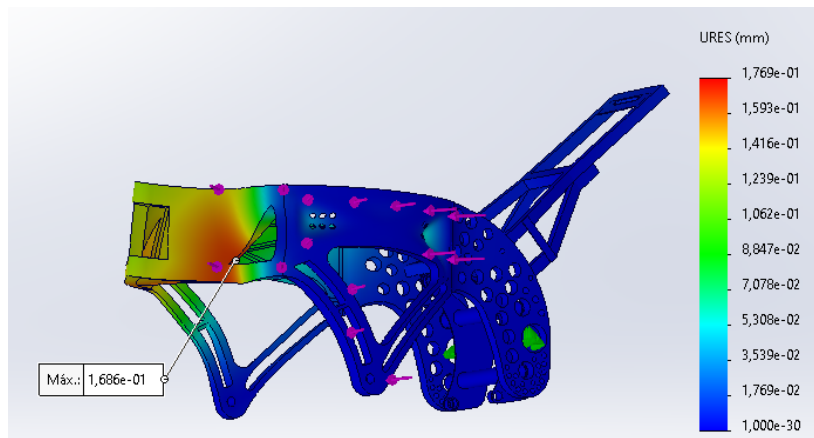


Figura 159: Desplazamiento.

Desplazamiento máximo alcanzado en esta simulación: 0,1769mm.

- Factor de seguridad

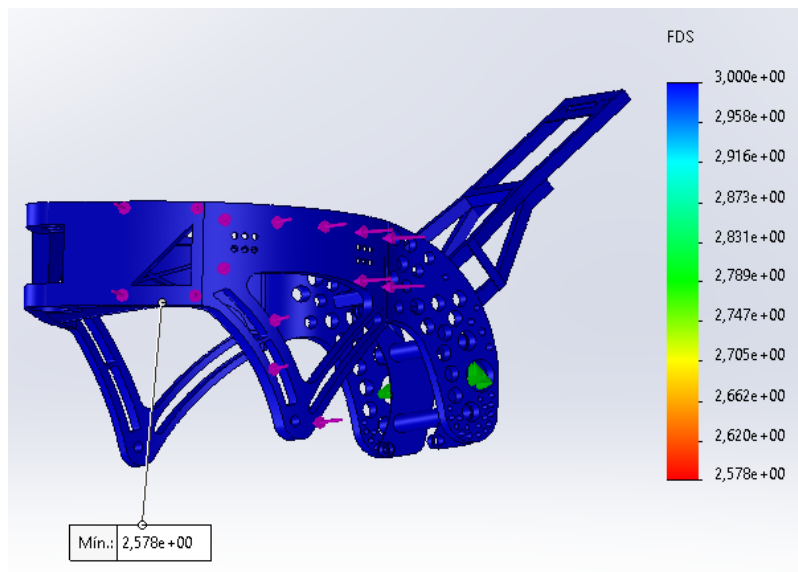


Figura 160: Factor de seguridad.

Factor de seguridad mínimo alcanzado en esta simulación: 2,578.

- Rigidez longitudinal

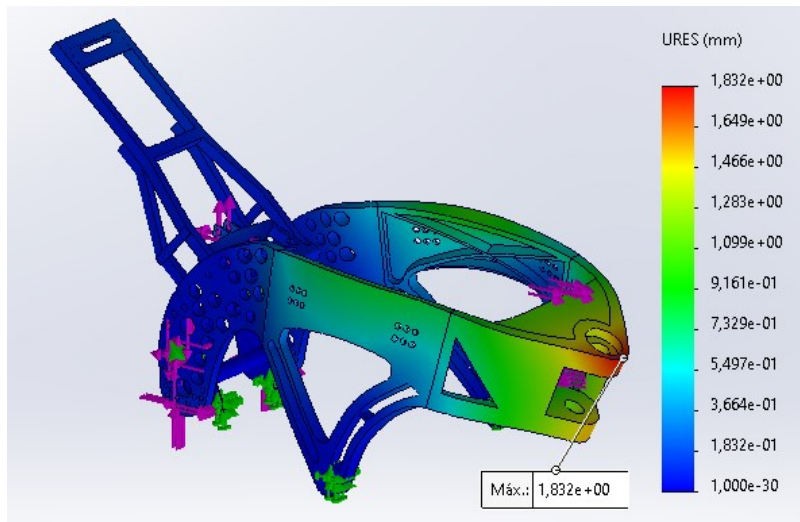


Figura 161: Rigidez longitudinal.

Para calcular la rigidez longitudinal del chasis se siguen los mismos cálculos que anteriormente:

$$Rl = \frac{F}{d} = \frac{3,434}{1,832} = 1,874 \frac{kN}{mm}$$

- Rigidez lateral

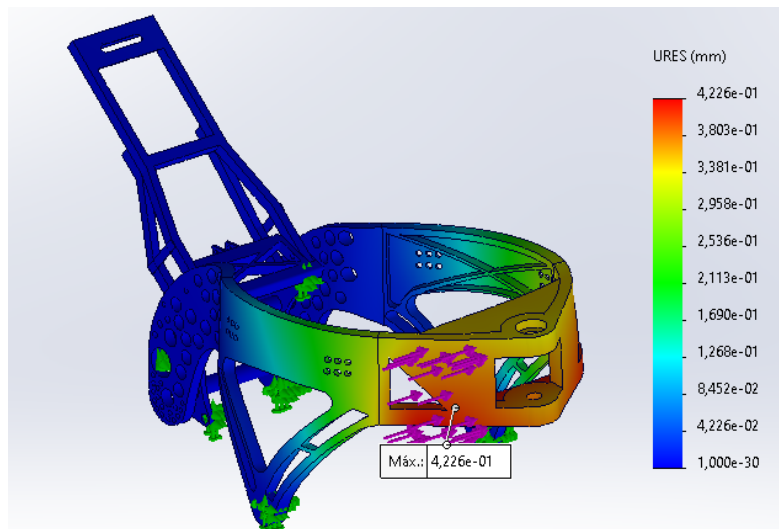


Figura 162: Rigidez lateral.

$$Rl = \frac{F}{d} = \frac{1}{0,423} = 2,367 \frac{kN}{mm}$$

8.4.4. CONCLUSIÓN DISEÑO FINAL

Como conclusión del diseño del chasis, se puede afirmar que, el diseño final logrado tiene unas prestaciones óptimas según los objetivos del equipo.

Realizando un estudio de los resultados obtenidos anteriormente, se puede afirmar que la prueba más restrictiva para el diseño del chasis es la prensa horizontal, en la cual se obtiene un coeficiente de seguridad bajo, pero por encima de 1,4 por lo que, al ser una carga la cuál el chasis solo va a recibir una vez en su vida útil durante pocos segundos, se considerará admisible. Además, las cargas reales en funcionamiento que va a recibir el prototipo son todos los estudios que se basan en cargas dinámicas.

Respecto a la prueba de prensa vertical, los resultados son satisfactorios, con un coeficiente de seguridad de casi 3, por lo que, si el equipo decide hacer uso de lastre, el subchasis soportará esta carga extra.

En lo que respecta al resto de pruebas, la única con un coeficiente de seguridad por debajo de 2 es durante la frenada máxima, pero se encuentra en un punto concentrador de tensiones por lo que no resultará ningún problema.

También, observando los resultados de caída libre del chasis, este resiste la caída anteriormente calculada con un coeficiente de seguridad de 2,7.

Según la rigidez, los resultados obtenidos se ajustan a los valores de referencia por lo que el chasis debería comportarse según lo esperado.

Respecto a la simulación de caída, el chasis resistirá fácilmente una caída libre de un metro de altura, con un coeficiente de seguridad de 2,57.

El resumen de los resultados obtenidos es el siguiente:

PRENSA HORIZONTAL	RESULTADO
TENSIÓN MÁXIMA (VON MISES) MPa	170
DEFORMACIÓN MÁXIMA mm	1,832
FACTOR DE SEGURIDAD	1,409

PRENSA VERTICAL	RESULTADO
TENSIÓN MÁXIMA (VON MISES) MPa	82,7
DEFORMACIÓN MÁXIMA mm	0,282
FACTOR DE SEGURIDAD	2,9

ACELERACIÓN MÁXIMA	RESULTADO
TENSIÓN MÁXIMA (VON MISES) MPa	97,4
DEFORMACIÓN MÁXIMA mm	0,673
FACTOR DE SEGURIDAD	2,206

FRENADA MÁXIMA	RESULTADO
TENSIÓN MÁXIMA (VON MISES) MPa	138
DEFORMACIÓN MÁXIMA mm	1,884
FACTOR DE SEGURIDAD	1,742

CAÍDA	RESULTADO
TENSIÓN MÁXIMA (VON MISES) MPa	93,1
DEFORMACIÓN MÁXIMA mm	0,177
FACTOR DE SEGURIDAD	2,758

Tabla 28: Resultados de todas las simulaciones.

8.5. CÁLCULO DE RODAMIENTOS

En la pipa de dirección, en la parte superior y en la inferior se debe hacer uso de rodamientos con tal de permitir el giro de la rueda delantera. Para esto, se debe conocer la posición en la que irán montados, el espacio del que disponen y las cargas a las que serán sometidos.

El resultado de los cálculos del ANEJO I, determinan los siguientes esfuerzos sobre los rodamientos.

RODAMIENTO 1		RODAMIENTO 2	
Fr	23756,47 N	Fr	20619,82 N
Fa	0 N	Fa	1396,5 N

Tabla 29: Esfuerzos sobre los rodamientos.

Con los datos calculados, introduciéndolos en la web de rodamientos skf se obtiene que el rodamiento que se va a utilizar es el siguiente:

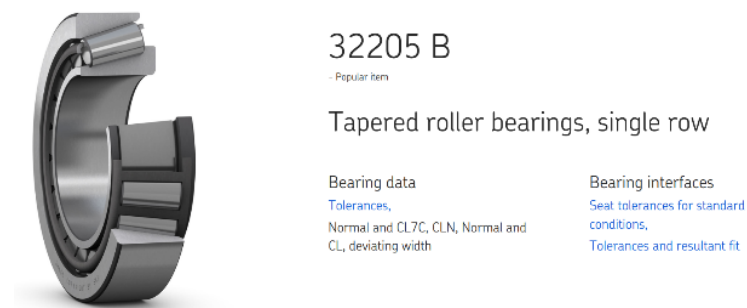


Figura 163: Rodamiento seleccionado.

DIMENSIONS		
d	25 mm	Bore diameter
D	52 mm	Outside diameter
T	19.25 mm	Total width
d1	≈41.5 mm	Shoulder diameter of inner ring
B	18 mm	Width of inner ring
C	15 mm	Width of outer ring
r1,2	min.1 mm	Chamfer dimension of inner ring
r3,4	min.1 mm	Chamfer dimension of outer ring
a	15.81 mm	Distance side face to pressure point

ABUTMENT DIMENSIONS		
da	max.30 mm	Diameter of shaft abutment

Figura 164: Dimensiones del rodamiento seleccionado.

Cabe destacar, que de la selección que ofrece skf de rodamientos para las cargas introducidas, se han seleccionado estos porque son los más utilizados para este fin, y con ellos se consigue un coeficiente de seguridad de 3,34.

8.6.MANTENIMIENTO

Una vez fabricado el chasis, con tal de mejorar la resistencia a la corrosión y a los agentes externos a los que se podría ver afectado, se llevará a cabo un proceso de anodizado que consiste en un tipo de acabado que involucra la oxidación artificial. Este proceso otorga al aluminio mayor aislamiento eléctrico, mayor resistencia y durabilidad y mayor resistencia frente a las abrasiones.

Al aplicar estos métodos, cuando se realicen limpiezas del propio chasis, se realizarán sin emplear agua a presión y con un jabón neutro para no dañar la capa de óxido.

Respecto al almacenamiento del chasis antes de ser montado, este se embalará de forma que no reciba golpes ni daños y se protegerá de cambios térmicos bruscos.

Una vez montado el prototipo, el mantenimiento que debe seguir es sencillo. Se deberán realizar limpiezas periódicas del modo comentado anteriormente y se llevará a cabo un mantenimiento y lubricación de los rodamientos de la pipa de dirección.

Además, siempre que sea posible, se tratará de proteger al prototipo frente a las inclemencias meteorológicas como la lluvia o el sol.

En caso de caída durante las pruebas, se llevarán a cabo los ensayos estáticos de prensa horizontal y vertical nuevamente sobre la motocicleta con tal de comprobar la integridad del chasis. En caso de ser apto, se llevarán a cabo procesos de limpieza y reparación de las áreas dañadas.

Haciendo una breve referencia respecto al impacto ambiental que tiene la fabricación de dos chasis de aluminio solamente para participar en una competición, se establece que dicho impacto es muy bajo, pues se trata de un material infinitamente reciclable con un gran número de aplicaciones en la industria.

9. SISTEMA DE RIGIDEZ VARIABLE

Como se ha comentado en el apartado 6.1.5, todos los parámetros de la rigidez de un chasis se deben controlar con tal de garantizar un buen comportamiento general del prototipo. Anteriormente, se ha afirmado que la rigidez longitudinal y la rigidez torsional deben ser lo más altas posibles debido a que el piloto recibe más y mejor información de este modo. Esto es debido a que durante el proceso de frenada o aceleración, el trabajo principal lo hacen los sistemas de suspensión, que es por donde los pilotos reciben dicha información. En el momento en el que el chasis no tenga suficiente rigidez longitudinal o torsional, parte de los esfuerzos durante estos procesos deformará el chasis, recibiendo así, menos y peor información el piloto.

Por otro lado, resulta muy importante poder controlar la rigidez lateral del chasis, puesto que durante el paso por curva es el que soporta la deformación que las suspensiones, en posición de máxima inclinación, no pueden soportar.

Además, la temperatura del asfalto y del ambiente, el tipo de neumático, la regulación de las suspensiones o de la propia motocicleta, así como muchos otros factores, intervienen en la manejabilidad del prototipo, por lo que al piloto podría resultarle de gran interés poder realizar pequeños cambios en la rigidez lateral del chasis.

Por esto mismo, se presenta un sistema que propone poder variar y controlar de este modo dicha rigidez. Esto se hará mediante un juego de placas fabricadas a medida para este chasis, ancladas directamente mediante tornillería. Esto cambiará ligeramente el comportamiento del prototipo buscando de este modo, la configuración ideal para el piloto.

9.1. ESTUDIO DE MATERIALES

Puesto que la única finalidad de este sistema es aportar rigidez al conjunto sin sumar mucho peso, el material ideal para la construcción de estas placas es la fibra de carbono con resina epoxi. Este material aporta una gran rigidez a cambio de un peso extremadamente bajo. Pero el inconveniente que presenta es su alto coste y la dificultad para ser tratado.

Es por esto, que debido a que todo el chasis es de aluminio, los costes se abaratan enormemente si estas placas se fabrican con el mismo material que el resto del chasis. Por lo tanto, el material para la fabricación de este sistema será el aluminio 6082-T6.

9.2. DISEÑO

El diseño propuesto para el juego de placas es el siguiente:

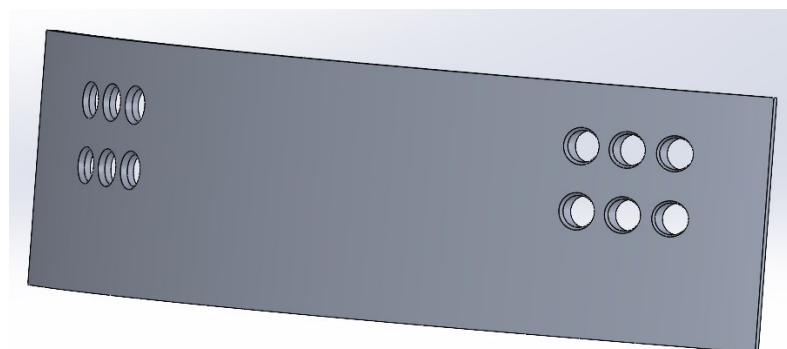


Figura 165: Sistema de rigidez variable.

Este componente, como ya se ha comentado, se anclará al chasis mediante tornillería. Se hará uso de tornillos de cabeza hexagonal, quedando la cabeza enrasada con la superficie exterior, logrando así no tener salientes que podrían resultar peligrosos. Estos se montarán roscados sobre el propio agujero del lateral del chasis.

Para poder realizar cambios significativos en la rigidez del chasis y contar con diversas soluciones ante las demandas del piloto se fabricará un total de cuatro placas distintas con cuatro espesores distintos.

PLACAS		
Nº PLACA	ESPESOR (mm)	PESO (g)
1	2	153,53
2	3	231,73
3	3,5	270,95
4	4	310,26

Tabla 30: Placas sistema de rigidez variable.

9.3.SIMULACIONES

Para comprobar de forma teórica el funcionamiento de este sistema se recurre a las simulaciones para el cálculo de la rigidez lateral del conjunto.

Para ello, igual que anteriormente, se aplica una fuerza de 1 kN sobre la pipa de dirección y se procede con el cálculo de dicha rigidez:

- Placa nº 1:

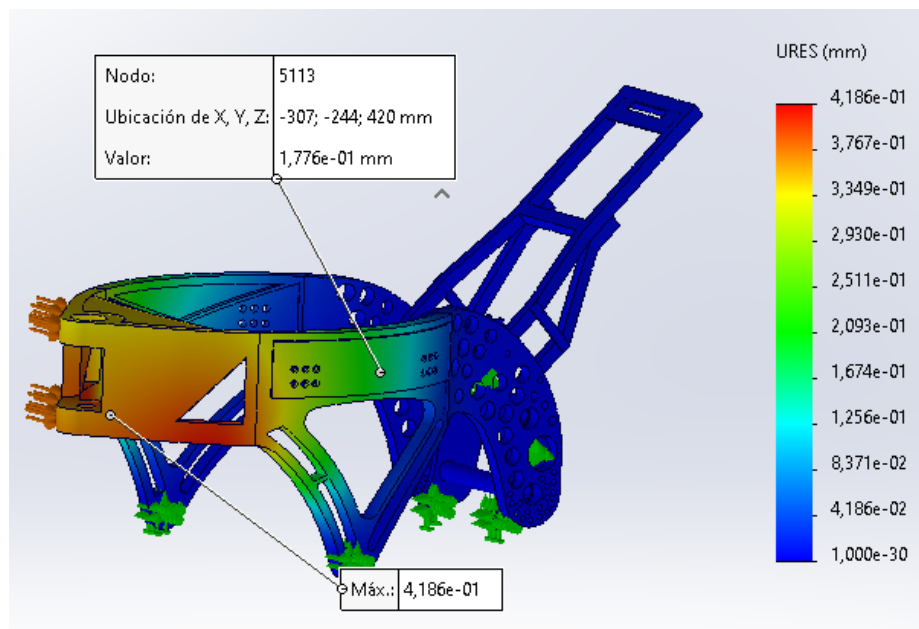


Figura 166: Rigidez lateral placa 1.

$$Rl = \frac{F}{d} = \frac{1}{0,419} = 2,387 \frac{kN}{mm}$$

- Placa nº2.

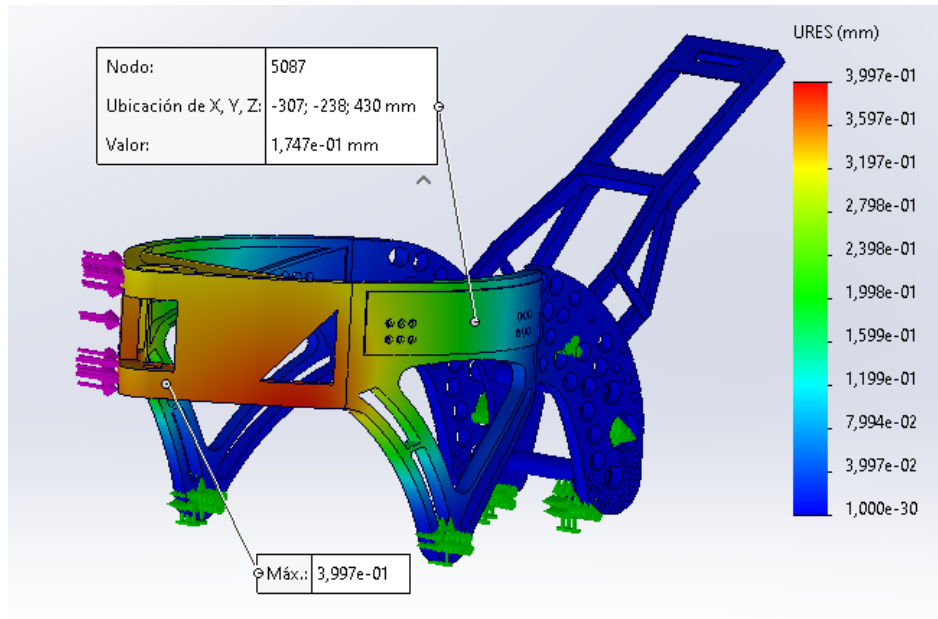


Figura 167: Rigidez lateral placa 2.

$$Rl = \frac{F}{d} = \frac{1}{0,399} = 2,506 \frac{kN}{mm}$$

- Placa nº3

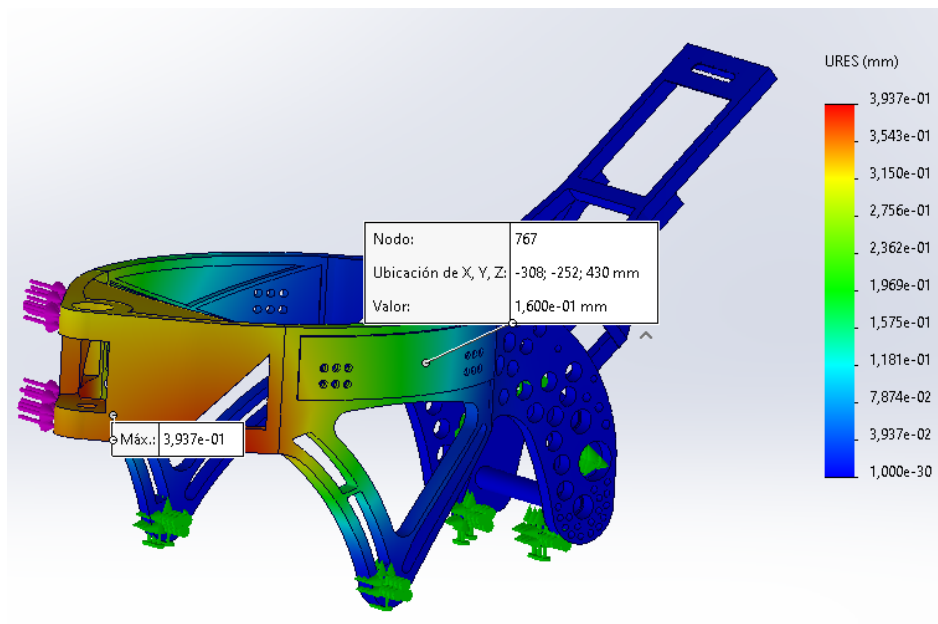


Figura 168: Rigidez lateral placa 3.

$$Rl = \frac{F}{d} = \frac{1}{0,394} = 2,538 \frac{kN}{mm}$$

- Placa nº4

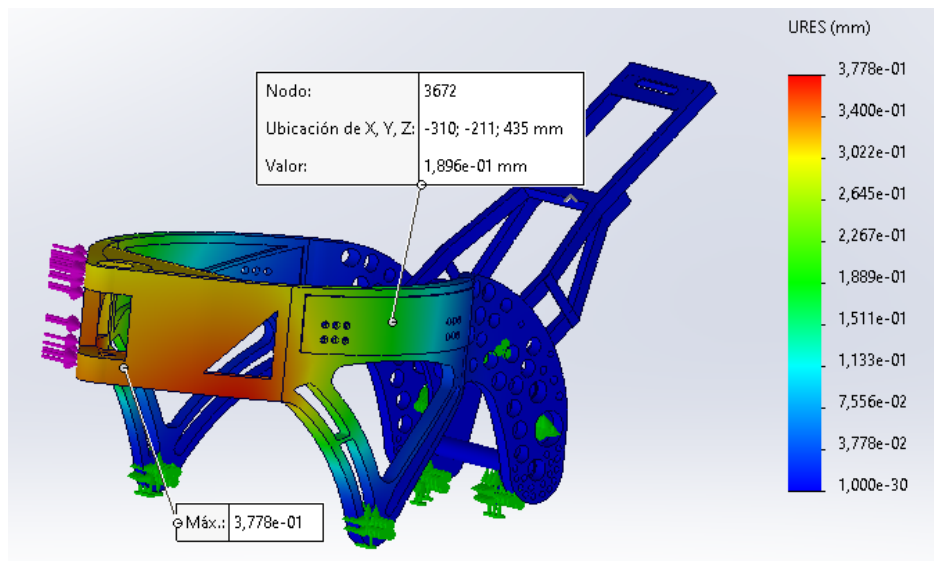


Figura 169: Rigidez lateral placa 4.

$$Rl = \frac{F}{d} = \frac{1}{0,378} = 2,646 \frac{kN}{mm}$$

SET DE PLACAS		
Nº PLACA	ESPELOR (mm)	RIGIDEZ LATERAL kN/mm
1	2	2,387
2	3	2,506
3	3,5	2,538
4	4	2,646

Tabla 31: Resultados simulaciones de las placas.

9.4. CONCLUSIÓN DEL SISTEMA DE RIGIDEZ VARIABLE

Como se ha podido observar en las simulaciones, la integración del sistema de variación de la rigidez lateral del chasis sí tiene un efecto sobre el mismo lo cual implicará un cambio en el comportamiento del prototipo.

La elección de la placa o la decisión de utilizarla o no, será del piloto, pues dicho comportamiento debe adaptarse a su estilo de pilotaje y al circuito en cuestión.

Para comprobar la efectividad de este sistema, deberá ser probado en pista bajo condiciones reales de trabajo, obteniendo información directa del piloto y de la telemetría de la motocicleta, por lo que no se puede asegurar su funcionamiento más allá de los casos teóricos. Es por esto que a partir de los resultados obtenidos en los primeros días de pruebas del campeonato se realizarán ajustes en el prototipo del chasis, así como del sistema de rigidez lateral variable.

10. FABRICACIÓN

El chasis cuenta con un total de 27 piezas que serán fabricadas en aluminio 6082 T6 mediante mecanizado a partir de bloque macizos de aluminio.

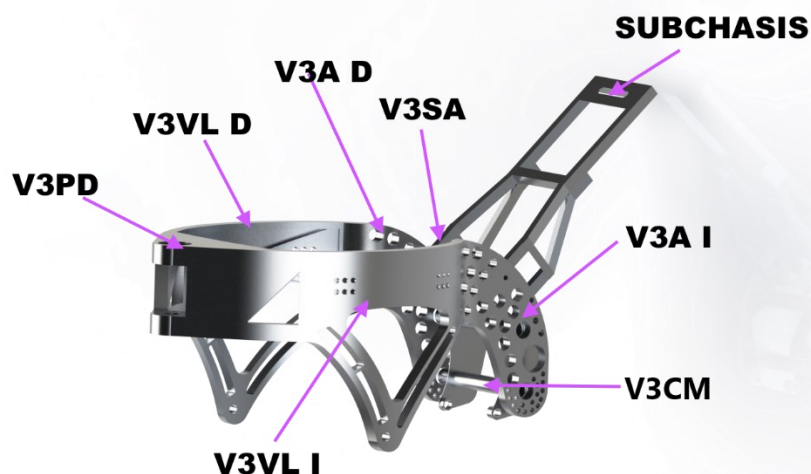


Figura 170: Partes del chasis.

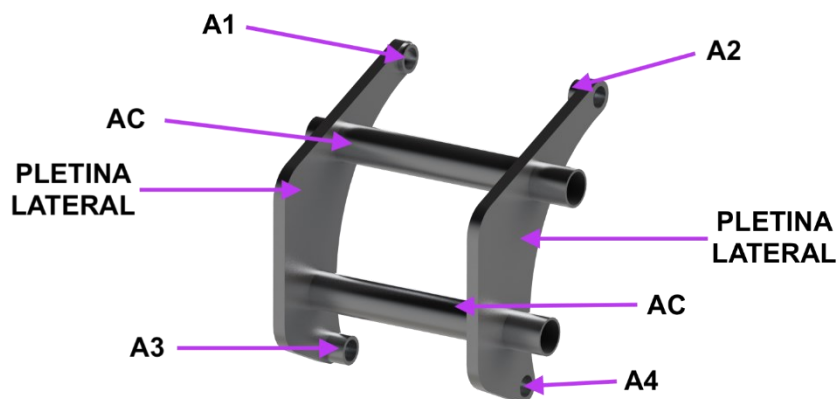


Figura 171: Partes V3CM.

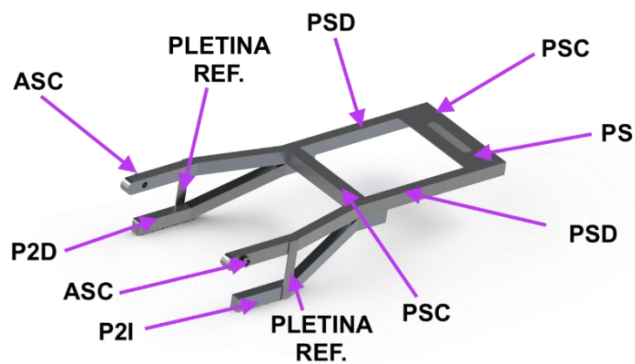


Figura 172: Partes subchasis.

10.1. MECANIZADO

El planteamiento de fabricación se podría plantear de numerosas maneras, pero debido a la complejidad de las piezas se opta por hacer uso de una fresadora CNC. Además, las grandes marcas de fabricación de chasis para competición, como *Kalex* o *SpeedUp* se sirven de este método.

La fresadora CNC se ha diseñado para elaborar piezas con una exactitud milimétrica. Este tipo de fresadora cuenta con el sistema de Control Numérico por Computadora (CNC), por el cual, a través del ordenador, puedes programarla para cortar, dibujar o lijar, entre muchas otras funciones.

Primeramente, cada modelo CAD definitivo se introduce en una aplicación específico encargado de realizar el programa CNC, el cual será revisado antes de ser mandado a la máquina. De este modo se conseguirá gran precisión y un mejor resultado final.

Para empezar con la fabricación, la pieza V3VL, partirá de un tocho macizo de aluminio, el cual se mecanizará hasta conseguir la forma exterior deseada, para posteriormente mecanizar los agujeros de los tirantes, y los rebajes de la pieza. Esta pieza, y otras comentadas más adelante, cuentan con una serie de orificios proyectados sobre caras curvas, por lo que, como ya se ha comentado, se requiere de programas para llevar a cabo el código CNC que se envía a la fresadora.

Seguidamente, en la pieza V3PD se realizará un mecanizado de igual forma que en la pieza anterior. Posteriormente, con fresadora también se realizarán todos los agujeros, el central y los dos laterales.

En cuanto a la pieza V3A, el procedimiento inicial es el mismo, a partir de un bloque de aluminio se consigue la forma exterior junto con la acanaladura interior. Posteriormente, se realizan los agujeros de soporte de estribera, basculante y bieletas mediante taladrado con tolerancia H7. Además, según el constructor, realizar un rebaje del peso mediante taladrado para esta pieza resultaría más económico, por lo que se opta por esta opción.

A continuación, la pieza V3SA, se mecaniza del mismo modo. Realizando el fresado de la forma externa para realizar el rebaje posteriormente. Finalmente, en esta pieza se aplica un taladrado con tolerancia H7 sobre la sujeción de la suspensión trasera.

Finalmente, la pieza que une el chasis con el motor, V1CM, está formada a su vez por 8 piezas distintas. Dichos elementos son dos chapas recortadas directamente de una plancha de aluminio comercial y dos tubos huecos roscados en los extremos interiores, donde se anclará al chasis. Además, en los puntos de anclaje del motor a las chapas, se sueldan elementos tubulares circulares roscados en el interior, los cuales se encargarán de fijar esta pieza al motor.

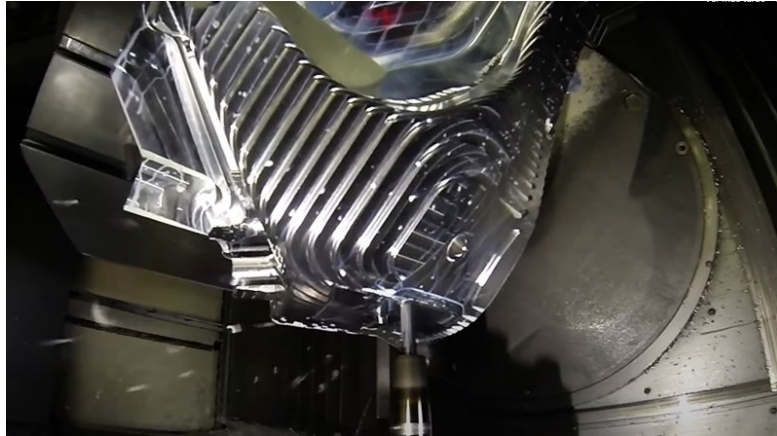


Figura 173: Ejemplo del proceso de mecanizado de un chasis Kalex.



Figura 174: Ejemplo de taladrado en un chasis Kalex.

Respecto a la fabricación del subchasis, en las piezas PSD y P2, de las cuales se deben fabricar dos de cada una, se utilizará mecanizado por fresadora, partiendo de un tocho de aluminio y dando la forma final a estas piezas.

Respecto a la pieza PSC, de esta se fabricarán dos unidades y se utilizará corte mediante ingletadora, puesto que la forma final de estas piezas es relativamente sencilla.

Las piezas pletina refuerzo y ps, se fabricarán haciendo uso de una ingletadora también, pero partiendo de chapa de aluminio.

Finalmente, la pieza ASC, de la que se fabricarán dos unidades, se cortarán mediante una ingletadora pero esta vez, partiendo de un perfil de aluminio tubular circular.

Todo lo referente a roscados se realizará de forma manual por los encargados mecánicos del equipo con tal de abaratar costes.

Cabe destacar que todo el proceso de construcción será llevado a cabo por los mecánicos especialistas del equipo, tanto el mecanizado como todos los elementos soldados. Para ello se alquilará la maquinaria necesaria para toda la construcción del prototipo.

10.2. ESTUDIO DE SOLDADURA

Con tal de llevar a cabo el ensamblaje de todas las piezas fabricadas, se realizará un proceso de soldadura entre todas ellas mediante soldadura TIG (Tunggsten Inert Gas) para obtener un resultado óptimo.

Para llevar a cabo la soldadura del chasis, se empezará por un precalentamiento del aluminio, lo cual hará que se tenga un trabajo de soldadura más robusto y prolijo. Este proceso se llevará a cabo en un horno a 160º.

Posteriormente, sobre un disipador de calor se procederá con la soldadura, teniendo en cuenta que el aluminio suele dejar espacios entre las piezas al ser soldado, por lo cual se deberá prestar mucha atención para encajar bien las piezas y para hacer cordones de soldadura finos.

El proceso de soldadura lo realizarán los soldadores especialistas del equipo. Las soldaduras para realizar son las siguientes:

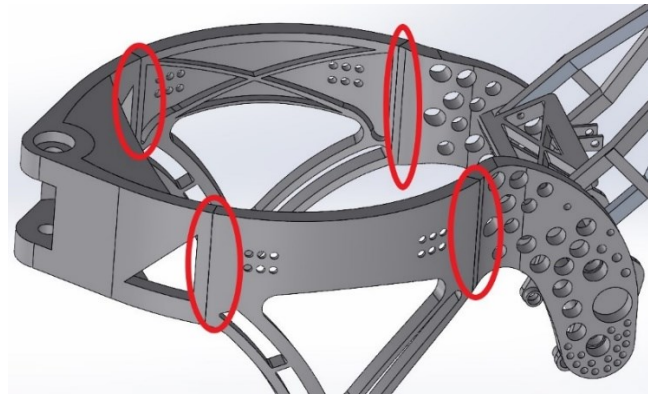


Figura 175: Soldaduras chasis.

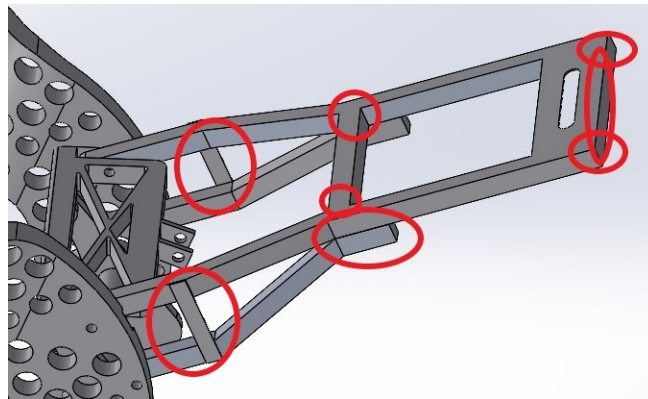


Figura 176: Soldaduras subchasis.

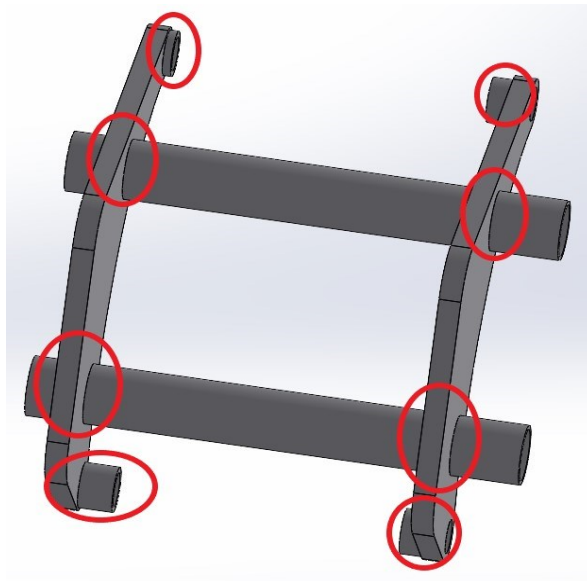


Figura 177: Soldaduras V3CM.

11. CONCLUSIÓN

Este proyecto presenta un desafío que consiste en el diseño de un chasis para una motocicleta destinada únicamente a correr tres carreras en el mismo circuito. Debe cumplir con la reglamentación técnica y ser resistente a todas las cargas a las que va a ser sometido.

Durante el proceso de diseño, el equipo en su conjunto ha cambiado muchas veces el planteamiento del proyecto y se han presentado muchos problemas técnicos, económicos y sociales que han sido resueltos para lograr competir en la carrera Private Champions sb600.

Es cierto que en este documento solamente se refleja el trabajo técnico y los diferentes estudios y análisis realizados, pero realmente va más allá. La coordinación de equipos de trabajo, la cantidad de decisiones importantes que se han tenido que tomar y la presión que se debe soportar al realizar un proyecto de estas envergaduras, completan realmente el trabajo realizado.

El desarrollador del presente proyecto ha tenido que hacer uso de conocimientos técnicos y competencias transversales adquiridas durante el proceso de formación universitaria, así como de otros conocimientos y aptitudes que se han adquirido durante el desarrollo del proyecto.

Después de muchos meses de trabajo individual, de trabajo en equipo, de verdaderos quebraderos de cabeza, finalmente se ha conseguido una solución para el diseño y la futura construcción del chasis planteado, cumpliendo de este modo todos los objetivos del presente proyecto.

El chasis final planteado cumple todos los requisitos mencionados en el proyecto. Además, se han obtenido los resultados esperados con tal de adaptarlo al piloto y al circuito en cuestión, por lo que finalmente se puede afirmar que se han alcanzado los objetivos y se ha cumplido con todos los requisitos.

12. BIBLIOGRAFÍA

Albi. (2010, mayo 14). *Los chasis de Moto2*. Motorpasionmoto.com; Motorpasion Moto.

<https://www.motorpasionmoto.com/tecnologia/los-chasis-de-moto2>

Baer, A. (2009, noviembre 18). *Honda CBR 600 RR 2006, ficha técnica*. Espaciomotos.com;

TENDENCIAS. <http://espaciomotos.com/honda-cbr-600-rr-2006-ficha-tcnica/>

Carrocería y pintura Tipos de chasis de motocicleta. (s/f). Infomylsa.com. Recuperado el 23 de junio de 2022, de

https://www.infomylsa.com/www_infomylsa/Documentos%20PDF/CHASISMOTOS.pdf

Circuit Ricardo Tormo. (s/f). Circuit Ricardo Tormo. Recuperado el 14 de julio de 2022, de

<https://www.circuitricardotormo.com/>

Conoce el funcionamiento, tipos y usos del chasis en las motocicletas. (2017, agosto 9). Revista

Moto. https://revistamoto.com/wp_rm/tipos-de-chasis-en-la-motocicleta/

Cossalter, V. (2011). *Motorcycle dynamics: Second edition*. Lulu.com.

De un motero, E. (2015, junio 11). *EL CHASIS DE LA MOTO, ese gran desconocido al que tanto debemos*. EXPERIENCIAS DE UN MOTERO.

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

Guardia, Á. (2018, febrero 1). *Chasis Kalex Moto2 ¿Cómo se fabrica?* Moto1Pro.

<https://www.moto1pro.com/actualidad/chasis-kalex-moto2-como-se-fabrica>

Herrero, V. (2021, septiembre 16). *¿Cuántos tipos de chasis de moto existen?* Motociclismo.es.

https://www.motociclismo.es/industria/tipos-chasis-moto-nzm_242080_102.html

Kawasaki Club • *Ver Tema - CHASIS MULTI-TUBULAR VS CHASIS DOBLE VIGA.* (s/f). Com.ar.

Recuperado el 23 de junio de 2022, de

<http://www.kawaclub.com.ar/foro/viewtopic.php?f=2&t=51939>

Mirlisenna, G. (2016, enero 22). *¿Qué es el método de elementos finitos y cómo es utilizado en la simulación?* ESSS; ESSS - Engineering Simulation and Scientific Software.

<https://www.esss.co/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>

Pliego de condiciones: pieza clave en el desarrollo de proyectos. (s/f). IONOS Digitalguide.

Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/pliego-de-condiciones/>

SKF Bearing Select. (s/f). Skfbearingsselect.com. Recuperado el 23 de junio de 2022, de

<https://skfbearingsselect.com/#/privacy-notification>

SolidWorks web help. (s/f). Solidworks.com. Recuperado el 14 de julio de 2022, de

<https://help.solidworks.com/>

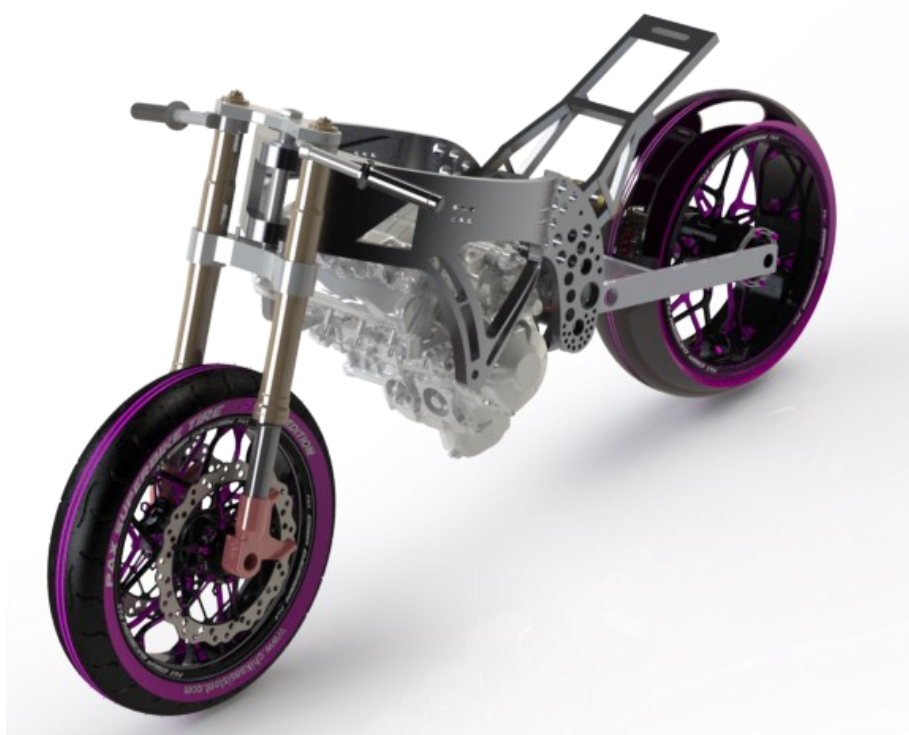
Soria Guijarro, R. (2020). *Evaluación de alternativas, diseño y cálculo de chasis para Motostudent Petrol.* Universitat Politècnica de València.

Tamarit Caudeli, D. (2018). *Diseño y estudio técnico de un chasis de motocicleta de 250 cc para competición.* Universitat Politècnica de València.

TraceParts. (s/f). *Modelos 3D, dibujos 2D y archivos CAD gratuitos - TraceParts.*

Traceparts.com. Recuperado el 23 de junio de 2022, de

<https://www.traceparts.com/es>



TÍTULO	Diseño de bastidor para motocicleta de competición para FIM <i>SuperSport</i> 600.
FECHA	SEPTIEMBRE 2022
DOCUMENTO	A.1: CÁLCULOS
GRADO	INGENIERÍA MECÁNICA
TUTOR	Colomer Romero, VICENTE
AUTOR	Pérez Pizarro, SERGI

ÍNDICE

Contenido

1. CARGAS ESTÁTICAS	3
1.1. Prensa horizontal	3
1.2. Prensa vertical	4
2. CARGAS DINÁMICAS.....	5
2.1. Frenada máxima.....	5
2.2. Aceleración máxima	6
2.3. Caída.....	7
3. CÁLCULO DE RODAMIENTOS.....	8

1. CARGAS ESTÁTICAS

1.1. Prensa horizontal

Durante la prueba de prensa horizontal, al prototipo se le aplica en la rueda delantera una carga de 350 kg mientras permanece fijada de la rueda trasera.

Por lo tanto, debido a este ensayo, se transmiten una serie de esfuerzos hasta la pipa de dirección producidos por esta carga. Además, en la rueda trasera se producen una serie de reacciones que se transmiten por el basculante y por la suspensión trasera al chasis. Estas cargas serán calculadas por el departamento de suspensiones e introducidas directamente en las simulaciones del chasis.

Para calcular los esfuerzos que se transmiten a la pipa de dirección, se descompone la fuerza aplicada, pues para el cálculo del chasis solo interesan los esfuerzos del eje y. La descomposición de esfuerzos queda del siguiente modo:

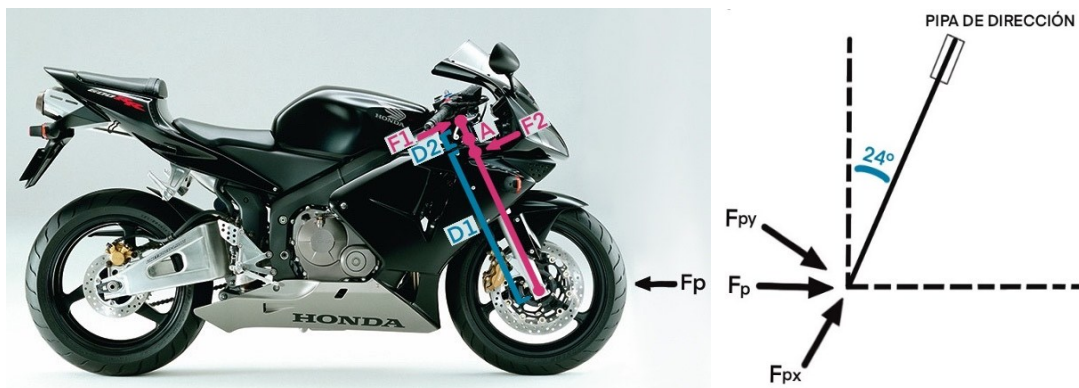


Figura 1: Descomposición de esfuerzos en la prensa horizontal.

$$F_p = 350 \cdot 9,81 = 3433,5 \text{ N}$$

$$F_{py} = F_p \cdot \cos(24) = 3433,5 \cdot \cos(24) = 3136,66 \text{ N}$$

Estableciendo que el punto central de la pipa se queda fijo, los esfuerzos a calcular y las distancias quedan del siguiente modo:

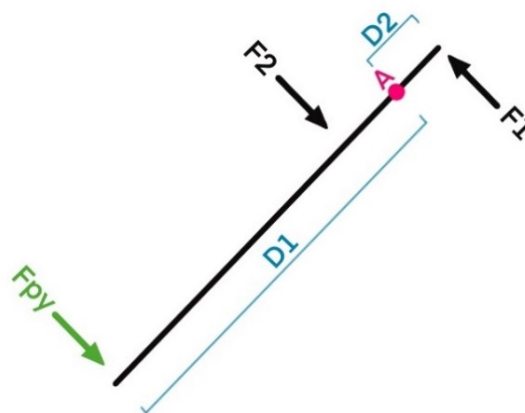


Figura 2: Descomposición de fuerzas ejercidas por la prensa horizontal.

Donde:

$$D2 = 80 \text{ mm}$$

$$D1 = 605,905 \text{ mm}$$

Aplicando la ley de la palanca calculamos la fuerza que se transmite a la parte superior de la pipa (F1):

$$F1 = \frac{F_{py} \cdot D1}{D2} = \frac{3136,66 \cdot 605,91}{80} = 23756,46 \text{ N}$$

Posteriormente, con un sumatorio de fuerzas se calcula la fuerza transmitida a la parte inferior de la pipa (F2):

$$F2 = F1 - F_{py} = 20619,82 \text{ N}$$

PIPA DIRECCIÓN

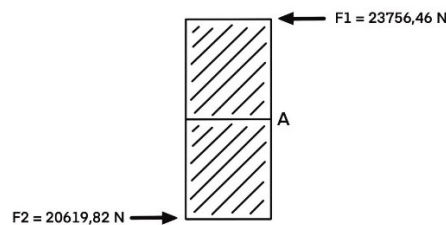


Figura 3: Resultados de cargas sobre la pipa de dirección.

1.2. Prensa vertical

Durante la prueba de la prensa vertical, se aplica una carga de 250 kg sobre el asiento del pila de forma vertical.

En este ensayo se comprueba la integridad de los sistemas de anclaje del subchasis al chasis y la resistencia de la estructura del propio subchasis.

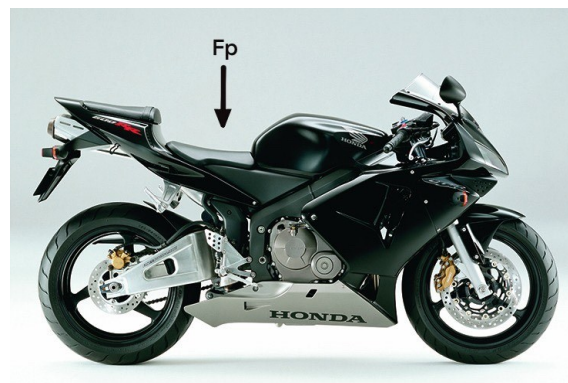


Figura 4: Aplicación de carga de la prensa vertical.

Para poder llevar a cabo la simulación se debe saber la fuerza que es aplicada sobre el prototipo:

$$F_p = 250 \cdot 9,81 = 2452,5 \text{ N}$$

2. CARGAS DINÁMICAS

Se refiere a cargas dinámicas como las cargas que muestran importantes efectos dinámicos. Son aquellas que con rapidez varían desde un valor nulo hasta su valor definitivo, produciendo así importantes aceleraciones sobre los componentes estructurales.

2.1. Frenada máxima

Durante el proceso de frenada máxima, la motocicleta llega al límite cuando la rueda trasera se despega del suelo, por lo que se va a suponer que el tren delantero soportará todo el peso del prototipo. Esto hace que se genere una fuerza vertical de sentido ascendente sobre la rueda delantera:



Figura 5: Cargas sobre el prototipo durante la frenada máxima.

$$F_s = P_{total} = 278 \cdot 9,81 = 2727,18 \text{ N}$$

Además, sobre la rueda delantera aparecerá la fuerza de rozamiento la cual se procede a calcular:

$$F_r = \mu \cdot P_{total} = 1,3 \cdot 2727,18 = 3545,334 \text{ N}$$

Finalmente, se descomponen las fuerzas, se calculan sus componentes en el eje Y, y mediante el uso de la ley de la palanca se calculan finalmente los esfuerzos en la pipa de dirección:

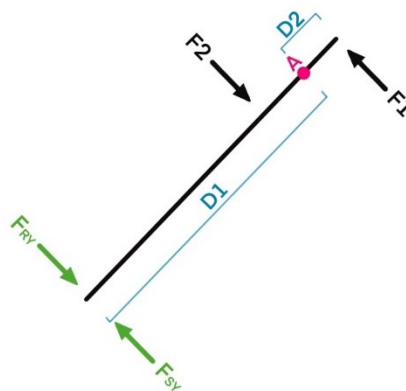


Figura 6: Descomposición de cargas durante frenada máxima.

$$F_{sy} = F_s \cdot \cos(66) = 1109,24 \text{ N}$$

$$F_{ry} = Fr \cdot \cos(24) = 3238,82 \text{ N}$$

Por lo tanto, aplicando la ley de la palanca, como en el cálculo de la prensa horizontal se calculan F1 y F2:

$$F1 = \frac{(F_{ry} - F_{sy}) \cdot D1}{D2} = 16129,04 \text{ N}$$

Y finalmente, mediante un sumatorio de fuerzas se calcula F2:

$$F2 = F1 - (F_{ry} - F_{sy}) = 13999,46 \text{ N}$$

PIPA DIRECCIÓN

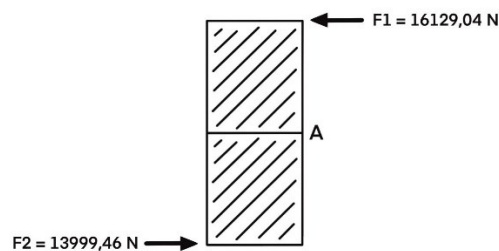


Figura 7: Resultado de las cargas sobre la pipa de dirección.

2.2. Aceleración máxima

Para el proceso de cálculo de los esfuerzos generados por la aceleración máxima, se toma el caso de límite por caballito, es decir, que la rueda delantera pierda el contacto con el suelo.

Para esto se procede a conocer la aceleración máxima antes de que se produzca este fenómeno:

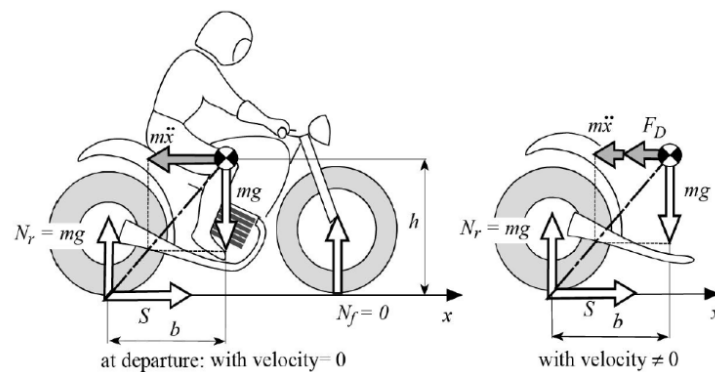


Figura 8: Cargas sobre la motocicleta por aceleración máxima.

$$N_f = g \cdot m \cdot \frac{b}{p} - S \cdot \frac{h}{p} = 0$$

La carga en el eje delantero es nula, por lo que se procede a calcular la fuerza máxima aplicable sobre la rueda trasera con tal de que la rueda delantera no se levante.

$$N_f = 9,81 \cdot 278 \cdot \frac{720}{2727,18} - S \cdot \frac{755}{2727,18} = 0$$

$$S = 2599,189 \text{ N}$$

Durante el proceso dinámico de aceleración máxima, antes de que la motocicleta levante la rueda delantera por la potencia de la aceleración, se generan una serie de esfuerzos sobre el anclaje superior e inferior de la suspensión trasera y sobre el anclaje del basculante. Estos esfuerzos son calculados por el equipo de suspensiones:

PARTE	FUERZA X (N)	FUERZA Y (N)
SUJECIÓN SUPERIOR AMORTIGUADOR	605,23	5162,74
EJE BASCULANTE	8002,1	-900,87
SUJECIÓN INFERIOR AMOPRTIGUADOR	-6821,54	3613,43

Tabla 1: Esfuerzos sobre el chasis debidos a aceleración máxima.

2.3. Caída

En este apartado se pretende calcular los esfuerzos para realizar la simulación con tal de conocer el comportamiento del chasis frente a una caída leve.

El cálculo se realizará suponiendo una caída libre de un metro de altura.

Para empezar, se calcula la energía potencial generada por la caída:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 175 \cdot 9,81 \cdot 1 = 1716,75 J$$

Suponiendo una penetración sin rebote de 0,12 metros la fuerza de impacto es la siguiente:

$$F_i = \frac{1716,75}{0,12} = 14306,25 N$$

3. CÁLCULO DE RODAMIENTOS

En la pipa de dirección, en la parte superior y en la inferior se debe hacer uso de rodamientos con tal de permitir el giro de la rueda delantera. Para esto, se debe conocer la posición en la que irán montados, el espacio del que disponen y las cargas a las que serán sometidos.

Para determinar los rodamientos, aunque estos trabajan con cargas variables con una condición de uso por oscilación, serán calculados para condiciones estáticas en el caso más desfavorable. Este caso es la prueba de la prensa horizontal, donde están sometidos a los mayores esfuerzos.

La principal restricción, como ya se ha mencionado, son las cargas a los que se verán sometidos, pues las temperaturas de trabajo no van a ser importantes. Cabe destacar que deben estar sellados con tal de resistir el paso del agua en caso de que la carrera fuera en lluvia.

En esta prueba estática, los rodamientos serán sometidos tanto a cargas radiales como axiales.

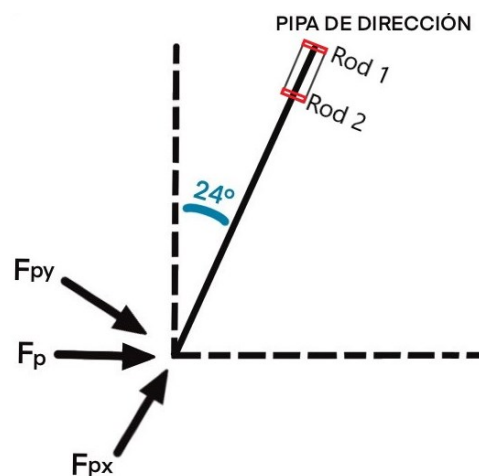


Figura 9: Esfuerzos sobre la horquilla durante la prueba de prensa horizontal.

Por lo tanto, ya que la posición de los rodamientos será espalda-espalda, la carga axial la absorberá el rodamiento 2 al completo.

Las cargas radiales que sufren los rodamientos han sido calculadas en el apartado 1.1 por lo que se procede a calcular la carga axial del rodamiento 2:

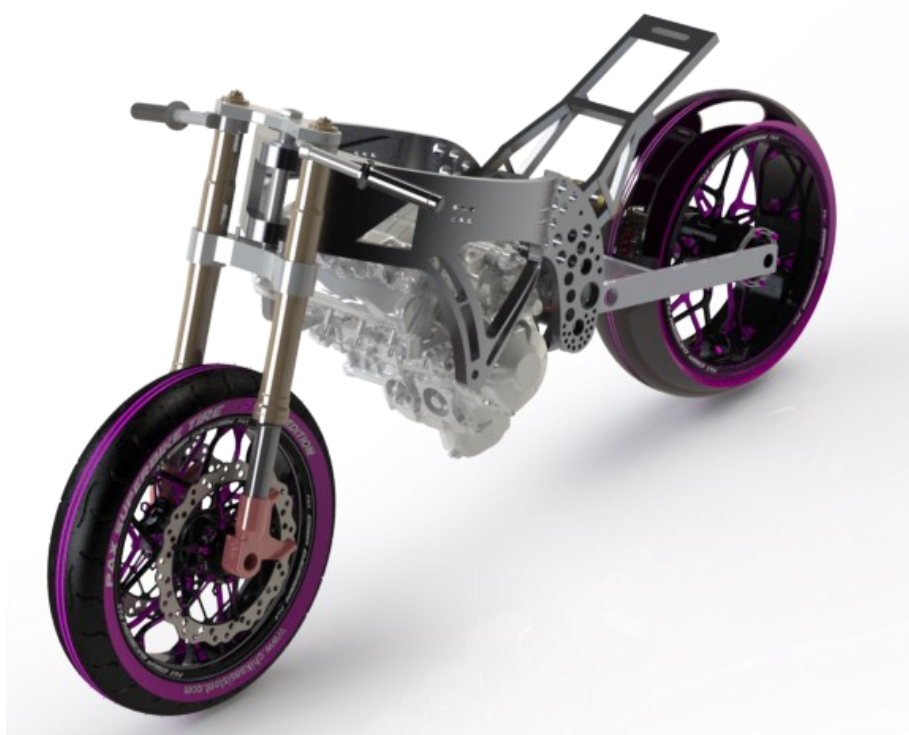
$$F_a = F_p \cdot \text{sen}(24) = 3433,5 \cdot \text{sen}(24) = 1396,5 \text{ N}$$

Finalmente, las cargas totales en los rodamientos quedan del siguiente modo:

RODAMIENTO 1		RODAMIENTO 2	
Fr	23756,47 N	Fr	20619,82 N
Fa	0 N	Fa	1396,5 N

Tabla 2: Esfuerzos sobre los rodamientos.

Estableciendo así que, el rodamiento más desfavorable es el 2, y la selección de estos se hará en base a la fuerza radial del rodamiento 1 y a la axial del rodamiento 2.



TÍTULO	Diseño de bastidor para motocicleta de competición para FIM <i>SuperSport</i> 600.
FECHA	SEPTIEMBRE 2022
DOCUMENTO	A.2: PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO
GRADO	INGENIERÍA MECÁNICA
TUTOR	Colomer Romero, VICENTE
AUTOR	Pérez Pizarro, SERGI

ÍNDICE

Contenido

1. PRESUPUESTO	3
1.1. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	4
2. ESTUDIO ECONÓMICO	5

1. PRESUPUESTO

A continuación, se expone toda la información económica y temporal con tal de obtener un presupuesto de los costes que debe asumir el equipo para la fabricación del chasis.

El presupuesto se ha dividido en cuatro partes:

·Material: Estimación del coste de todo el material necesario para la fabricación del chasis.

·Uillaje y accesorios: Estimación del coste de componentes necesarios para el montaje y la fabricación del chasis diseñado.

·Mano de obra: Estimación de los costes que supondrán al equipo la mano de obra y la maquinaria necesaria para llevar a cabo los procesos de fabricación del chasis.

·Placas de rigidez variable: Coste aproximado para la fabricación de cada placa del sistema de rigidez variable.

Cabe destacar que, el equipo cuenta con profesionales capaces de llevar a cabo los procesos de fabricación, por lo que en el apartado de "Mano de obra" solo se tendrán en cuenta los costes del alquiler de las máquinas necesarias para dicha fabricación.

MATERIAL				
CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
PLANCHA ALUMINIO 6082-T6	1000X700X100 mm	3	302,26 €	906,78 €
TUBULAR ALUMINIO 6082-T6 Ø16,5	500-16,5-6mm	1	62,12 €	62,12 €
			SUBTOTAL	968,90 €
			DESCUENTO (12%)	116,27 €
			IVA (21%)	203,47 €
			TOTAL	1.056,10 €

UTILLAJE Y ACCESORIOS			
CONCEPTO	CANTIDAD	COSTE	
RODAMIENTO 20205	4	64,14 €	
HERRAMIENTAS	1	94,21 €	
TORNILLERÍA	1	45,12 €	
		SUBTOTAL	203,47 €
		IVA (21%)	42,73 €
		TOTAL	246,20 €

MANO DE OBRA			
OPERACIÓN	HORAS	€/HORA	COSTE
CORTADORA	2	36	72
FRESADORA	16	55	880
TALADRO	9	29	841
SUBTOTAL			1793
DESCUENTO (18%)			322,74
IVA (21%)			376,53
TOTAL			1846,79

PLACAS DE RIGIDEZ VARIABLE			
Nº PLACA	CANTIDAD	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
1	2	22,3	44,6
2	2	25,6	51,2
3	2	29,21	58,42
4	2	34,89	69,78
SUBTOTAL			224
DESCUENTO (17%)			38,08
IVA (21%)			47,04
TOTAL			232,96

Para concluir, se estima que el coste total aproximado que debe afrontar el equipo para llevar a cabo la fabricación del chasis propuesto es el siguiente:

COSTE TOTAL	3.382,05 €
--------------------	-------------------

Finalmente, a modo de conclusión, se establece que el precio total que va a suponer para el equipo la fabricación del chasis, incluyendo materia prima, alquiler de maquinaria para la fabricación, utillaje y accesorios y las placas del sistema de rigidez variable es de 3382,05€.D

1.1. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CONCEPTO	PRECIO	%
MATERIAL	1.056,10 €	31,23
UTILLAJE Y ACCESORIOS	246,20 €	7,28
MANO DE OBRA	1.846,79 €	54,61
PLACAS DE RIGIDEZ VARIABLE	232,96 €	6,89
TOTAL	3.382,05 €	100

2. ESTUDIO ECONÓMICO

Una vez determinados los costes totales que supondrá la fabricación del prototipo, se realiza un estudio para comprobar la viabilidad de fabricación de este.

Para empezar, se debe conocer el presupuesto del que dispone el equipo para la fabricación del prototipo al completo. Sumando todos los patrocinios y colaboraciones, se cuenta con un total de 35266,83€.

Se establece, además, que ningún miembro del equipo va a recibir una remuneración por el trabajo realizado, por lo que no se ha tenido en cuenta la mano de obra de fabricación ni todo el proyecto de diseño llevado a cabo por el ingeniero.

También, se debe conocer el número de unidades del chasis que se van a fabricar. Para ello, se acordó que, el equipo llevará a cabo la fabricación de solamente un chasis para las pruebas antes de la competición con tal de evaluar el comportamiento de este. Posteriormente, si se requiere, se realizarán los cambios pertinentes y se llevará a cabo la fabricación de un segundo prototipo para la motocicleta.

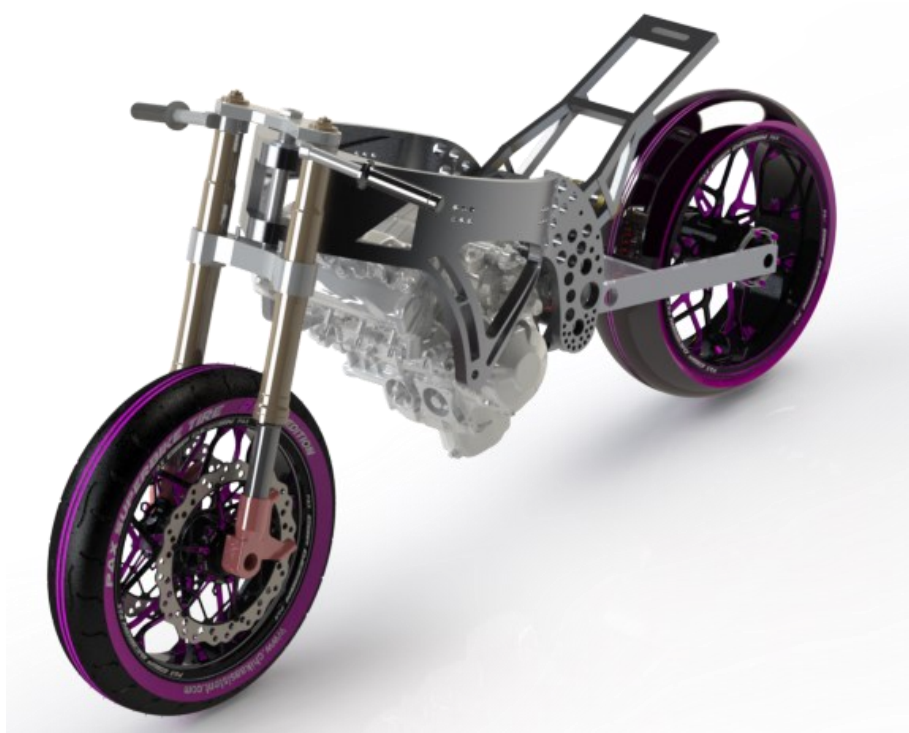
Finalmente, se determina que la fabricación de los chasis tendrá un coste total de 6764,10€, lo cual supone un 19,18% del patrimonio total del que dispone el equipo.

Reuniendo los cálculos de costes de cada departamento del equipo, se establece que se requerirán unos 17500€ para el resto de los componentes de la motocicleta. Con estos datos, se calcula que el equipo requerirá del 69% del dinero total del que se dispone.

Posteriormente, se calcularon los costes aproximados que tendrán los desplazamientos y las dietas del equipo a las pruebas en circuito y a la propia competición. El resultado fue que se necesitan aproximadamente de unos 5500€.

Todo junto constituye aproximadamente el 85% del total disponible por el equipo.

Con todos estos cálculos se determina la viabilidad de fabricación del chasis, suponiendo solamente un 19% de los gastos totales. Además, finalizada la fabricación de todo el prototipo el equipo contará con un 15% del patrimonio total para gastos imprevistos y para realizar mejoras al prototipo a posteriori.



TÍTULO	Diseño de bastidor para motocicleta de competición para FIM <i>SuperSport</i> 600.
FECHA	SEPTIEMBRE 2022
DOCUMENTO	A.3: PLIEGO DE CONDICIONES
GRADO	INGENIERÍA MECÁNICA
TUTOR	Colomer Romero, VICENTE
AUTOR	Pérez Pizarro, SERGI

ÍNDICE

Contenido

1. PLIEGO DE CONDICIONES.....	3
1.1. DESCRIPCIÓN.....	3
1.1.1. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO.....	3
1.1.2. UNIDADES DE OPERACIONES	3
1.2. CONDICIONES GENERALES ADMINISTRATIVAS.....	5
1.2.1. CONDICIONES GENERALES	5
1.2.1. CONDICIONES DE EJECUCIÓN	6
1.3. CONDICIONES PARTICULARES.....	7
1.3.1. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES	8
1.3.2. CONDICIONES ECONÓMICAS PARTICULARES	9
1.3.3. CONDICIONES LEGALES PARTICULARES	9
1.3.4. PLAZOS	9

1. PLIEGO DE CONDICIONES

1.1. DESCRIPCIÓN

En el siguiente pliego de condiciones se definen las especificaciones técnicas, legales y económicas para la ejecución del presente proyecto.

1.1.1. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO

El presente apartado es el conjunto de artículos o cláusulas que regulan los derechos, responsabilidades y obligaciones entre las partes afectadas en el desarrollo, puesta en marcha y ejecución de este proyecto.

Este pliego de condiciones tiene como objetivo establecer las condiciones económicas, técnicas, administrativas y legales para la realización del proyecto.

El pliego de condiciones está dividido en dos partes fundamentales, las condiciones generales administrativas y las condiciones técnicas. Con esto se consigue una mejor calidad y control del presente documento.

En lo referente a las condiciones generales administrativas, se incluye la descripción general del contenido del proyecto, la parte normativa, legal y administrativa. Además de incluir la forma de medir las partes ejecutadas del proyecto y valorarlas.

En lo referente a las condiciones técnicas particulares, las cuales influirán tanto en la ejecución como en la dirección del proyecto, se incluyen las especificaciones de materiales y equipos sujetos a la normativa como las especificaciones de ejecución del proyecto. Además, se considerarán sujetas a las condiciones de este pliego todas las partes que se adjuntan en el presente proyecto.

1.1.2. UNIDADES DE OPERACIONES

A continuación, se enumeran las operaciones a ejecutar y la definición detallada de cada una de ellas.

- Selección de los componentes del prototipo.
- Diseño de la geometría del chasis.
- Diseño de diferentes chasis.
- Diseño del chasis definitivo.
- Fabricación del chasis.
- Validación

- SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL PROTOTIPO

Este grupo funcional abarca toda la selección de los numerosos componentes que se van a utilizar en el prototipo para la competición. Dichos componentes se dividen en los siguientes grupos:

- Grupo de chasis.
- Grupo de suspensiones.
- Grupo de admisión y escape.
- Grupo de frenos.

- Grupo de aerodinámica.
- Grupo de puesta a punto.
- Grupo de sistemas electrónicos e informáticos.

- DISEÑO DE LA GOMETRÍA DEL CHASIS

Este otro grupo funcional abarca todo el diseño de la geometría básica del chasis una vez se han seleccionado todos los componentes del prototipo. Abarca las siguientes operaciones:

- Estudio de las dimensiones de la motocicleta y sus componentes.
- Estudio de la competencia y los antecedentes del prototipo.
- Estudio del circuito para la competición.
- Estudio ergonómico.

- DISEÑO DE DIFERENTES CHASIS

En este grupo se procede a realizar los primeros pre-diseños y diseños del chasis. Abarca las siguientes operaciones:

- Diseños preliminares del chasis.
- Diseño de diferentes chasis.
- Comprobación de los diseños.

- DISEÑO DEL CHASIS DEFINITIVO

En este grupo funcional se lleva a cabo la selección del chasis definitivo, al cuál se le aplicarán diferentes operaciones de optimización y se realizará un estudio de este. Las operaciones que abarca este grupo son las siguientes:

- Selección del chasis definitivo.
- Optimización del chasis definitivo.
- Estudio de cargas del chasis definitivo.

- FABRICACIÓN DEL CHASIS

En el penúltimo grupo funcional se lleva a cabo la descripción del proceso de fabricación del chasis que se montará sobre el prototipo final. Las operaciones de este grupo son las siguientes:

- Análisis y estudio de alternativas.
- Selección de métodos de fabricación.
- Planos de fabricación.

- VALIDACIÓN

Finalmente, en el último grupo, se lleva a cabo el proceso de validación con tal de comprobar la integridad estructural del chasis, así como la correcta fabricación y ensamblaje de este. Para ello se llevan a cabo las siguientes operaciones:

- Mediciones del resultado final.
- Comprobaciones de fidelidad del modelo fabricado con los planos.
- Montaje del chasis sobre el prototipo.
- Prueba del prototipo en circuito.

1.2.CONDICIONES GENERALES ADMINISTRATIVAS

El objetivo de este apartado es regular la ejecución de las operaciones estableciendo los derechos y deberes de cada parte implicada en el proyecto.

1.2.1. CONDICIONES GENERALES

El contrato está formado por los siguientes documentos:

- Condiciones fijadas en el documento de contrato.
- Pliego de condiciones técnicas particulares.
- El propio pliego general de condiciones
- El resto de documentación.

- FUNCIONES A DESARROLLAR POR EL INGENIERO DIRECTOR

El ingeniero director es el máximo responsable de la ejecución del proyecto, el cual decide el comienzo y la calidad de los trabajos, velará por el cumplimiento de estos y por las condiciones de seguridad. Las funciones son las siguientes:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que sean necesarios.
- Asistir al taller de operaciones las veces que la complejidad de estas lo requieran.
- Aprobar certificaciones, cualquier liquidación y asesorar.
- Preparar la documentación final de las operaciones.
- Comprobar los sistemas de seguridad e higiene en el trabajo.
- Ordenar y dirigir la ejecución del proyecto, normas técnicas y reglas de buena ejecución de las operaciones.
- Planificar el control de calidad y el control económico del proyecto.

- FUNCIONES A DESARROLLAR POR LOS OPERARIOS

Corresponde a los técnicos del equipo las siguientes funciones:

- Organizar los trabajos y autorizar las instalaciones de trabajo.
- Velar por el cumplimiento de la normativa de seguridad e higiene en el trabajo.
- Asegurar la idoneidad de todos los materiales, componentes y herramientas utilizados en las operaciones.
- Poseer y conocer el libro de órdenes.
- Conocer las leyes y verificar los documentos del proyecto.
- Elaborar el plan de seguridad e higiene.
- Estar presente durante la jornada de trabajo.
- Ejecutar los trabajos necesarios para el correcto desarrollo del proyecto.

1.2.1. CONDICIONES DE EJECUCIÓN

- Orden de trabajo

La determinación del orden de trabajo es obra de los operarios, salvo que, por alguna circunstancia, la dirección del proyecto decida realizar alguna variación, lo cual deberá advertirse con un plazo de antelación de quince (15) días antes del inicio del trabajo.

- Ritmo de trabajo

El operario iniciará las operaciones de fabricación en el plazo marcado por el pliego de condiciones particulares desarrollándolas dentro de los tiempos establecidos.

- Ampliación del proyecto

En casos imprevistos, cuando se deba ampliar el contrato, no se interrumpirán los trabajos, continuando según las instrucciones otorgadas por el ingeniero con el proyecto reformado.

- Trabajos defectuosos

Los operarios deberán emplear materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones técnicas generales del pliego de condiciones y realizar los trabajos acuerdo con lo especificado en el pliego. Por lo tanto, cuando se detecten defectos en los trabajos o materiales, se podrá disponer la reposición de las partes defectuosas.

- Procedencia de material y herramientas

Los operarios proveerán el material y las herramientas de lugares que se determinen convenientes excepto en el caso en que el ingeniero determine una procedencia determinada en el pliego.

- Materiales defectuosos

En caso de detectar materiales defectuosos los operarios deberán sustituir dichos materiales y herramientas por otros que satisfagan las condiciones de este pliego.

- Precios

El cálculo de los precios es el resultado de la suma de los costes directos, indirectos y los gastos generales de la maquinaria de fabricación, tal como se muestra en el presupuesto general.

Los costes directos son:

- Alquiler de la maquinaria de fabricación.
- Precio de los materiales.
- Equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para prevención y protección de accidentes.
- Gastos de personal (transporte, energía, dietas,...)

Los costes indirectos son:

- Gastos de instalaciones.
- Gastos de almacenamiento
- Seguros de personal

- Precios contradictorios

En caso de que se produzcan contradicciones entre los precios previstos por los operarios o los ingenieros y los encargados del alquiler de la maquinaria, el precio resultante final se resolverá entre los mismos antes de la firma del contrato.

- Pagos

Los pagos se efectuarán en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá al anteriormente acordado.

Si los trabajos realizados están especificados en el proyecto y no fueron realizados a su debido tiempo, estos serán valorados según figure en el presupuesto.

- Penalizaciones

En este pliego se contemplan dos penalizaciones:

- Por incumplimiento de contrato.
- Por demora en la ejecución.

- Demora de pagos

Si no se efectuasen los pagos dentro del periodo de tiempo establecido en el convenio el contratista tendrá derecho a percibir un interés de demora de un tercio anual.

- Los operarios

Los operarios son los responsables de la ejecución de todas las operaciones establecidas en el contrato y en los documentos del proyecto. Por lo tanto, están obligados a realizar tantas operaciones como sean necesarias con tal de cumplir con el contrato establecido.

El operario se responsabiliza de los accidentes que se produzcan por inexperiencia o descuido.

Será causa de rescisión del contrato:

- Defunción o incapacidad del operario.
- Quiebra del operario.
- Alteraciones fundamentales del proyecto.
- Suspensión del proyecto.

- Arbitraje

En casos de litigio o desavenencia entre los implicados se recurrirá en primer lugar a la dirección facultativa de la obra. En caso de que el desacuerdo subsista, cada parte nombrará un perito, sometiéndose las partes al acuerdo entre éstos. En última instancia se acudirá a los tribunales.

1.3.CONDICIONES PARTICULARES

En este apartado del presente pliego de condiciones se recogen todas las condiciones técnicas, económicas y legales de carácter particular a las que se ha de someter el proyecto.

1.3.1. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

Las condiciones técnicas particulares abarcan las características que deben tener los materiales, los controles de calidad y los ensayos a los que se deberán someter.

- Materiales

Todos los materiales a emplear en el presente proyecto serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

- Pruebas y ensayos de materiales

Todos los materiales que se van a disponer para este proyecto podrán ser sometidos a análisis o pruebas si se cree necesario con tal de acreditar su calidad. Cualquier otro que no haya sido especificado y sea necesario emplearlo deberá ser aprobado por la dirección del proyecto.

- Condiciones generales de ejecución

Todos los trabajos se ejecutarán esmeradamente, cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la dirección del proyecto.

- Prescripción del aluminio

Será de color blanco brillante, de estructura fibrosa, densidad 2,67 y punto de fusión 680°C.

- Diseño del chasis

El diseño del chasis debe asegurar la funcionalidad completa del prototipo. Se debe garantizar su completa seguridad estructural para cumplir con las exigencias del campeonato.

- Fabricación del chasis

Una vez cerradas las operaciones de diseño se debe fabricar el prototipo.

- Mecanizado de todos los componentes.
- Soldado de todos los componentes.
- Montaje del conjunto.

- Mecanizado de los componentes

Para las operaciones de mecanizado, los operarios ejecutarán esmeradamente todas las labores de trabajo requeridas hasta conseguir el resultado propuesto en este proyecto.

En caso de error de diseño o imposibilidad de fabricación el proyecto quedará paralizado hasta que el ingeniero establezca la fecha de reinicio del proyecto.

Los operarios asumirán la responsabilidad de errores de fabricación, teniendo que repetir las operaciones necesarias hasta conseguir el resultado propuesto.

Soldado de los componentes

Los operarios de soldadura velarán por conseguir un resultado óptimo en el proceso.

En caso de que el ingeniero pida una prueba de calidad, dichos operarios serán los encargados de proporcionar los resultados de los ensayos de calidad de la soldadura.

Los operarios asumirán la responsabilidad de errores durante el proceso, teniendo que repetir las operaciones necesarias hasta conseguir el resultado propuesto.

- Montaje del conjunto

Los encargados del proceso de montaje del conjunto ya fabricado serán los encargados de realizar todas las comprobaciones necesarias para determinar el correcto estado del prototipo.

En caso de errores de montaje, estos serán los encargados de establecer donde se encuentran los errores y de coordinar a los equipos de fabricación para solucionarlo.

- Validación

Tras la fabricación y verificación se valida el sistema de manera sectorial y parcial, generando los informes necesarios para cada uno de ellos. Con esto se asegura la funcionalidad del conjunto en todas las situaciones.

1.3.2. CONDICIONES ECONÓMICAS PARTICULARES

La duración del contrato será de dos años. El pago a los operarios y al resto del equipo se realizará en 3 plazos. El primero se efectuará durante la primera semana de la firma del contrato, y tendrá un valor del (50%) del precio fijado en el presupuesto. El segundo pago tendrá un valor del (25%), el cual se llevará a cabo tras la conclusión de todas las operaciones de fabricación y montaje. Finalmente, el último pago del 25% se hará una vez concluida la competición.

1.3.3. CONDICIONES LEGALES PARTICULARES

Para que el contratista pueda optar a la adjudicación del contrato del presente proyecto deberá cumplir los siguientes requisitos:

- El precio propuesto por el contratista no deberá superar el 17% de la cantidad indicada en el proyecto.
- Deberá contar al personal implicado en el presupuesto como equipo básico.

1.3.4. PLAZOS

El contratista dispone de un plazo de cuarenta (40) días hábiles, contados a partir del mismo día de la formalización del contrato, para preparar las instalaciones y maquinaria para la ejecución del proyecto y fabricar dos (2) piezas del proyecto. En ese momento se realizará un control de calidad sobre dichas piezas.

Si el resultado del control es favorable, los trabajos continuarán con normalidad dentro de los plazos de tiempo establecidos. En caso contrario, el operario tendrá un plazo de veinte (20) días para fabricar nuevas piezas o corregir las imperfecciones detectadas.

Una vez confirmada la calidad de fabricación de las primeras piezas, los operarios se encargarán de fabricar las restantes manteniendo los estándares de calidad, con un plazo de sesenta (60) días para finalizar la fabricación de todos los componentes.

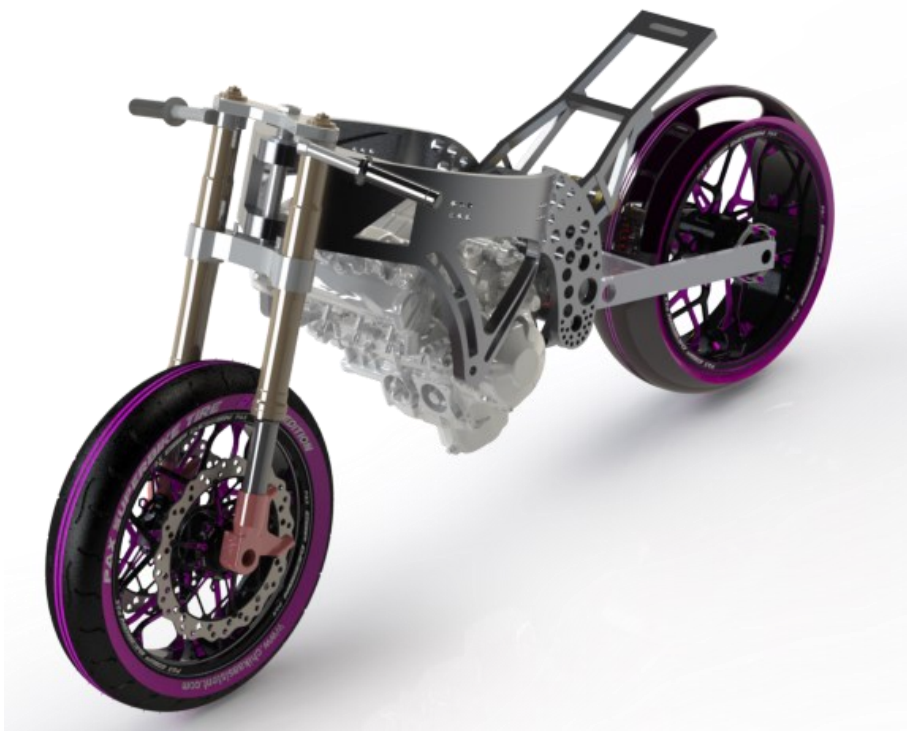
Una vez finalizado el proceso de fabricación de cada componente, el equipo de soldadura dispondrá de un plazo de cinco (5) días para realizar la unión de dos de las piezas con tal de realizar un control de calidad sobre el mismo.

En caso de obtener un resultado del control de calidad favorable, se continuará con el trabajo con normalidad, teniendo un plazo de veinte (20) días para terminar todo el trabajado de

soldadura. En caso de obtener un resultado desfavorable, los operarios tendrán un plazo de quince (15) días para resolver los problemas.

Finalmente, el equipo de operarios encargado de realizar el ensamblaje del conjunto cuenta con un plazo de diez (10) días para realizar las operaciones que dejan el chasis acabado y montado. Una vez terminado se realizará un control de calidad intensivo. En caso de que el control de calidad sea favorable, los trabajos de construcción habrán terminado. En caso de encontrar errores o desperfectos, los equipos tendrán un plazo de quince (15) días para resolverlo.

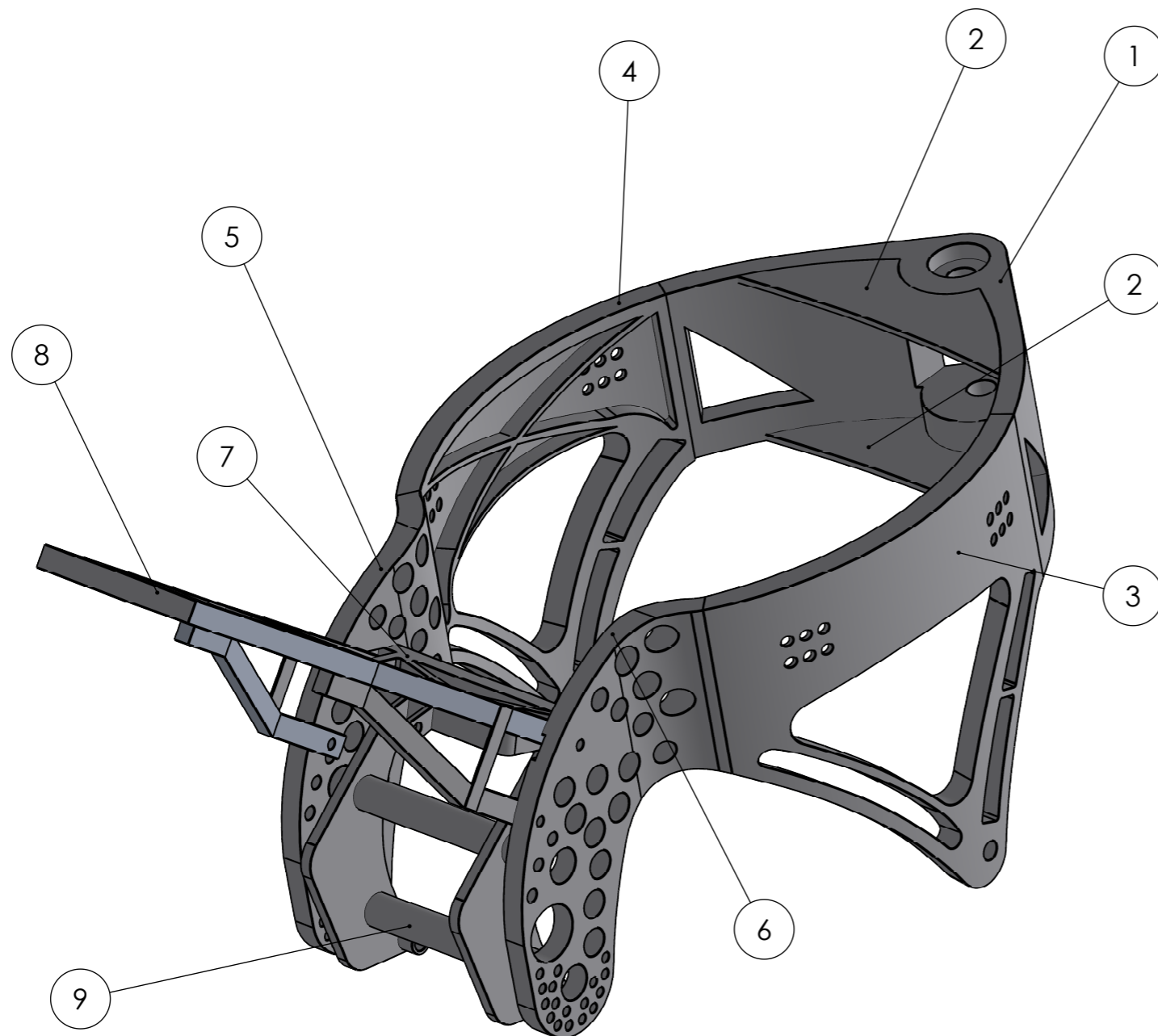
Finalmente, si todos los resultados son favorables, el trabajo de los operarios habrá finalizado y el contrato se dará por terminado.



TÍTULO	Diseño de bastidor para motocicleta de competición para FIM <i>SuperSport</i> 600.
FECHA	SEPTIEMBRE 2022
DOCUMENTO	PLANOS
GRADO	INGENIERÍA MECÁNICA
TUTOR	Colomer Romero, VICENTE
AUTOR	Pérez Pizarro, SERGI

ÍNDICE

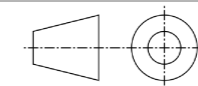
1. PLANO 1: PLANO CONJUNTO CHASIS
2. PLANO 2: PLANO SUBCONJUNTO SUBCHASIS
3. PLANO 3: PLANO SUBCONJUNTO ANCLAJE MOTOR
4. PLANO 4: V3PD
5. PLANO 5: V3AI
6. PLANO 6: V3AD
7. PLANO 7: V3SA
8. PLANO 8: V3VLD
9. PLANO 9: V3VLI
10. PLANO 10: PSD
11. PLANO 11: PSC
12. PLANO 12: PS
13. PLANO 13: PIEZA 2 D
14. PLANO 14: PIEZA 2 I
15. PLANO 15: SUBCONJUNTO 1 SUCHASIS
16. PLANO 16: PLETINA REFUERZO
17. PLANO 17: ASC
18. PLANO 18: A1
19. PLANO 19: A2
20. PLANO 20: A3
21. PLANO 21: A4
22. PLANO 22: AC
23. PLANO 23: ANCLAJE MOTOR-CHASIS
24. PLANO 24: PLETINA LATERAL
25. PLANO 25: SISTEMA RIGIDEZ VARIABLE
26. PLANO 26: PLETINA REFUERZO



Nº ELEMENTO	NOMBRE	MATERIAL	CANTIDAD
1	V3PD	ALUMINIO 6082-T6	1
2	PLETINA REFUERZO	ALUMINIO 6082-T6	2
3	V3VL D	ALUMINIO 6082-T6	1
4	V3VL I	ALUMINIO 6082-T6	1
5	V3A I	ALUMINIO 6082-T6	1
6	V3A D	ALUMINIO 6082-T6	1
7	V3SA	ALUMINIO 6082-T6	1
8	SUBCHASIS	ALUMINIO 6082-T6	1
9	V1CM	ALUMINIO 6082-T6	1



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS DE ALCOY



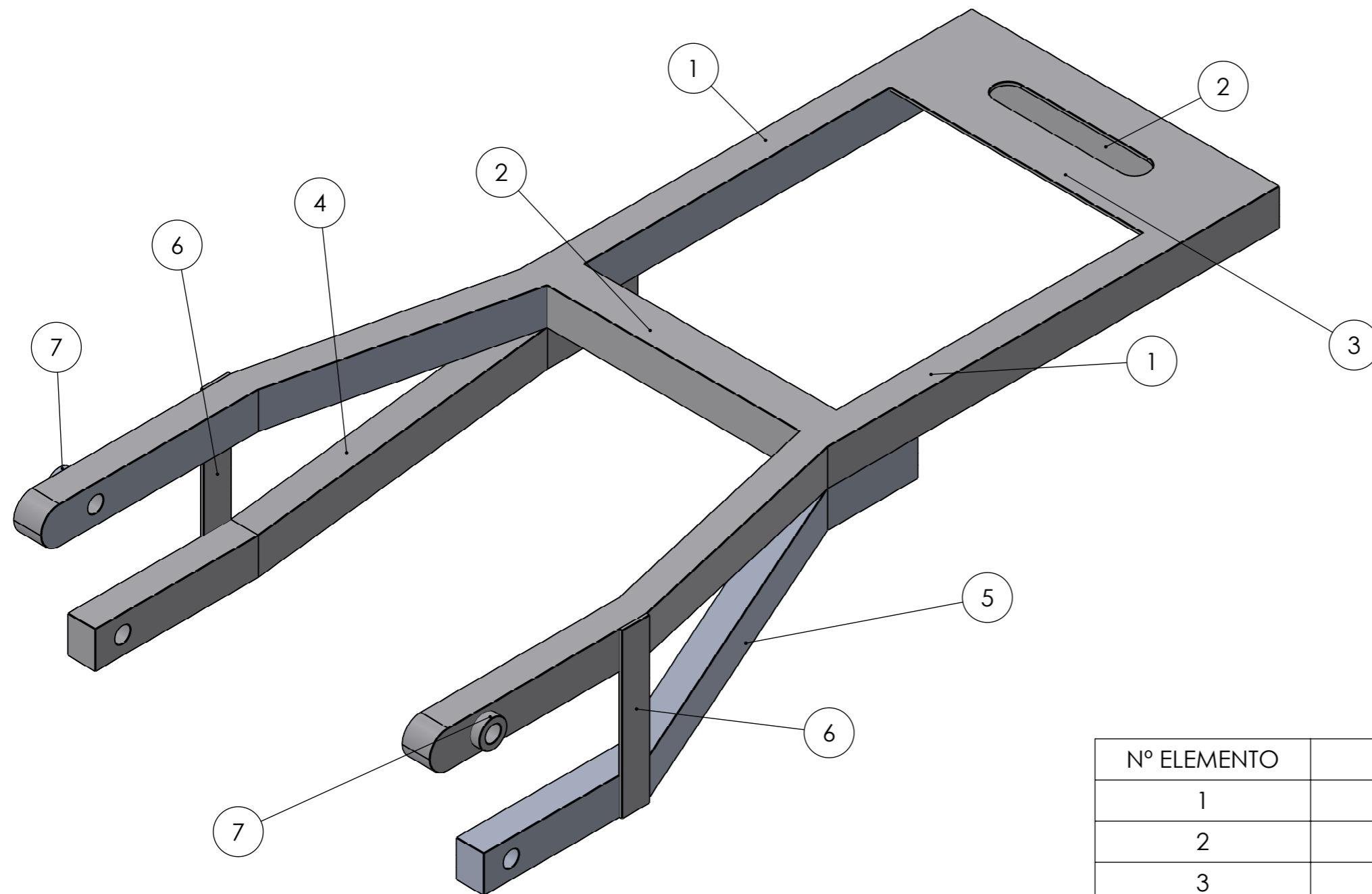
Material:
Al 6082-T6

Escala
principal:

1:5

Tolerancias
generales de
medidas según
ISO 2678

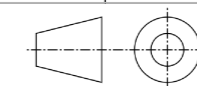
DIBUJO	28/06/22	TFG	NOMBRE Pieza: PLANO CONJUNTO CHASIS	TIPO DE PIEZA: CHASIS
NOMBRE: Pérez Pizarro, Sergi	UNIDADES: 1	PLANO No:	1	PÁGINA No: 1
APROB.	N/A	N/A	Dimensiones principales en mm y f(D)	De: 1



Nº ELEMENTO	NOMBRE	MATERIAL	CANTIDAD
1	PSD	ALUMINIO 6082-T6	2
2	PSC	ALUMINIO 6082-T6	2
3	PS	ALUMINIO 6082-T6	1
4	P2D	ALUMINIO 6082-T6	1
5	P2I	ALUMINIO 6082-T6	1
6	PLETINA REFUERZO	ALUMINIO 6082-T6	2
7	ASC	ALUMINIO 6082-T6	2



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS DE ALCOY



Material:
Al 6082-T6

Escala
principal:
1:2

Tolerancias
generales de
medidas según
ISO 2678

DIBUJO 28/06/22 TFG

NOMBRE Pieza:
PLANO SUBCONJUNTO SUBCHASIS

TIPO DE PIEZA:

NOMBRE:
Pérez Pizarro, Sergi

UNIDADES:
1

PLANO No: 2

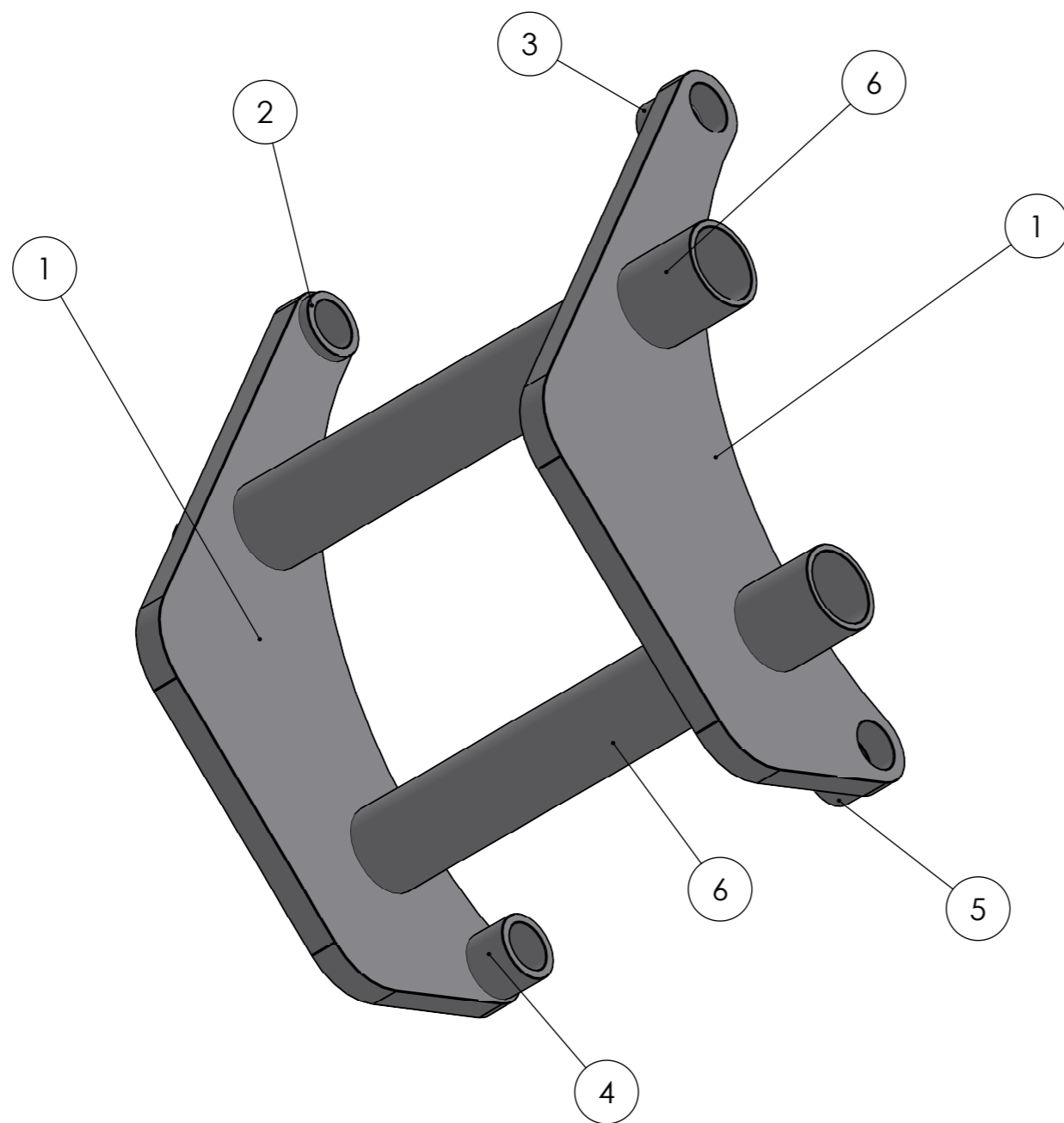
PÁGINA No:
1

APROB. N/A

N/A

Dimensiones principales en mm y f(D)

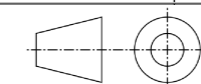
De:
1



Nº ELEMENTO	NOMBRE	MATERIAL	CANTIDAD
1	Pletina lateral	ALUMINIO 6082-T6	2
2	A1	ALUMINIO 6082-T6	1
3	A2	ALUMINIO 6082-T6	1
4	A3	ALUMINIO 6082-T6	1
5	A4	ALUMINIO 6082-T6	1
6	AC	ALUMINIO 6082-T6	2



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS DE ALCOY



Material:
Al 6082-T6

Escala
principal:
1:2

Tolerancias
generales de
medidas según
ISO 2678

DIBUJO 28/06/22 TFG

NOMBRE Pieza:
PLANO SUBENSAMBLAJE ANCALJE MOTOR

TIPO DE PIEZA:

NOMBRE:
Pérez Pizarro, Sergi

UNIDADES:
1

PLANO No: 3

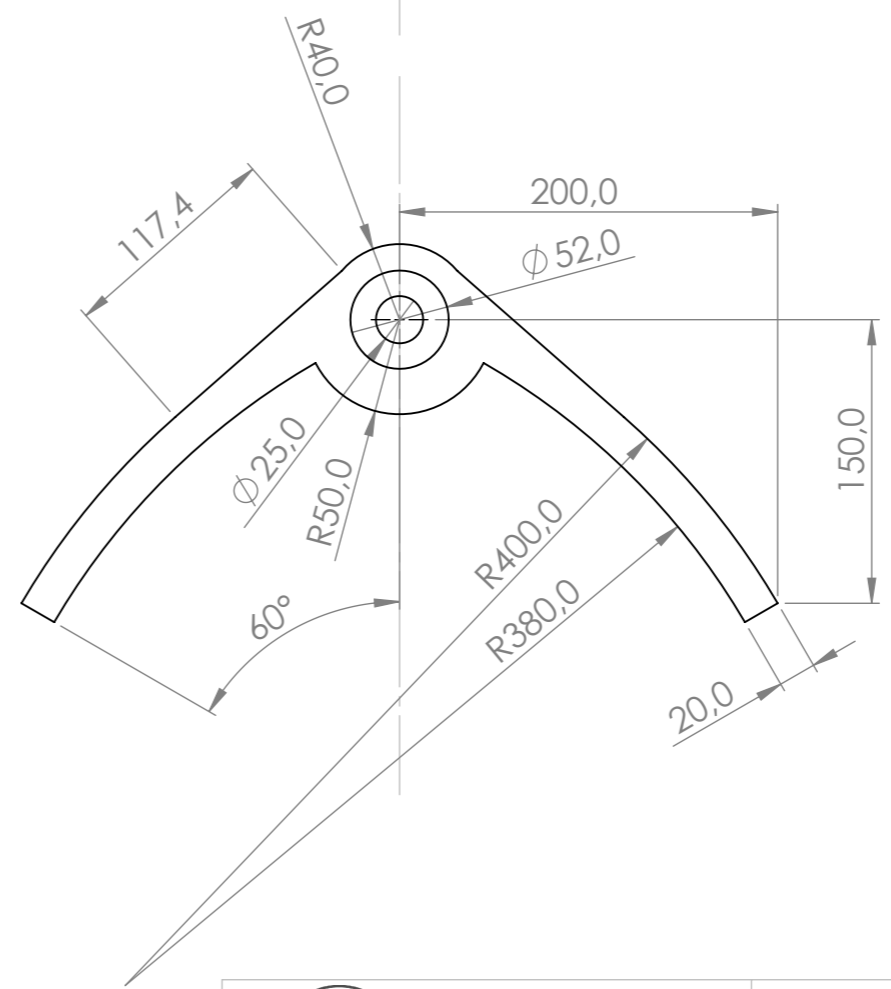
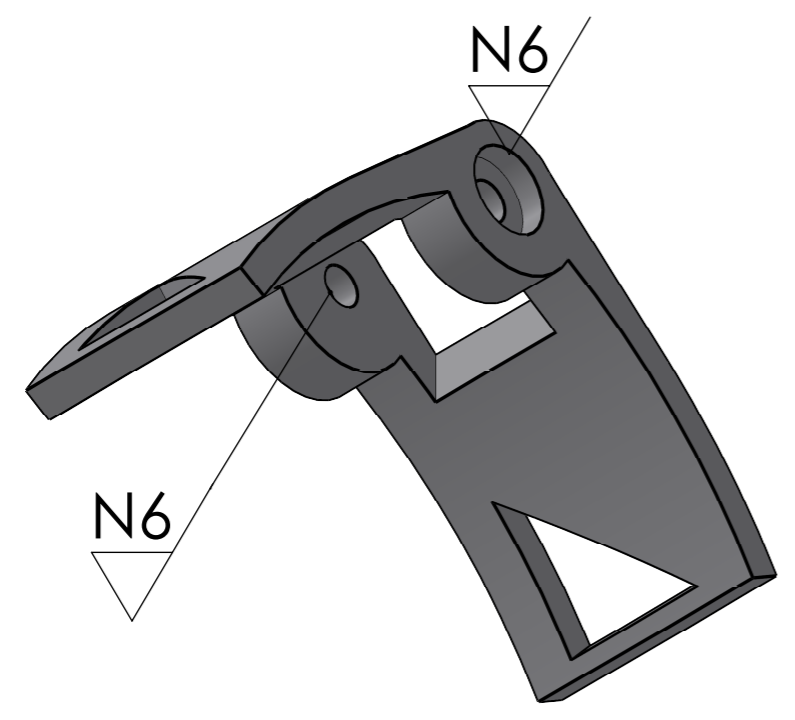
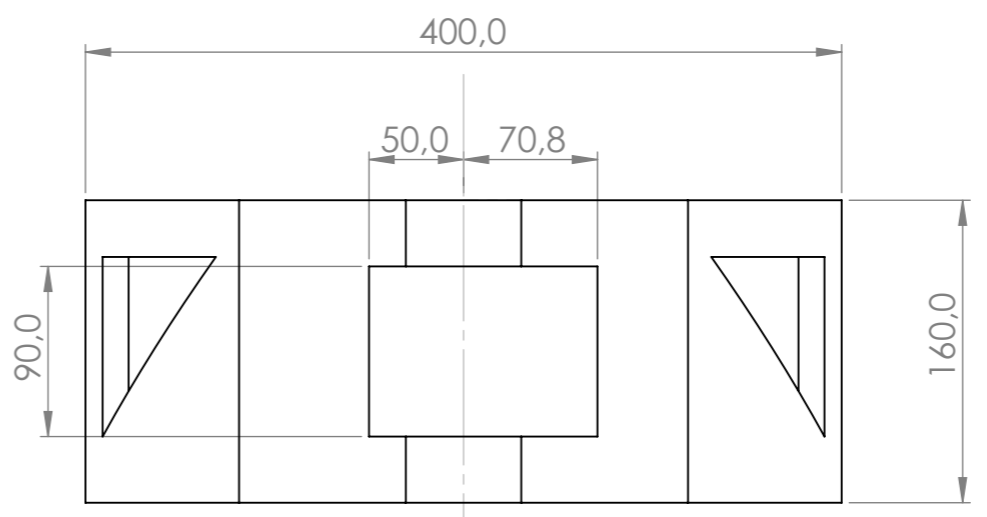
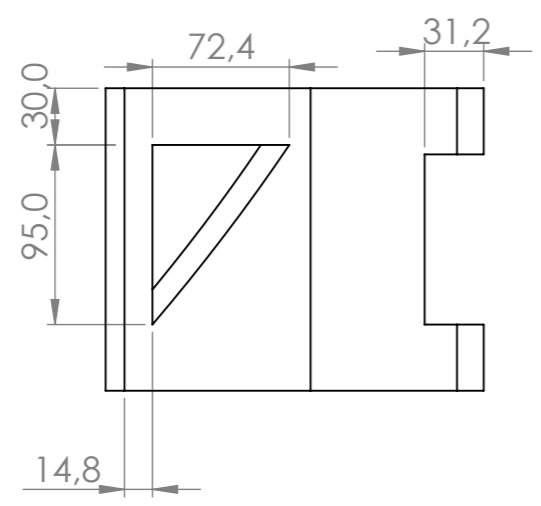
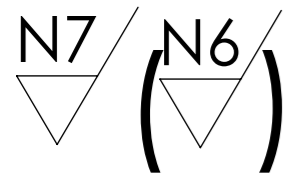
PÁGINA No:
1

APROB. N/A

N/A

Dimensiones principales en mm y f(D)

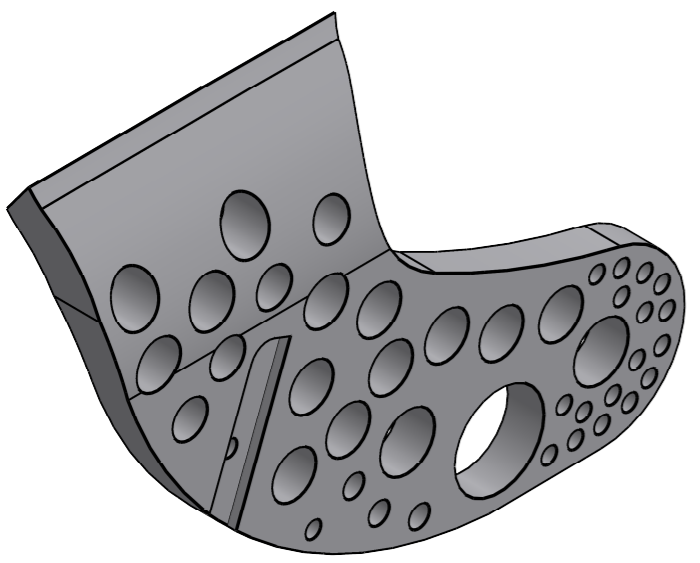
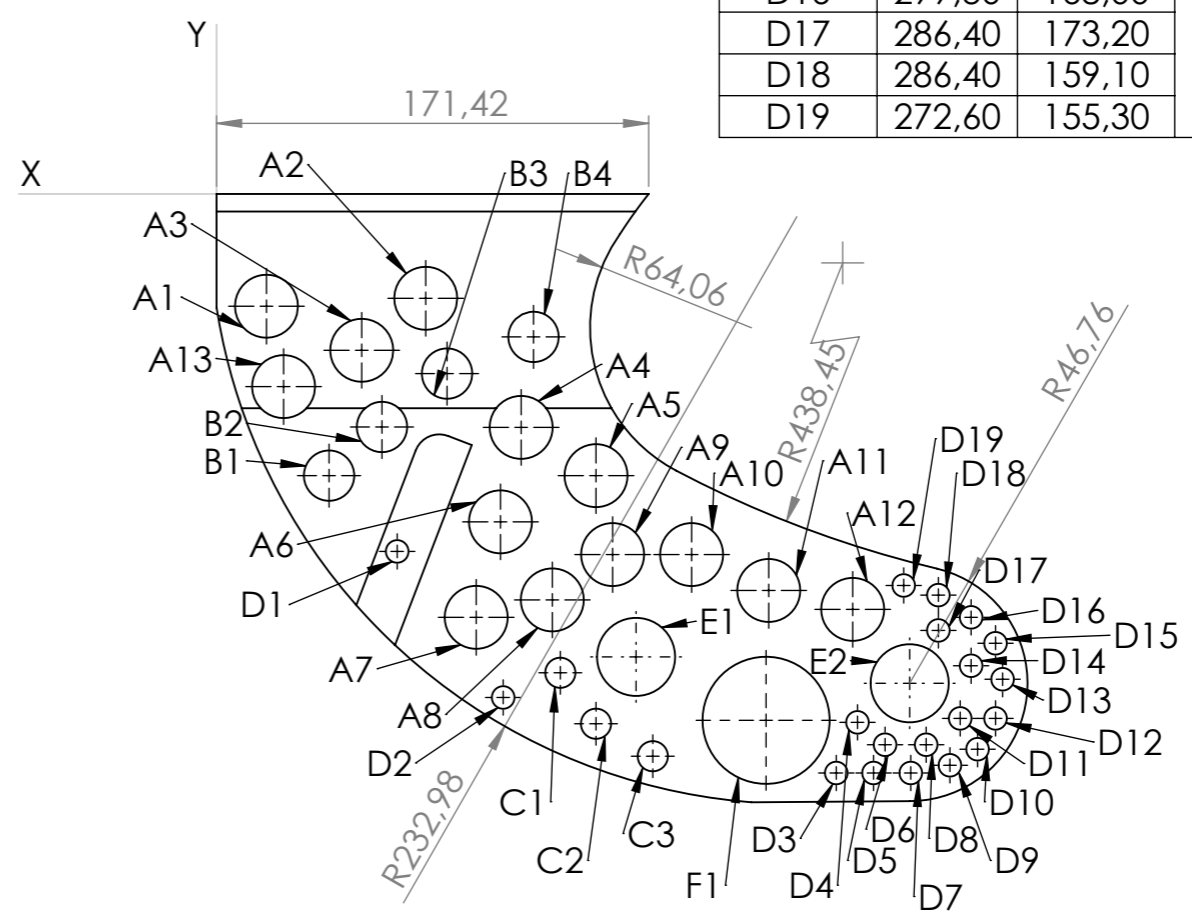
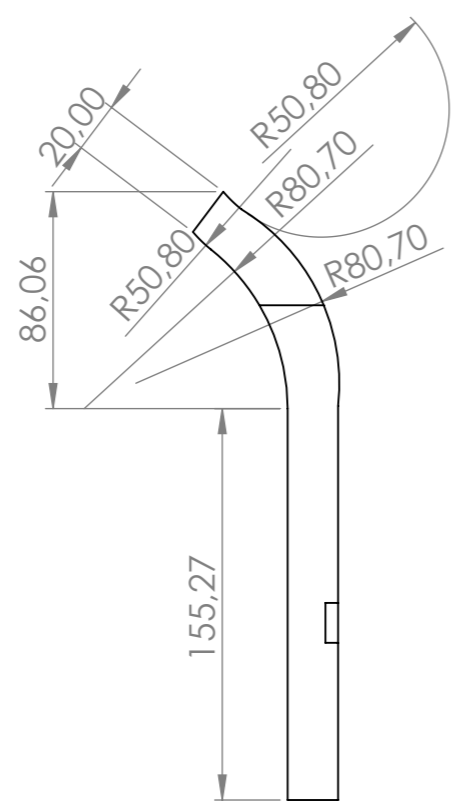
De:
1



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS DE ALCOY			 Material: Al 6082-T6	Escala principal: 1:4	Tolerancias generales de medidas según ISO 2678
DIBUJO	28/06/22	TFG	NOMBRE Pieza: V3PD		TIPO DE PIEZA:
NOMBRE:	Pérez Pizarro, Sergi	UNIDADES: 1	PLANO No: 4		PÁGINA No: 1
APROB.	N/A	N/A	Dimensiones principales en mm y f(D)		De: 1



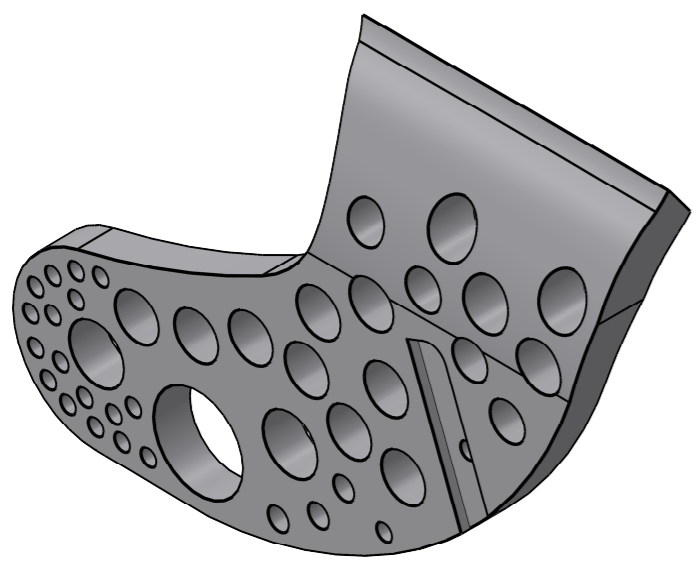
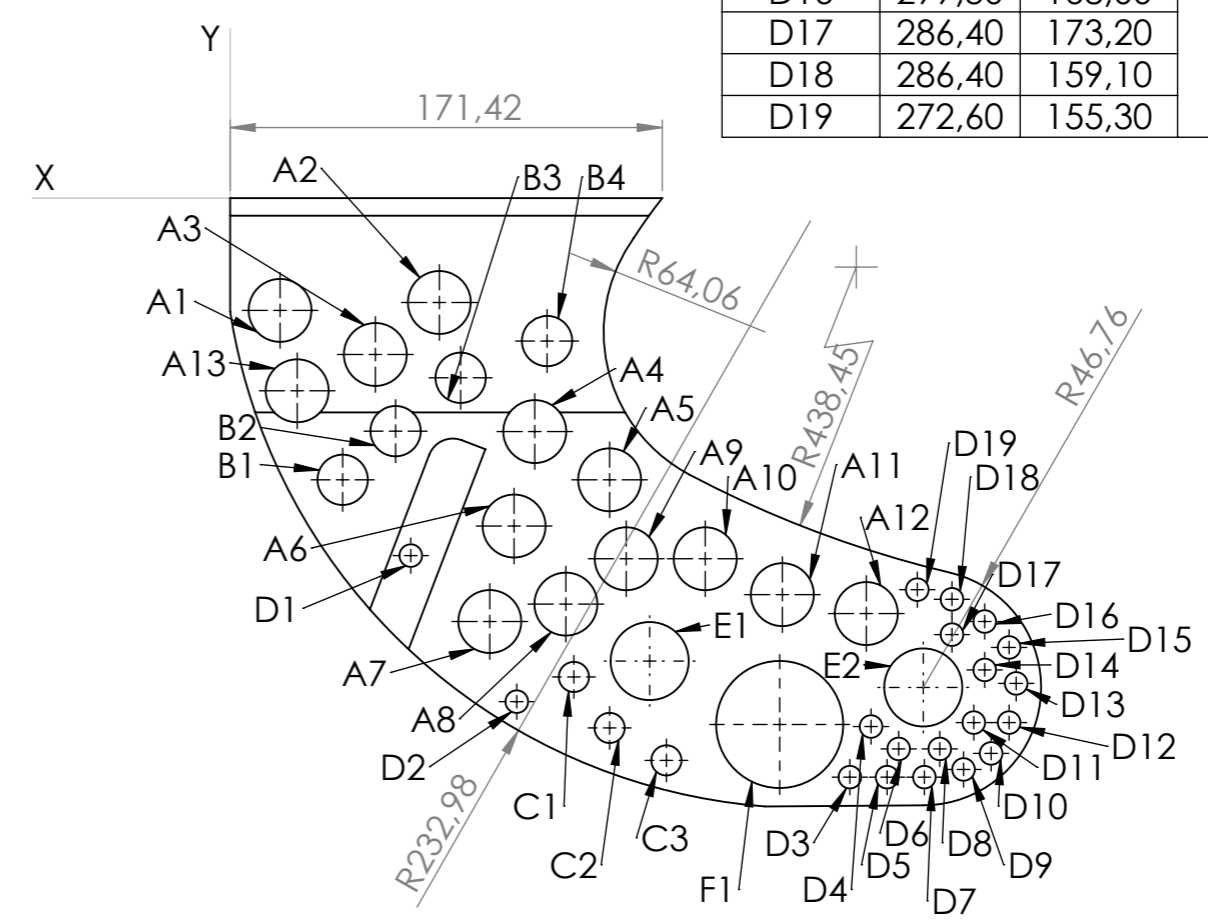
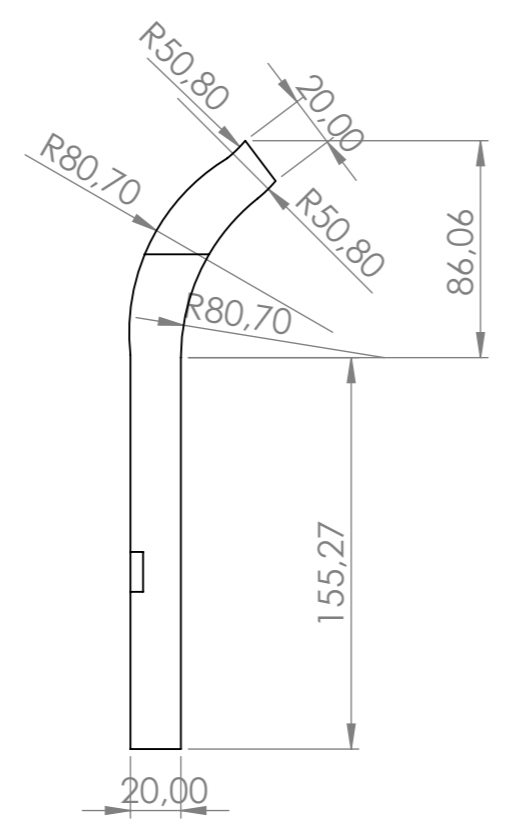
8				7			6			5			4			3			2			1		
NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO	NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO	NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO	NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO	NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO					
A1	19,80	44,50	25	B1	44,60	111,70	20	C1	136,40	189,90	12	D1	71,70	141,80	9									
A2	83,00	41,40		B2	65,60	92,40		C2	150,50	210,20		D2	113,70	199,80										
A3	57,60	62,00		B3	91,40	71,30		C3	173,10	222,10		D3	245,90	229,70										
A4	120,80	92,60		B4	125,70	56,70		NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO	D4	254,30	209,60										
A5	150,50	111,70		NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO	E1	166,40	183,70	31	D5	260,60	229,70										
A6	112,60	130,10		F1	218,00	208,80	50	E2	275,00	194,10		D6	265,20	218,50										
A7	103,00	167,90									D7	275,40	229,70											
A8	133,20	161,10									D8	281,50	218,50											
A9	157,10	143,10									D9	290,90	226,70											
A10	188,50	143,10									D10	301,90	220,30											
A11	219,10	143,10									D11	295,00	208,10											
A13	26,60	76,40									D12	309,00	208,10											
											D13	311,80	192,50											
										D14	299,30	187,20												
										D15	39,00	178,30												
										D16	299,30	168,00												
										D17	286,40	173,20												
										D18	286,40	159,10												
										D19	272,60	155,30												



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS DE ALCOY		Material: Al 6082-T6	Escala principal: 1:3	Tolerancias generales de medidas según ISO 2678
DIBUJO	28/06/22	TFG	NOMBRE Pieza:	V3AI
NOMBRE: Pérez Pizarro, Sergi		UNIDADES: 1	PLANO No: 5	TIPO DE PIEZA:
APROB.	N/A	N/A	Dimensiones principales en mm y f(D)	PÁGINA No: 1 De: 1

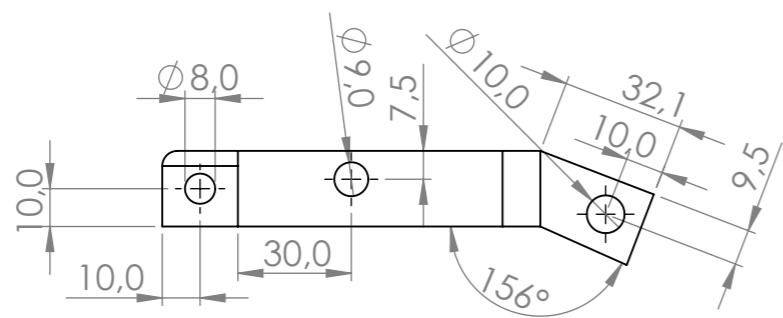
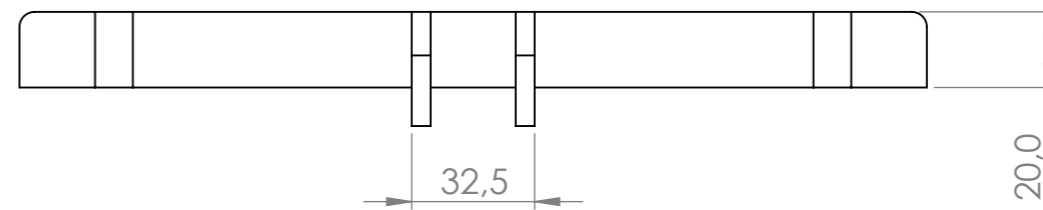
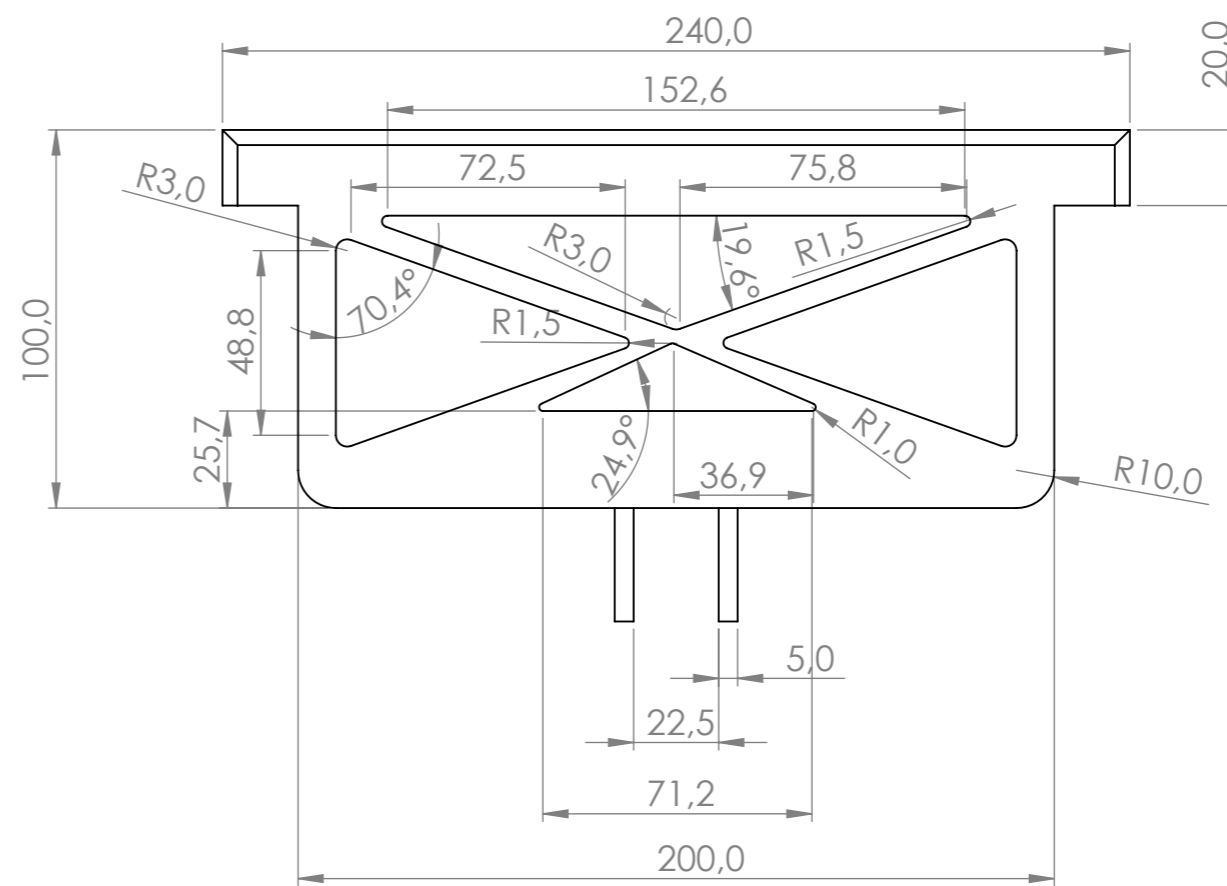
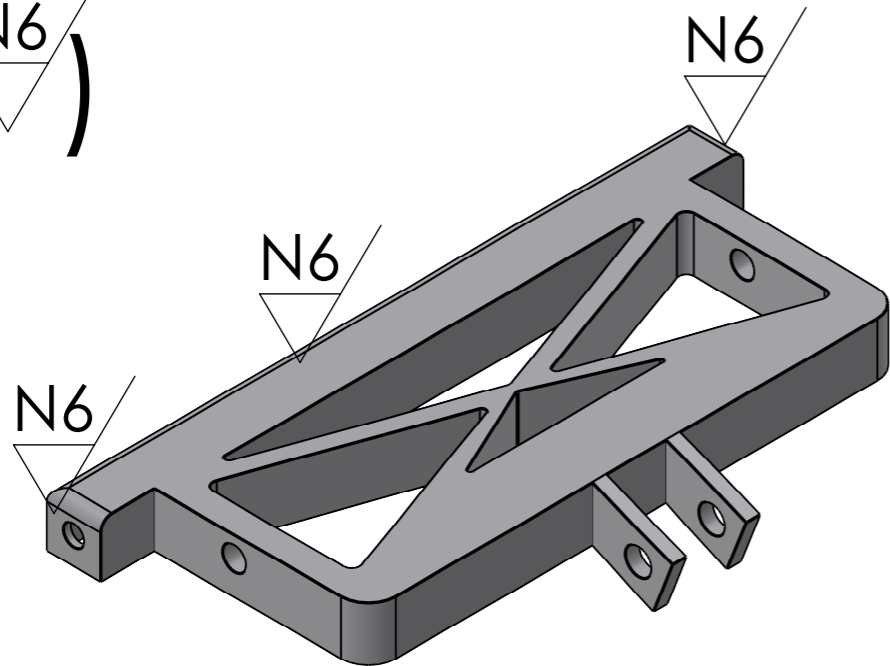
N7

NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO	NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO	NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO	NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO
A1	19,80	44,50	25	B1	44,60	111,70	20	C1	136,40	189,90	12	D1	71,70	141,80	9
A2	83,00	41,40		B2	65,60	92,40		C2	150,50	210,20		D2	113,70	199,80	
A3	57,60	62,00		B3	91,40	71,30		C3	173,10	222,10		D3	245,90	229,70	
A4	120,80	92,60		B4	125,70	56,70		NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO	D4	254,30	209,60	
A5	150,50	111,70		NOMBRE	X	Y	DIÁMETRO	E1	166,40	183,70	31	D5	260,60	229,70	
A6	112,60	130,10		F1	218,00	208,80	50	E2	275,00	194,10	D6	265,20	218,50		
A7	103,00	167,90									D7	275,40	229,70		
A8	133,20	161,10									D8	281,50	218,50		
A9	157,10	143,10									D9	290,90	226,70		
A10	188,50	143,10									D10	301,90	220,30		
A11	219,10	143,10									D11	295,00	208,10		
A13	26,60	76,40								D12	309,00	208,10			
										D13	311,80	192,50			
										D14	299,30	187,20			
										D15	39,00	178,30			
										D16	299,30	168,00			
										D17	286,40	173,20			
										D18	286,40	159,10			
										D19	272,60	155,30			



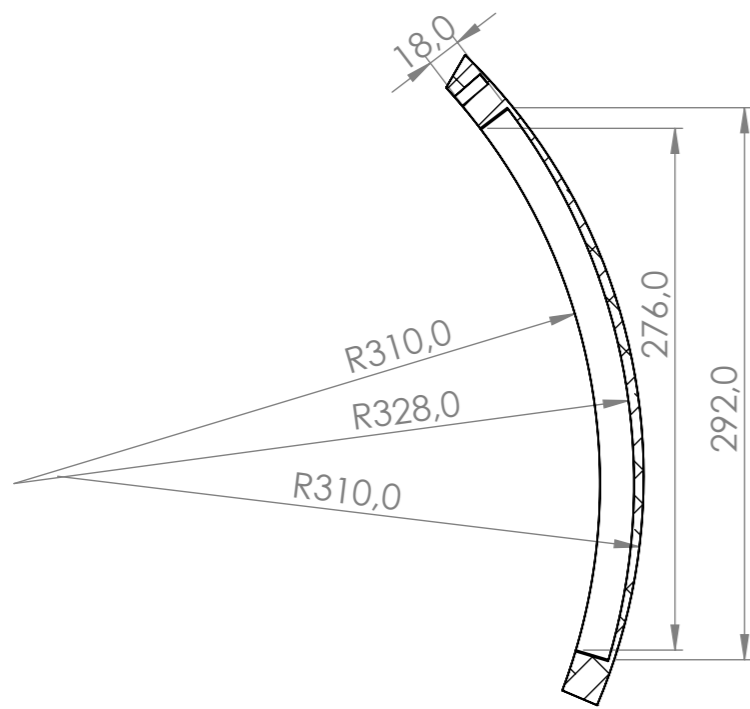
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS DE ALCOY		Material: Al 6082-T6	Escala principal: 1:3	Tolerancias generales de medidas según ISO 2678
DIBUJO	28/06/22	TFG	NOMBRE Pieza: V3AD	
NOMBRE: Pérez Pizarro, Sergi		UNIDADES: 1	PLANO No: 6	
APROB.	N/A	N/A	Dimensiones principales en mm y f(D)	
			TIPO DE PIEZA:	
			PÁGINA No: 1	
			De: 1	

N7 / (N6)

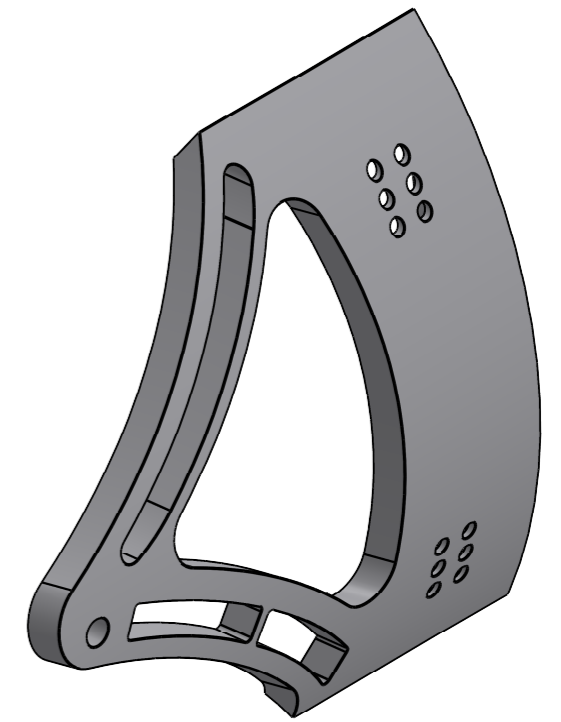
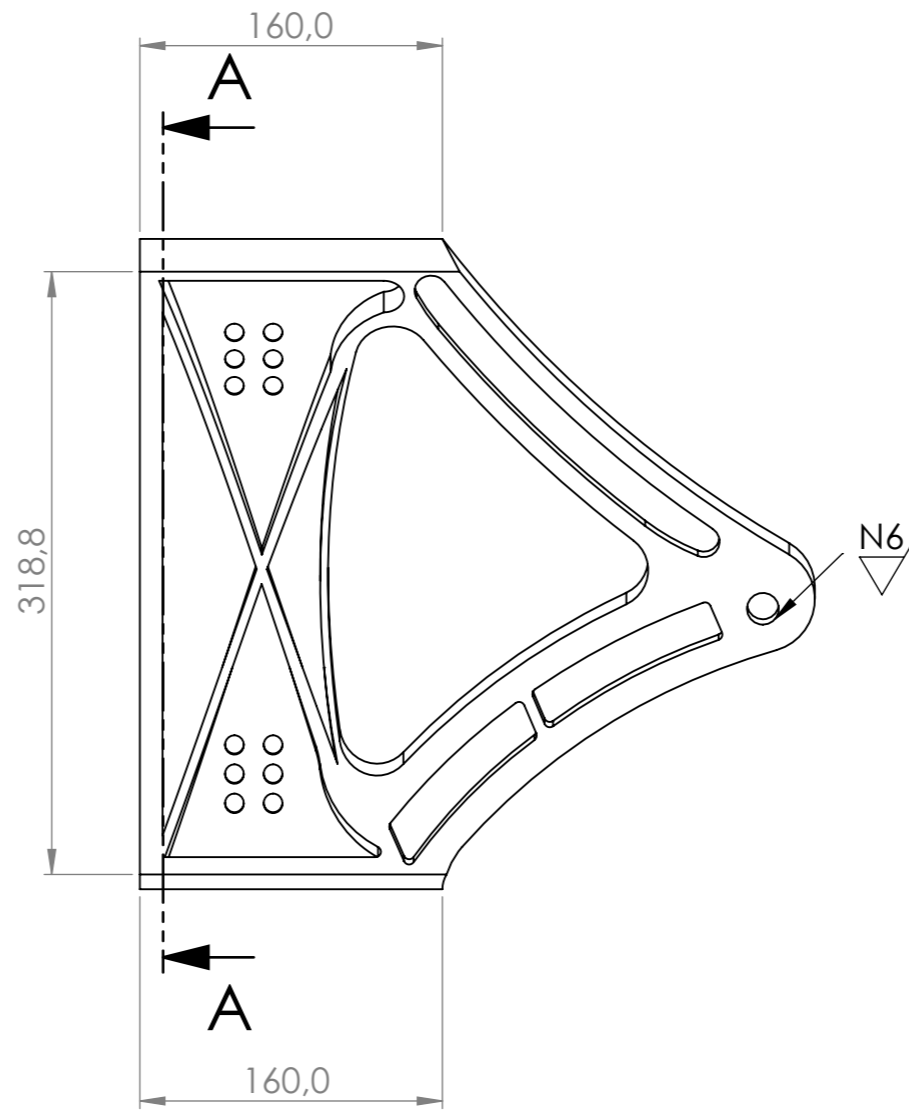


 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS DE ALCOY			 Material: Al 6082-T6	Escala principal: 1:2	Tolerancias generales de medidas según ISO 2678
DIBUJO	28/06/22	TFG	NOMBRE Pieza:	V3SA	TIPO DE PIEZA: SOPORTE
NOMBRE:	Pérez Pizarro, Sergi		UNIDADES:	PLANO No: 7	PÁGINA No: 1
APROB.	N/A	N/A	Dimensiones principales en mm y f(D)		De: 1

N7

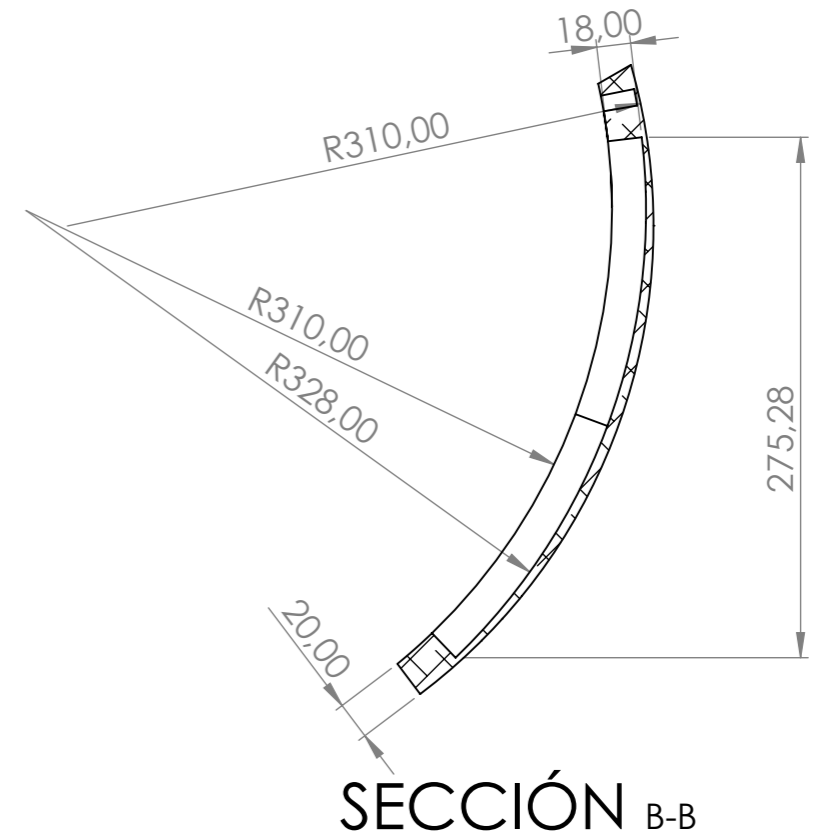
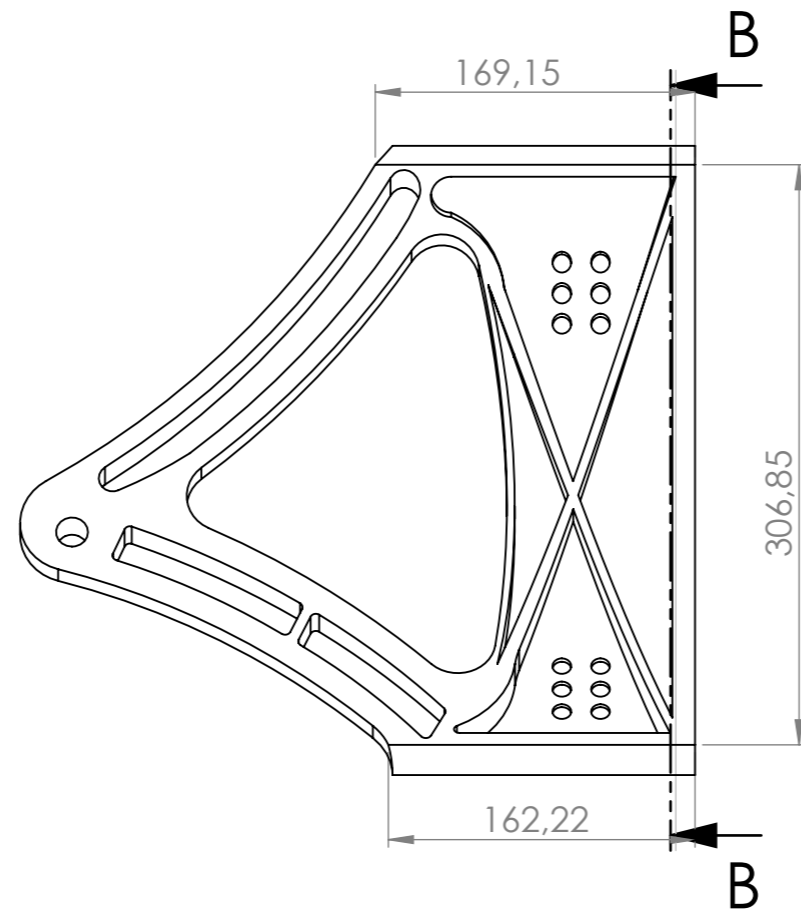
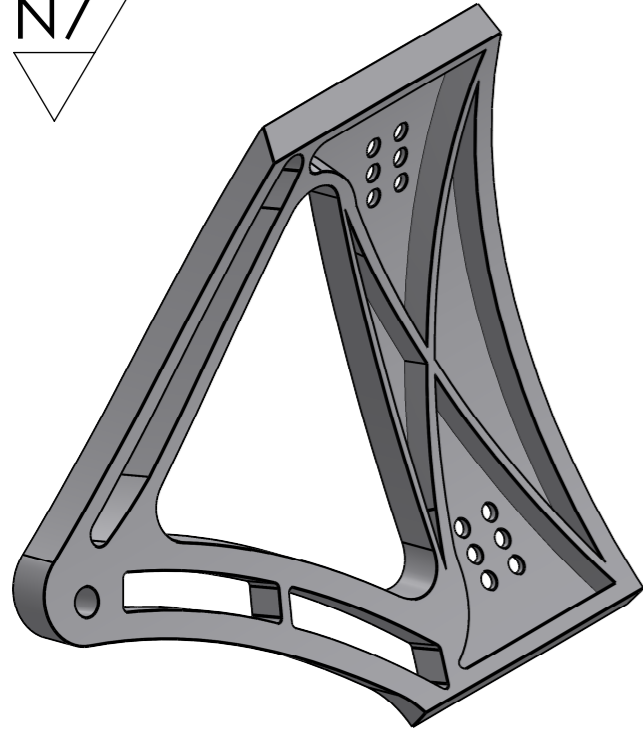


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 4



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS DE ALCOY			 Material: Al 6082-T6	Escala principal:	Tolerancias generales de medidas según ISO 2678
DIBUJO 28/06/22	TFG	NOMBRE Pieza: V3VL D		TIPO DE PIEZA:	
NOMBRE: Pérez Pizarro, Sergi		UNIDADES: 1	PLANO No: 8	PÁGINA No: 1	
APROB. N/A	N/A	Dimensiones principales en mm y f(D)			De: 1

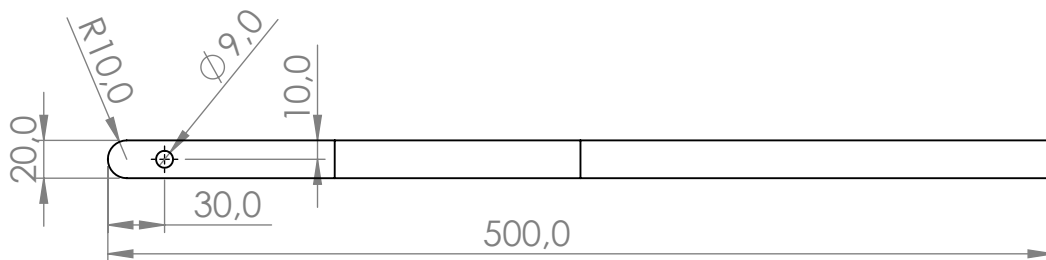
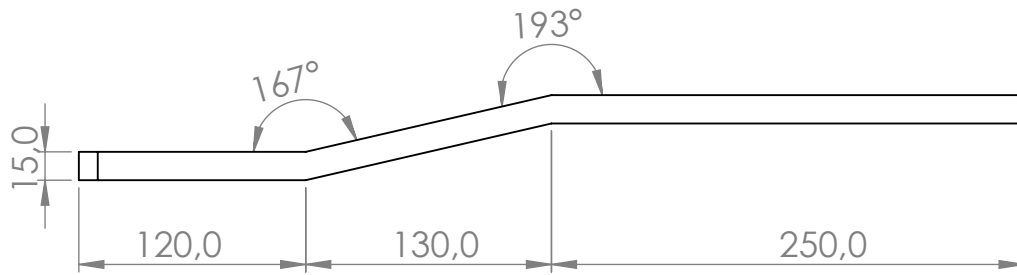
N7



SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 4

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS DE ALCOY			 Material: Al 6082-T6	Escala principal: 1:4	Tolerancias generales de medidas según ISO 2678
DIBUJO	28/06/22	TFG	NOMBRE Pieza: V3VL I		TIPO DE PIEZA: CHASIS
NOMBRE:	Pérez Pizarro, Sergi		PLANO No: 9		PÁGINA No: 1
APROB.	N/A	N/A	Dimensiones principales en mm y f(D)		De: 1

N7



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

PSD

N/A

UNIDADES:

2

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad: mm

ESCALA:
1:4

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:

28/06/22

HOJA:

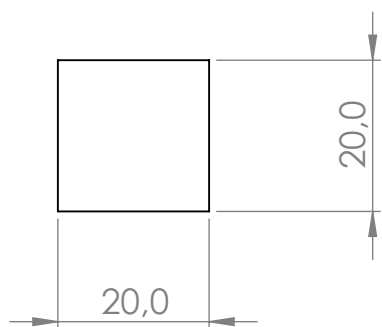
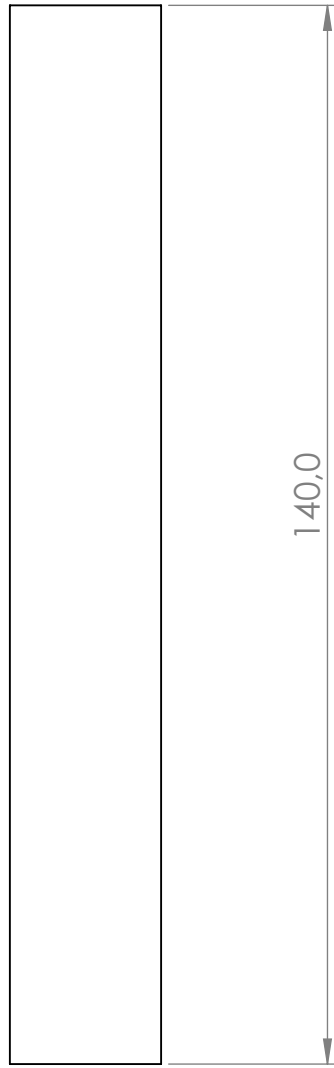
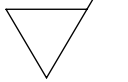
1

PLANO Nº: 10



Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

N7



A

B

C

D

E

F



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

PSC

N/A

UNIDADES:
2

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad: mm

ESCALA:

1:1

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:
28/06/22

HOJA:

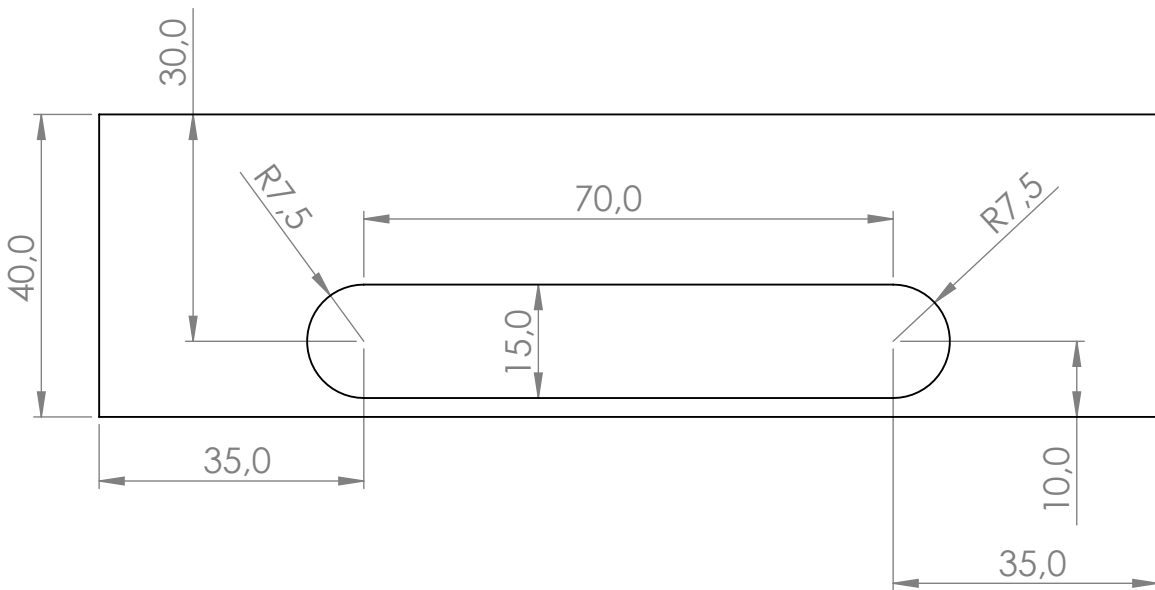
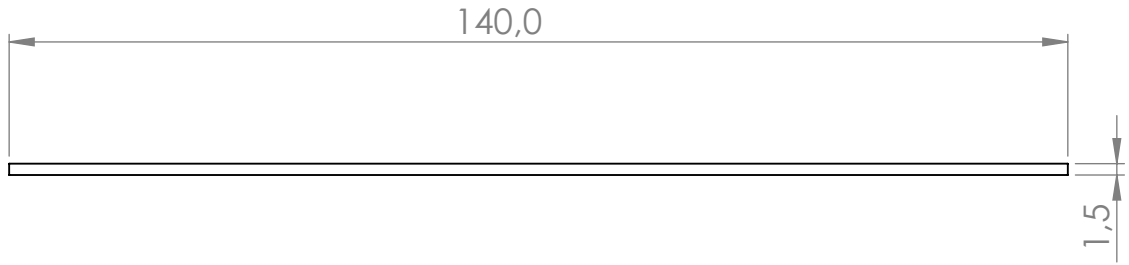
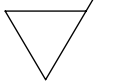
1

PLANO Nº: 11



Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

N7



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

PS

N/A

UNIDADES:

1

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad: mm

ESCALA:

1:1

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:

28/06/22

HOJA:

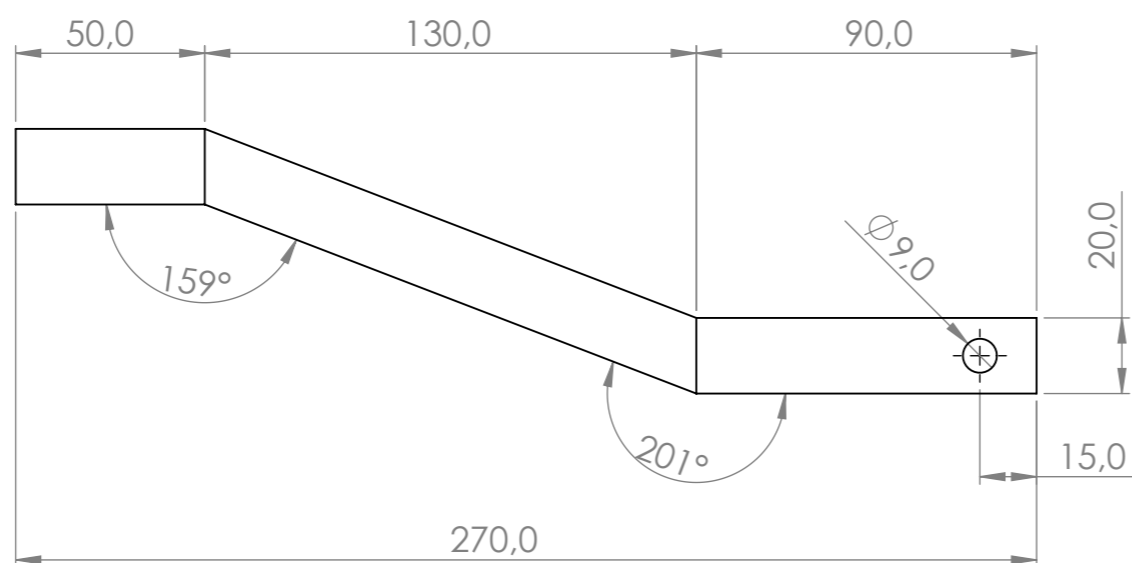
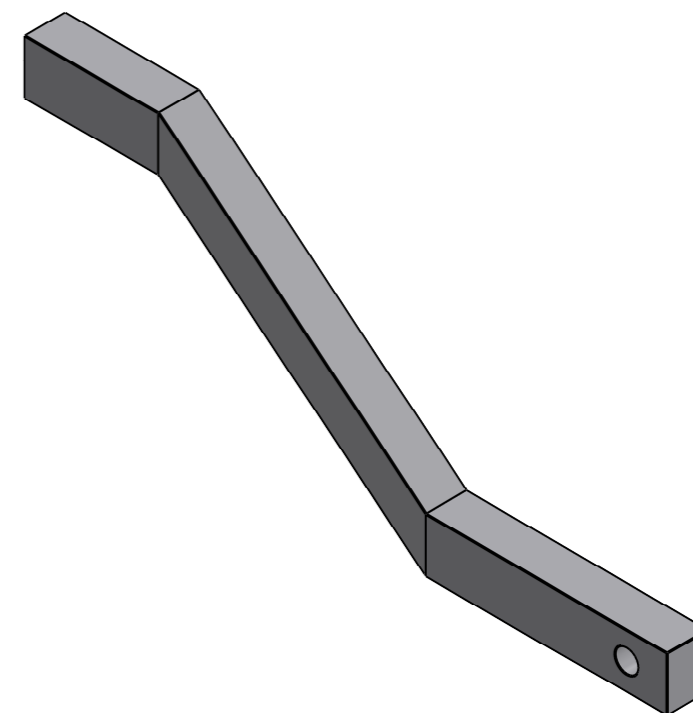
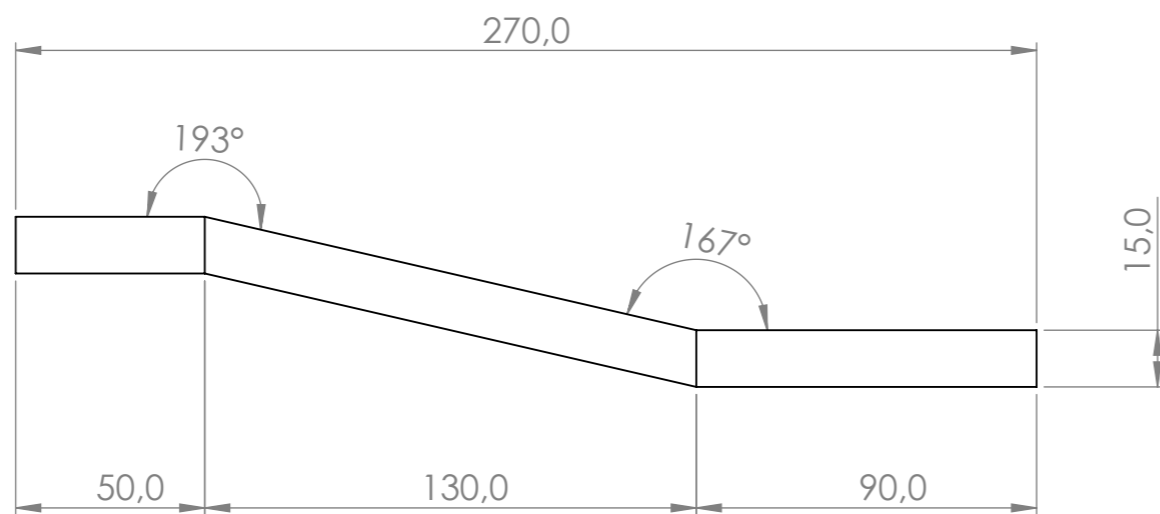
1

PLANO Nº: 12



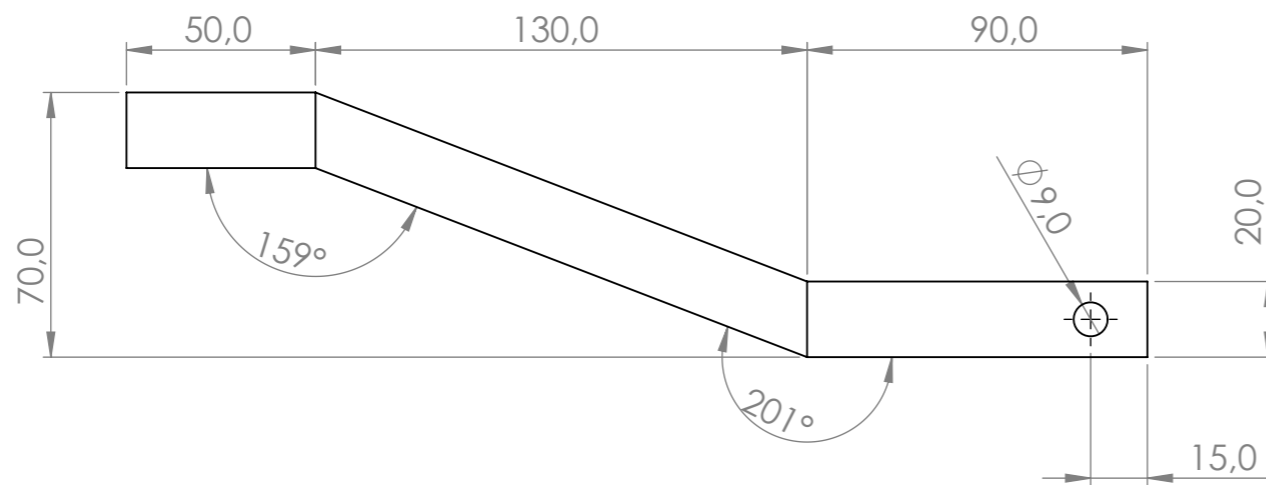
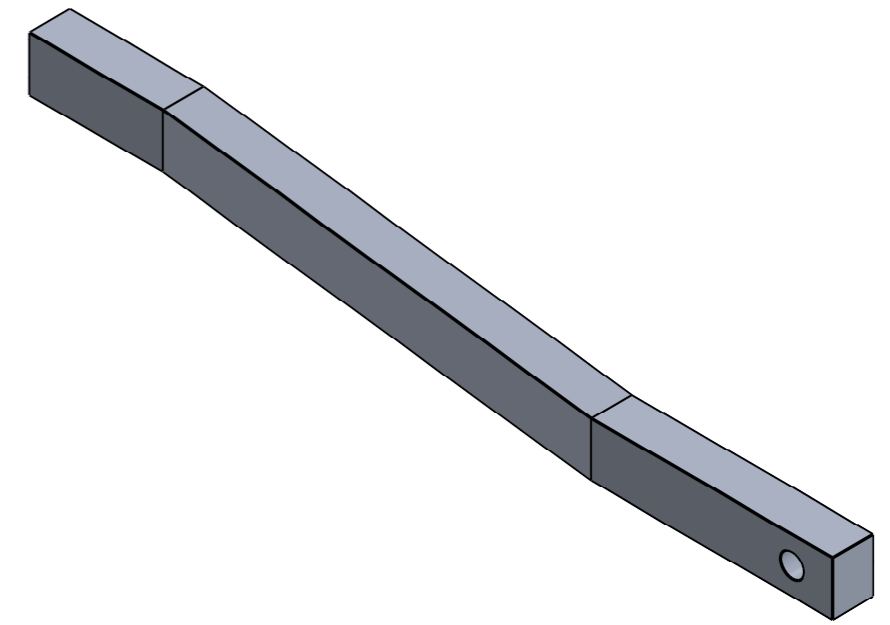
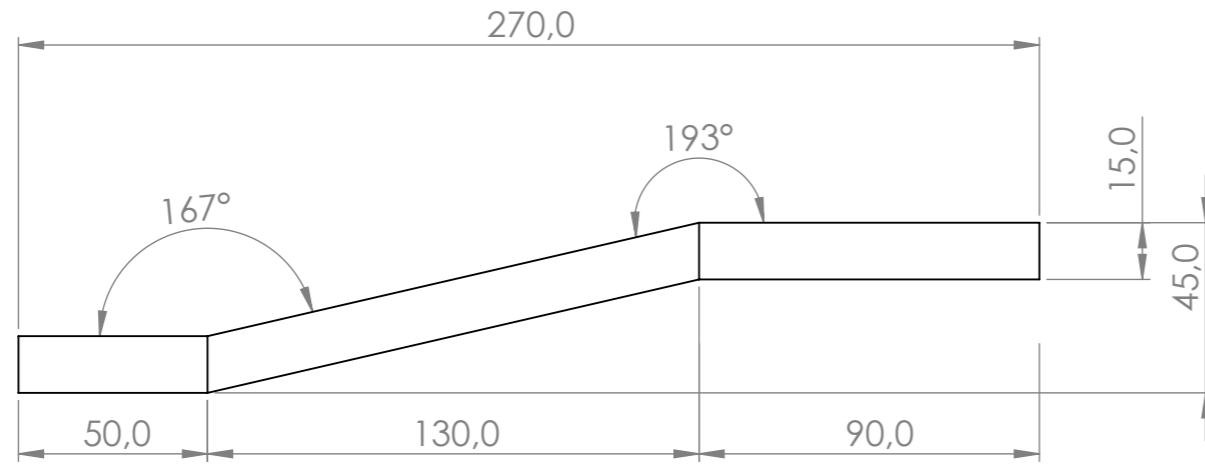
Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

N7

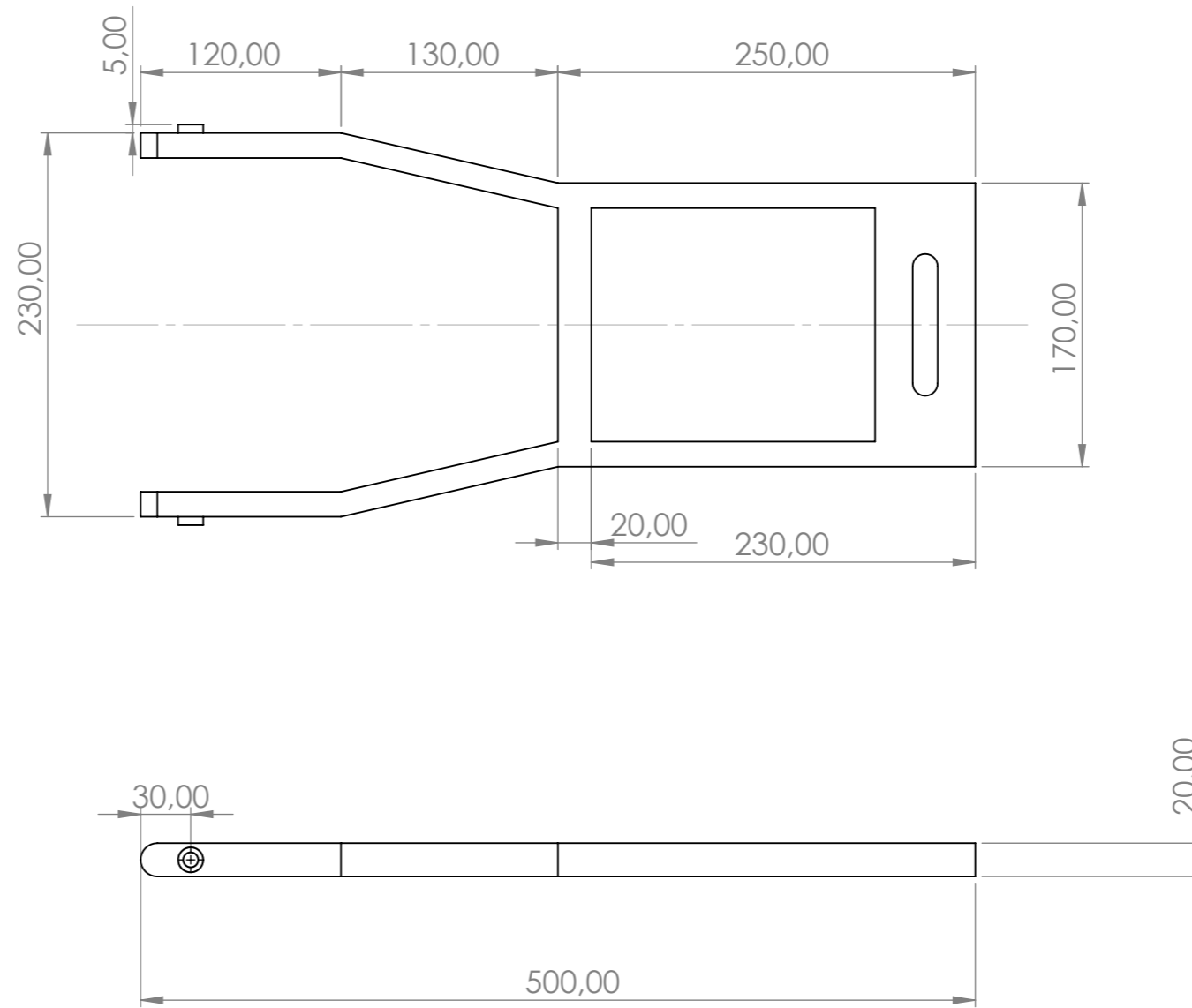
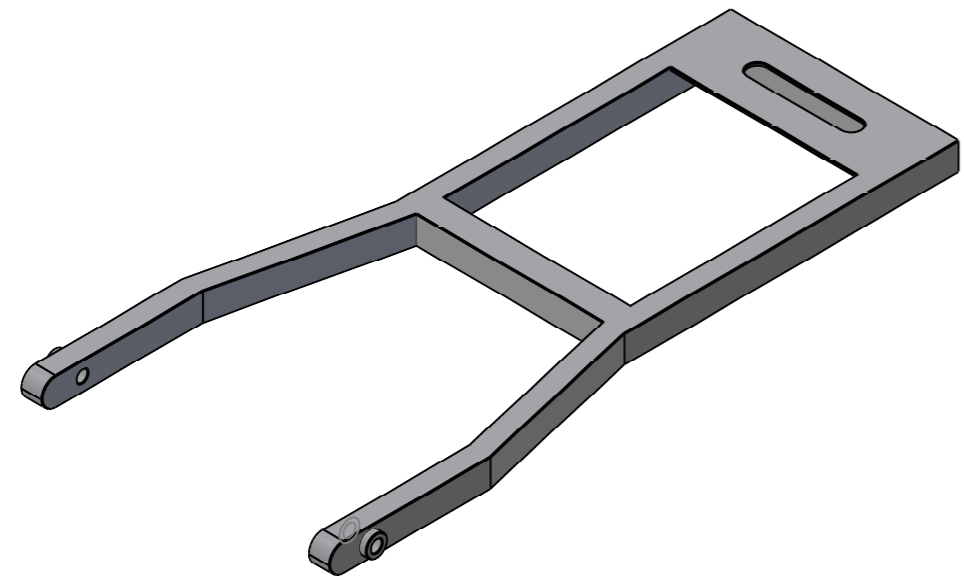


 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS DE ALCOY		 Material: Al 6082-T6	Escala principal: 1:2	Tolerancias generales de medidas según ISO 2678
DIBUJO	28/06/22	TFG	NOMBRE Pieza: PIEZA 2 D	
NOMBRE: Pérez Pizarro, Sergi		UNIDADES: 1	PLANO No: 13	
APROB.	N/A	N/A	Dimensiones principales en mm y f(D)	
			TIPO DE PIEZA:	
			PÁGINA No: 1	
			De: 1	

N7

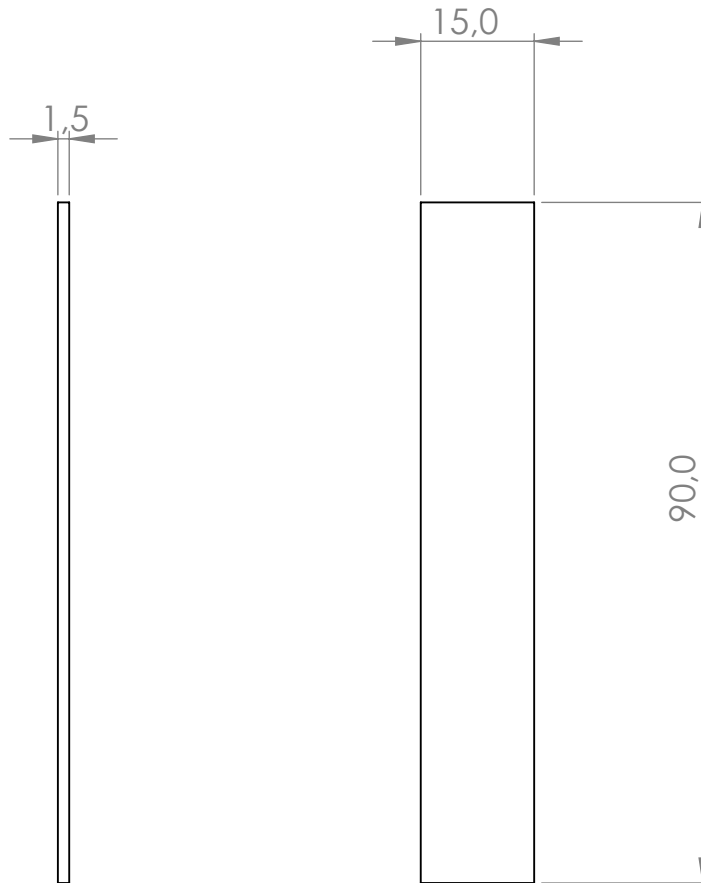
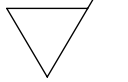


 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS DE ALCOY		 Material: Al 6082-T6	Escala principal: 1:2	Tolerancias generales de medidas según ISO 2678
DIBUJO	28/06/22	TFG	NOMBRE Pieza: PIEZA 2 I	
NOMBRE: Pérez Pizarro, Sergi		UNIDADES: 1	PLANO No: 14	
APROB.	N/A	N/A	TIPO DE PIEZA: PÁGINA No: 1	
Dimensiones principales en mm y f(D)			De: 1	



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS DE ALCOY		 Material: Al 6082-T6	Escala principal: 1:4	Tolerancias generales de medidas según ISO 2678
DIBUJO	28/06/22	TFG	NOMBRE Pieza: SUBCONJUNTO 1 SUBCHASIS	
NOMBRE: Pérez Pizarro, Sergi		UNIDADES: 1	PLANO No: 15	
APROB.	N/A	N/A	Dimensiones principales en mm y f(D)	
			TIPO DE PIEZA:	
			PÁGINA No: 1	
			De: 1	

N7



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

PLETINA REFUERZO

N/A

UNIDADES:
2

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad:

ESCALA:

1:1

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:
28/06/22

HOJA:

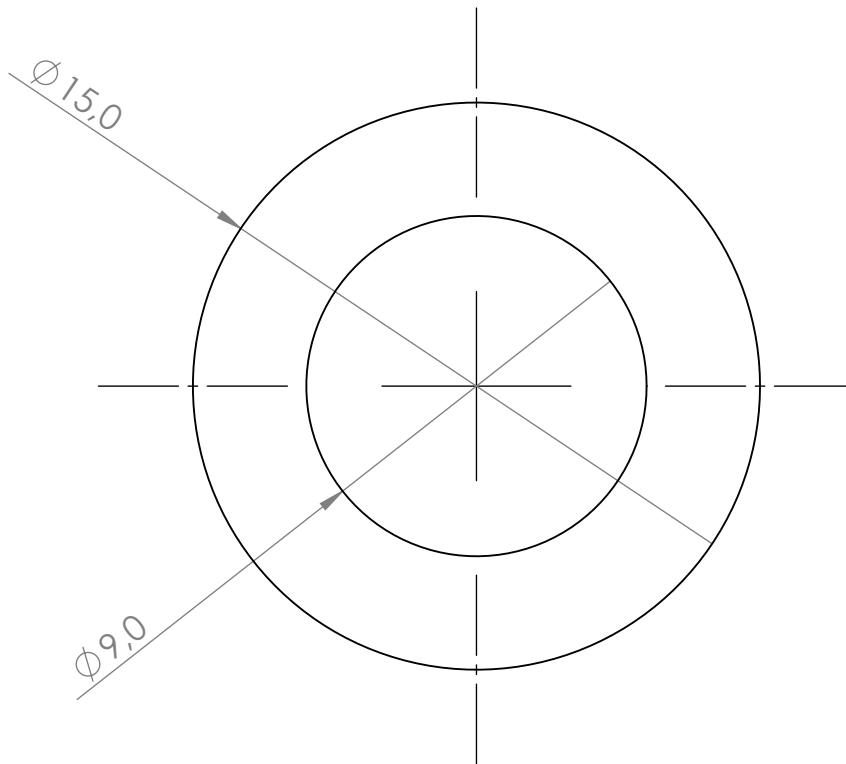
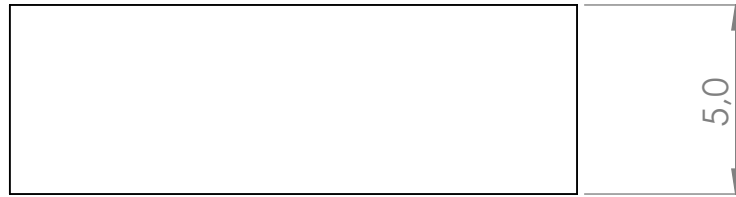
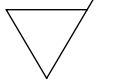
1

PLANO Nº: 16



Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

N7



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

ASC

N/A

UNIDADES:

2

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad:

ESCALA:

5:1

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:

28/06/22

HOJA:

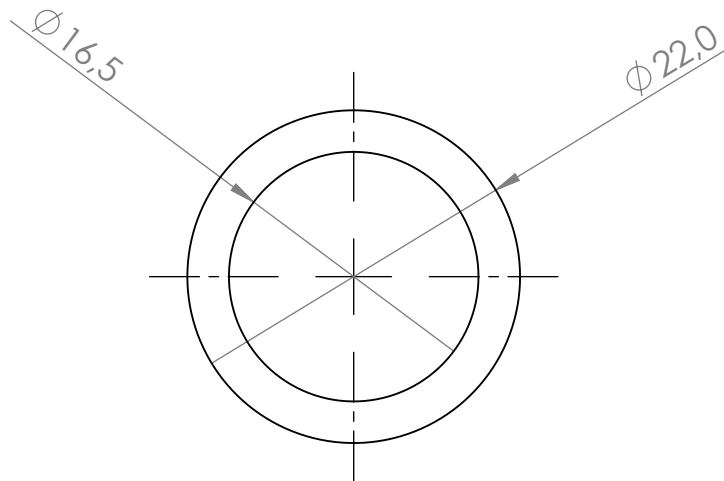
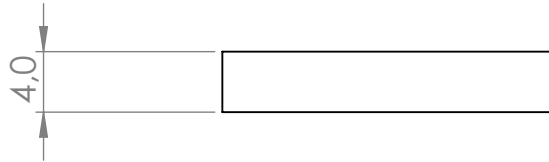
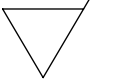
1

PLANO Nº: 17



Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

N7



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

A1

N/A

UNIDADES:

1

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad: mm

ESCALA:
2:1

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:

28/06/22

HOJA:

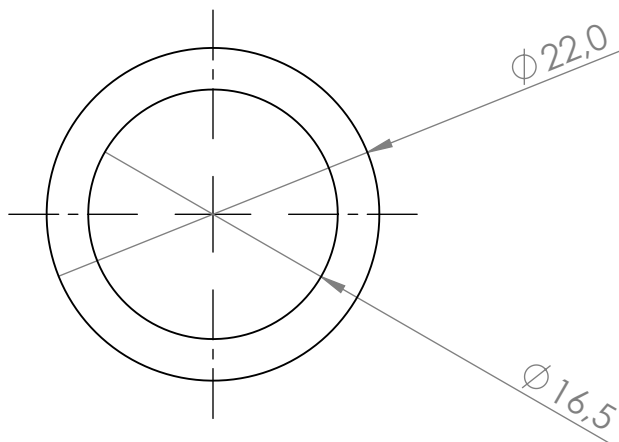
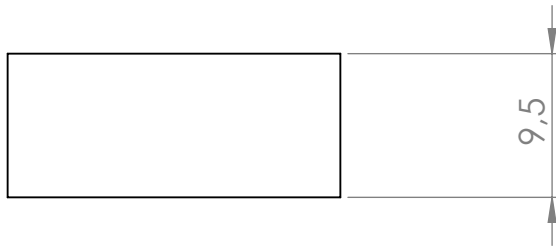
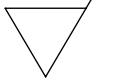
1

PLANO Nº: 18



Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

N7



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

A2

N/A

UNIDADES:

1

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad: mm

ESCALA:

2:1

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:

28/06/22

HOJA:

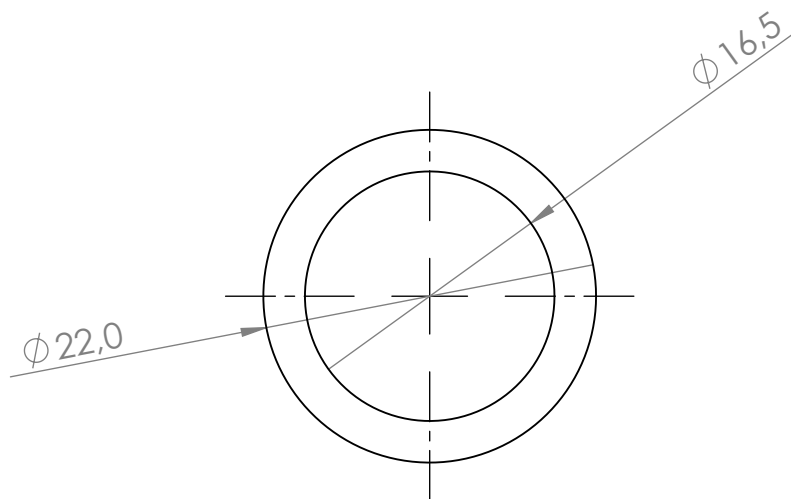
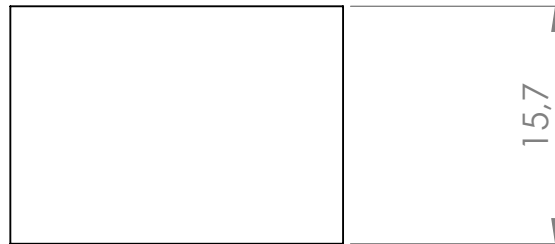
1

PLANO Nº: 19



Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

N7



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

A3

N/A

UNIDADES:

1

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad: mm

ESCALA:

2:1

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:

28/06/22

HOJA:

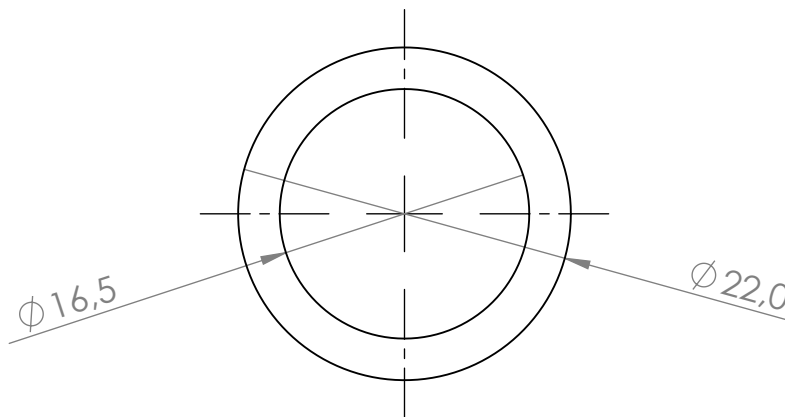
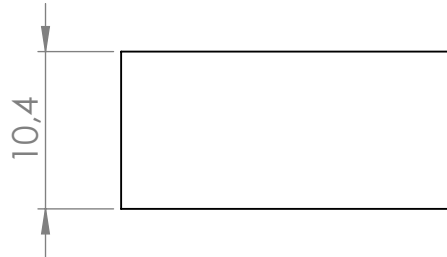
1

PLANO Nº: 20



Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

N7



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

A4

N/A

UNIDADES:

1

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad: mm

ESCALA:

2:1

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:

28/06/22

HOJA:

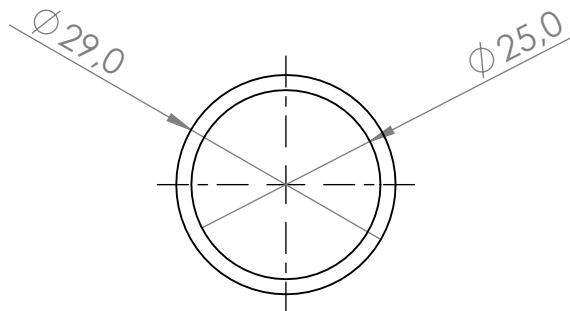
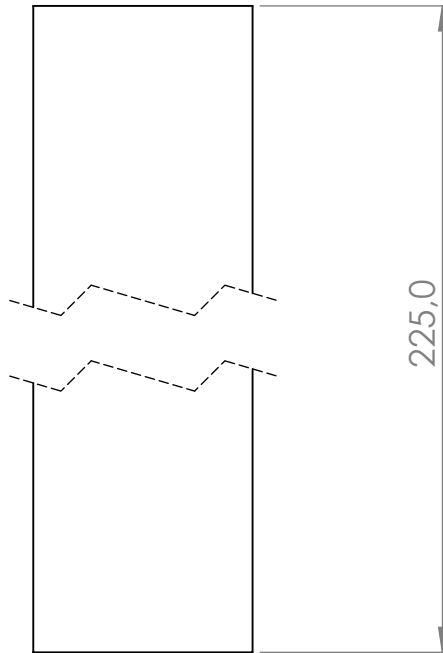
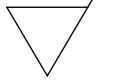
1

PLANO Nº: 21



Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

N7



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

AC

N/A

UNIDADES:
2

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad: mm

ESCALA:
1:1

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:
28/06/22

HOJA:
1

PLANO Nº: 22



Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

1

2

3

4

A

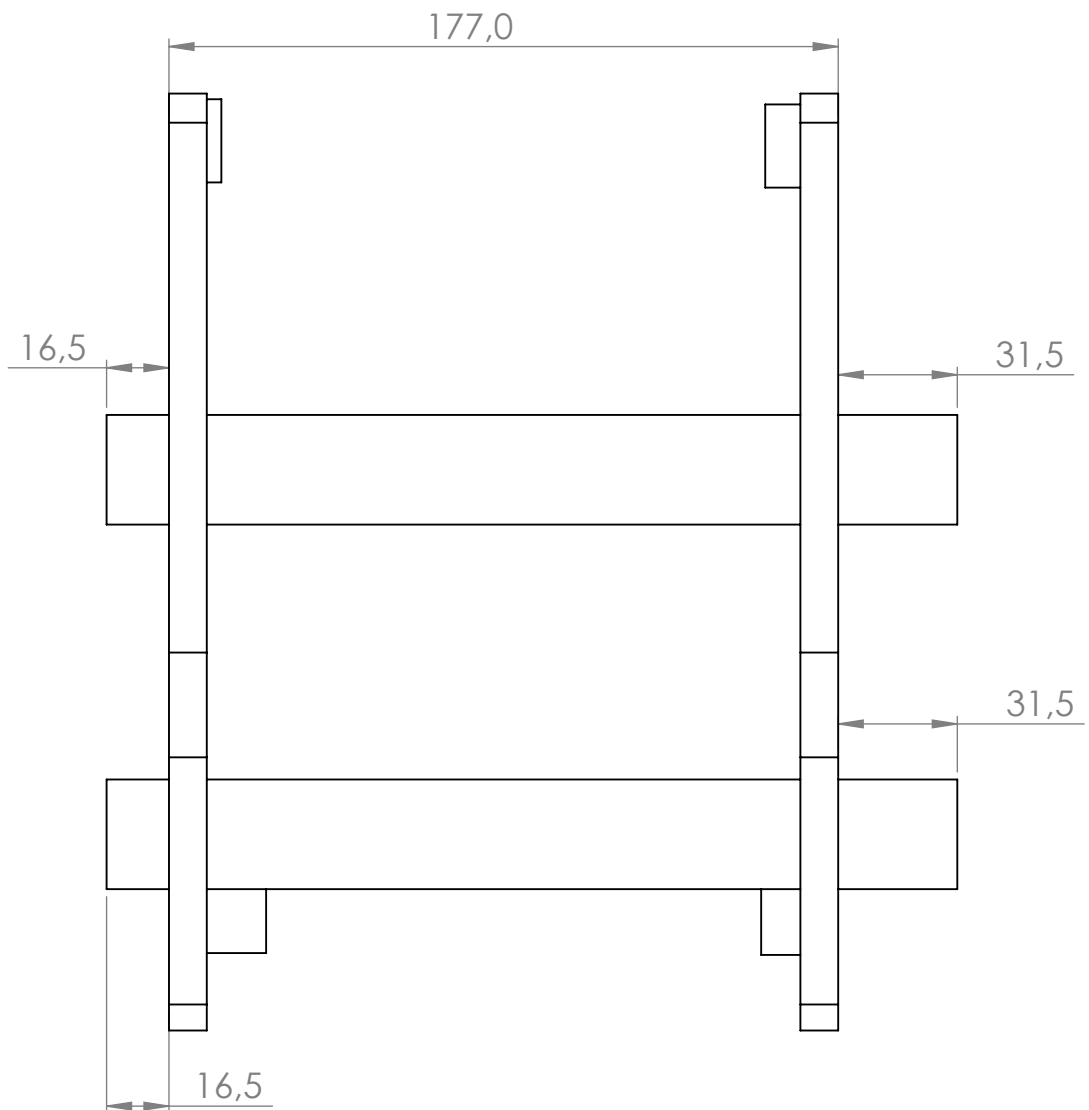
B

C

D

E

F



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

ANCLAJE MOTOR-CHASIS

N/A

UNIDADES:

1

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad: mm

ESCALA:

1:2

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:

28/06/22

HOJA:

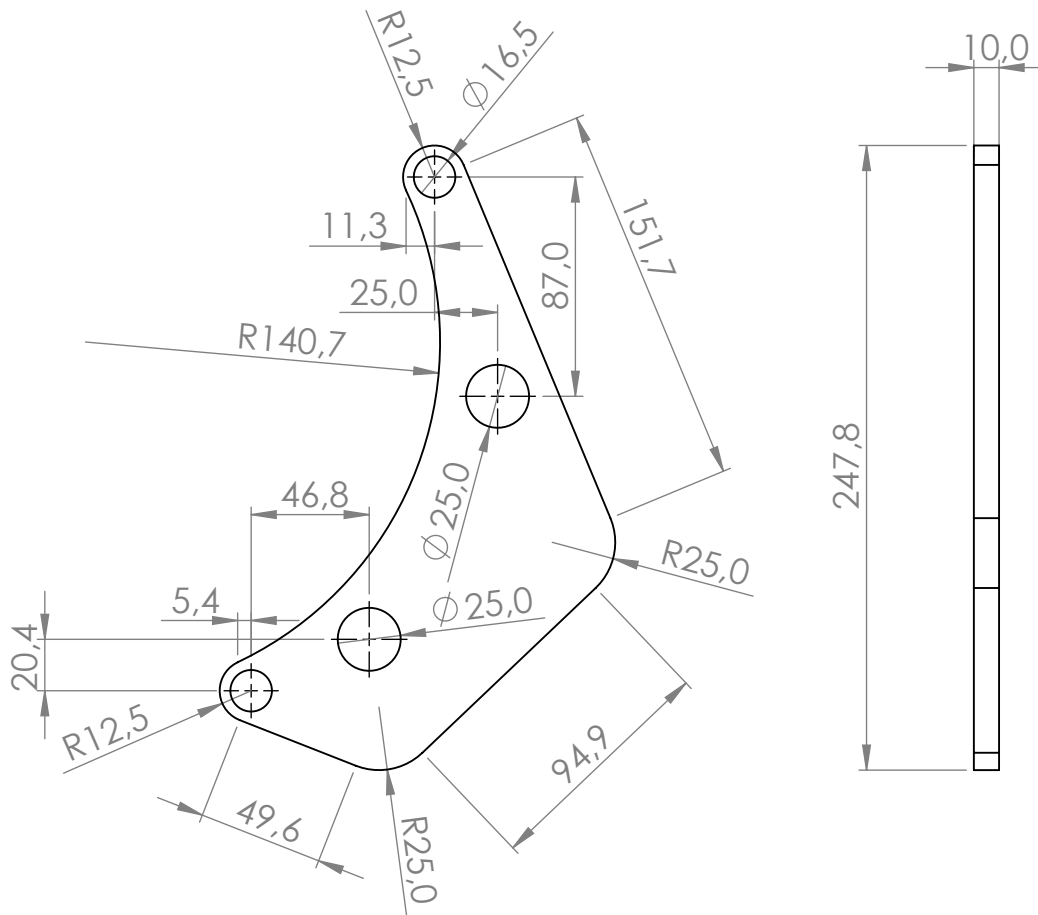
1

PLANO Nº: 23



Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

N7



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

PLETINA LATERAL

N/A

UNIDADES:
2

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad: mm

ESCALA:
1:3

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:
28/06/22

HOJA:

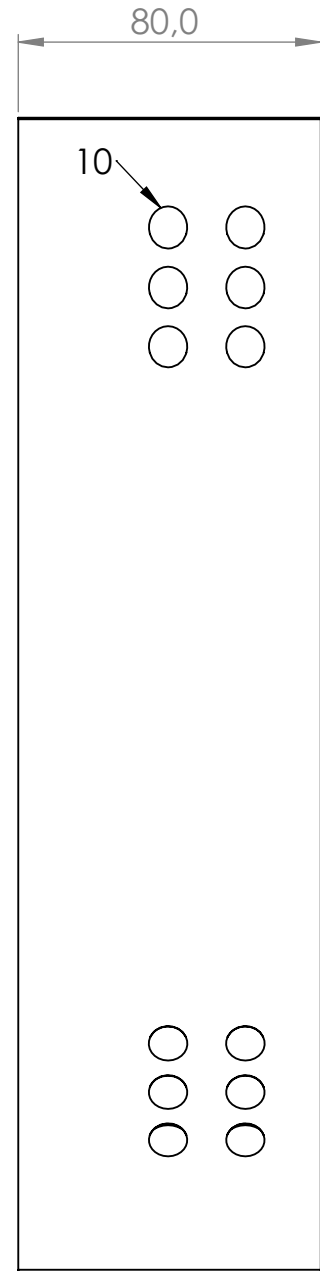
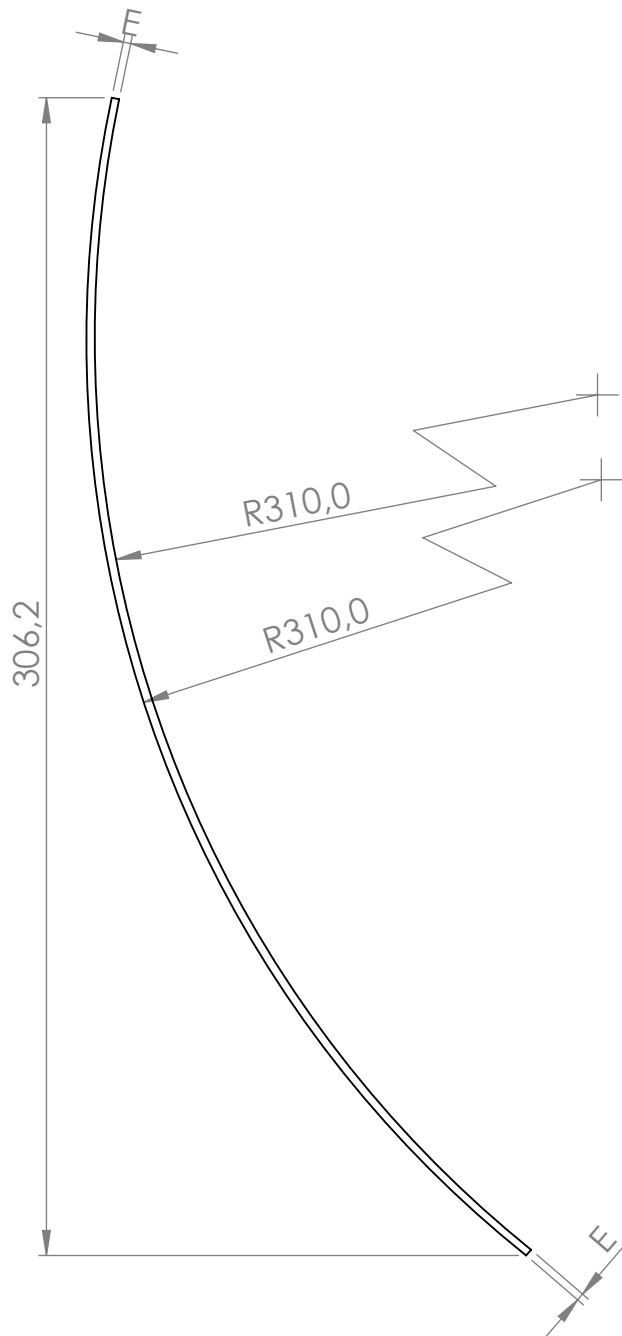
1

PLANO Nº: 24



Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

N7



Nº PLACA	E
1	2
2	3
3	3.5
4	4



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO:

SISTEMA RIGIDEZ VARIABLE

Tolerancias generales
de medidas según

DIN 2678

Unidad: mm

ESCALA:

1:2

1er APELLIDO: PÉREZ

2º APELLIDO: PIZARRO

Nombre: Sergi

FECHA:

28/06/22

HOJA:

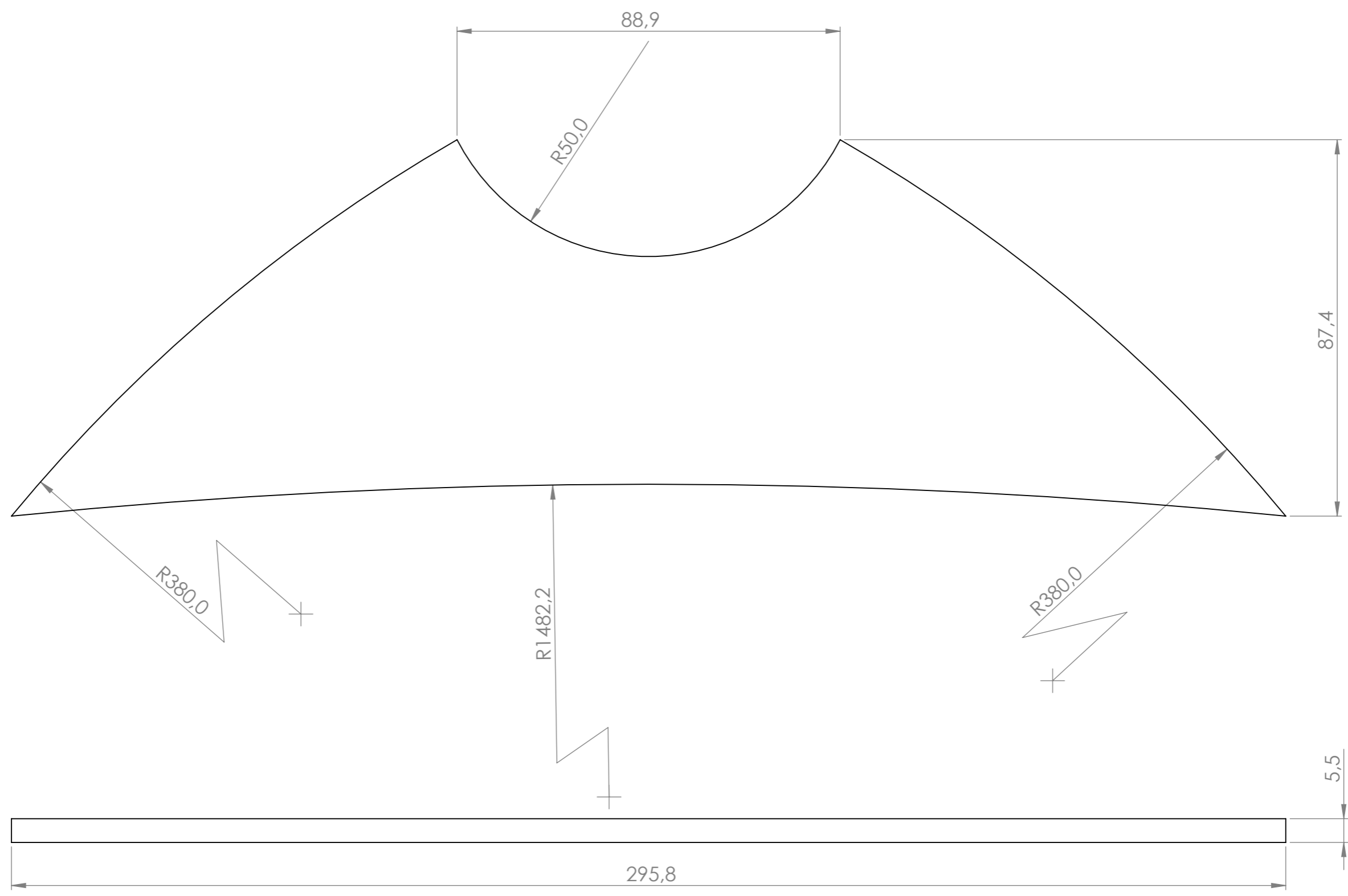
1

PLANO Nº: 25

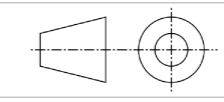


Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

N7



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
CAMPUS DE ALCOY



Material:
Al 6082-T6

Escala principal:
1:1

Tolerancias generales de medidas según ISO 2678

DIBUJO	28/06/22	TFG	NOMBRE Pieza: PLETINA REFUERZO	TIPO DE PIEZA:
NOMBRE: Pérez Pizarro, Sergi	N/A	N/A	PLANO No: 26	PÁGINA No: 1
APROB.	N/A	N/A	Dimensiones principales en mm y f(D)	De: 1