



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

TÍTOL: Diseño de una bicicleta eléctrica con cuadro adaptable

AUTOR: David Poch y Juanjo Blanco

TITULACIÓ: Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Mecánica

DIRECTOR: Jordi Pons Segalà

DEPARTAMENT: Ingeniería Mecánica

DATA: 25 / 01 / 2013

TÍTOL: Diseño de una bicicleta eléctrica con cuadro adaptable

COGNOMS: Poch Vives / Blanco

NOM: David / Juanjo

TITULACIÓ: Ingeniería Técnica Industrial

ESPECIALITAT: Mecánica

PLA: 1995

DIRECTOR: Jordi Pons Segalà

DEPARTAMENT: Ingeniería Mecánica

QUALIFICACIÓ DEL PFC

PRESIDENT

TRIBUNAL
SECRETARI

VOCAL

DATA DE LECTURA

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: Sí No

PROJECTE FI DE CARRERA

RESUM (màxim 50 línies)

La idea a desenvolupar en este projecte veïna definida per la necessitat de aportar a la societat un vehicle de transport ecològic, mitjançant el qual poder contribuir a reduir les emissions de CO₂ tan perjudicials per al medi ambient que produeixen els motors tèrmics. Debut a ello, nos surge el ímpetu de poder realizar un nuevo diseño de bicicleta eléctrica, para fomentar el uso de este tipo de modalidad. La decisión de introducir un sistema eléctrico, proporciona un plus de energía de apoyo, en ocasiones necesaria debido al esfuerzo que requiere la bicicleta. La intención es evitar molestias como un exceso de cansancio y sudor, principales inconvenientes para el uso de la bicicleta como modo de transporte habitual. Pretendemos proporcionar un vehicle capaz de competir con otros medios de transporte para realizar trayectos cortos, ya que la bicicleta dispone de una serie de ventajas específicas, como el hecho de que no es necesaria la obtención de ningún tipo de carnet para circular, ni el uso de ningún tipo de combustible para hacerla funcionar. Es destacable el ahorro de tiempo y dinero que conlleva su uso especialmente en ciudades.

La realización del proyecto dispone de dos líneas básicas: diseño del cuadro y aprendizaje sobre el funcionamiento del programa Unigraphics. Por tanto, el proyecto se enfoca en el diseño de un cuadro innovador con la ayuda del programa de diseño.

Durante el transcurso del proyecto, a través de estudios se analizan las necesidades de los usuarios, con las que obtener pautas para el diseño del cuadro. Siguiendo las directrices europeas, optaremos por un modelo de bicicleta eléctrica tipo pedelec, con el cual la asistencia en los trayectos se regulará en el momento de pedalear a través de un sensor.

Un análisis de los diferentes materiales a utilizar en la fabricación de bicicletas será importante para observar las propiedades de cada uno de ellos, así como la repercusión en el medio ambiente una vez concluida la vida de la propia bici y su posterior reciclaje.

Finalmente un mismo cuadro se adaptará a varios usuarios a los que les correspondería diferentes tallas. Esto se consigue gracias a la adaptabilidad que permiten los diferentes perfiles tubulares de la bicicleta.

Paraules clau (màxim 10):

1. Bicicleta eléctrica	2. Cuadro Adaptable	3. Elementos finitos	4. Materiales
5. Medio Ambiente	6. Seguridad	7. Unigraphics NX7	8. Cálculo de reacciones
9. Componentes auxiliares	10. Normativa		

ÍNDICE MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. OBJETIVOS	13
1.1.1. <i>Objetivo general</i>	13
1.1.2. <i>Objetivos específicos</i>	13
1.2. MOTIVACIONES.....	14
1.3. PLAN DE TRABAJO.....	15
1.4. HISTORIA DE LA BICICLETA ELÉCTRICA	16
1.5. ESTUDIO Y VIABILIDAD	20
1.5.1. <i>Perfil de usuarios</i>	20
1.5.2. <i>Uso de la bicicleta</i>	20
1.5.3. <i>Hábitos de uso</i>	21
1.5.4. <i>Imagen y percepción</i>	21
1.5.5. <i>Conclusión del estudio</i>	22
1.6. TIPOS DE BICICLETAS ELÉCTRICAS.....	23
1.6.1. <i>Pedelecs</i>	23
1.6.2. <i>E-Bikes</i>	24
2. MATERIALES	26
2.1. INTRODUCCIÓN	26
2.2. DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES.....	28
2.3. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	30
2.3.1. <i>Aluminio</i>	30
2.3.1.1. <i>Aluminios 6061-T6, 7005-T6 y 7075-T6</i>	31
2.3.1.2. <i>Aluminio Escandio</i>	33
2.3.2. <i>Acero</i>	35
2.3.3. <i>Magnesio</i>	38
2.3.4. <i>Titanio</i>	39
2.3.5. <i>Fibra de Carbono</i>	40
2.3.6. <i>Comparativa de los materiales y características mecánicas</i>	41
2.4. TRATAMIENTOS TÉRMICOS DEL ALUMINIO.....	46
2.5. CONCLUSIÓN SOBRE LA ELECCIÓN DEL MATERIAL Y TRATAMIENTO TÉRMICO	49
2.5.1. <i>Material</i>	49
2.5.2. <i>Tratamiento térmicos</i>	51
2.5.3. <i>Acabado</i>	51
3. FUNCIÓN Y ELECCIÓN DE LOS COMPONENTES	52
3.1. INTRODUCCIÓN	52
3.2. ELEMENTOS MECÁNICOS	53
3.2.1. <i>Dirección: manillar y horquilla</i>	53
3.2.2. <i>Frenos</i>	53
3.2.3. <i>Pedales</i>	55
3.2.4. <i>Ruedas y llantas</i>	55
3.2.5. <i>Asiento</i>	56
3.2.6. <i>Transmisión y cambio de marchas</i>	56
3.2.6.1. <i>Tipo de transmisión</i>	56
3.2.6.2. <i>Cambio de marchas</i>	60
3.3. ELEMENTOS ELÉCTRICOS	63
3.3.1. <i>Batería</i>	63

3.3.2.	<i>Motor</i>	67
3.3.3.	<i>Sensor de pedaleo PAS</i>	71
3.3.4.	<i>Controlador</i>	72
3.4.	CONCLUSIÓN SOBRE LA ELECCIÓN DE LOS COMPONENTES	73
3.4.1.	<i>Dirección</i>	73
3.4.1.1.	<i>Manillar</i>	73
3.4.1.2.	<i>Horquilla</i>	74
3.4.2.	<i>Frenos</i>	75
3.4.3.	<i>Pedales</i>	77
3.4.4.	<i>Ruedas</i>	80
3.4.5.	<i>Transmisión y cambio de marchas</i>	82
3.4.6.	<i>Batería</i>	85
3.4.7.	<i>Motor</i>	86
3.4.8.	<i>Controlador</i>	87
3.4.9.	<i>Sensor de pedaleo PAS</i>	88
3.4.10.	<i>Conclusión</i>	88
3.5.	ELEMENTOS AUXILIARES	89
3.5.1.	<i>Eje Cardán</i>	89
3.5.2.	<i>Pedales</i>	89
3.5.3.	<i>Dirección</i>	90
4.	DISEÑO DEL CUADRO	91
4.1.	INTRODUCCIÓN	91
4.2.	DISEÑOS PRELIMINARES	92
4.2.1.	<i>Bicicletas</i>	92
4.2.2.	<i>Tube del asiento</i>	94
4.3.	TUBOS DEL CUADRO	95
4.3.1.	<i>Proceso de fabricación de los perfiles tubulares</i>	95
4.3.1.1.	<i>Extrusión</i>	96
4.3.1.2.	<i>Forja</i>	98
4.3.1.3.	<i>Laminado</i>	100
4.3.1.4.	<i>Fabricación por moldeo</i>	101
4.3.2.	<i>Rigidez: material y medidas de los tubos</i>	102
4.3.3.	<i>Proceso de pintado</i>	103
4.4.	GEOMETRÍA DEL CUADRO	106
4.4.1.	<i>Medidas del cuadro, especificaciones y características</i>	106
4.4.2.	<i>Tallaje</i>	112
4.4.3.	<i>Dimensionado tubos del cuadro</i>	116
4.5.	UNIÓN ENTRE TUBOS	119
4.5.1.	<i>Soldadura del aluminio 6061</i>	123
4.5.2.	<i>Soldadura del aluminio 7005</i>	124
4.5.3.	<i>Soldadura del aluminio 7075</i>	125
4.5.4.	<i>Soldadura del magnesio</i>	125
4.5.5.	<i>Soldadura del titanio</i>	125
4.6.	ELECCIÓN DEL DISEÑO, PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS TUBOS, GEOMETRÍA, UNIÓN Y CONCLUSIÓN.	126
4.6.1.	<i>Tubos del cuadro</i>	126
4.6.2.	<i>Diseño de los elementos 1er esbozo</i>	127
4.6.3.	<i>Diseño elementos ensamblados 1er esbozo</i>	139
4.6.4.	<i>Diseño de los elementos final</i>	146
4.6.5.	<i>Diseño elementos ensamblados final</i>	154
5.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DEL CUADRO	166

5.1.	INTRODUCCIÓN	166
5.2.	ESTUDIO DE CARGAS Y DEFORMACIONES.....	166
5.2.1.	<i>Análisis del 1er esbozo de cuadro</i>	167
5.2.1.1.	Cuadro	167
5.2.1.2.	Perfil tubular asiento	170
5.2.1.3.	Perfil tubular para regular la altura del asiento.....	172
5.2.1.4.	Perfil tubular soporte pedalier	174
5.2.2.	<i>Análisis del cuadro correcto</i>	176
5.2.2.1.	Perfil tubular asiento	176
5.2.2.2.	Perfil tubular para regular la altura del asiento.....	179
5.2.2.3.	Perfil tubular soporte pedalier	181
5.2.3.	<i>Otros elementos</i>	190
5.2.3.1.	Manillar	190
5.2.4.	<i>Conclusión</i>	192
	COMPARATIVA DE PESOS DE LOS CUADROS	192
5.2.5.	<i>Cuadros pintados</i>	194
6.	MEDIO AMBIENTE	196
6.1.	INTRODUCCIÓN	196
6.1.1.	<i>Contaminación</i>	197
6.1.2.	<i>Eficiencia de la bicicleta</i>	200
6.1.3.	<i>Elección del material en la fabricación</i>	202
7.	SEGURIDAD	204
7.1.	INTRODUCCIÓN	204
7.2.	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	204
8.	PRESUPUESTO	205
8.1.	COMPONENTES	205
8.2.	TORNILLERÍA VARIA	206
8.3.	PINTURA.....	207
8.4.	COSTE PIEZAS DEL CUADRO	207
8.5.	MANO DE OBRA	208
8.6.	COSTE TOTAL DEL PROTOTIPO.....	208
9.	NORMATIVA	209
9.1.	CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN REUNIR LAS BICICLETAS CON PEDALEO ASISTIDO	209
9.2.	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	210
9.3.	OTROS	211
9.4.	PLANOS	212
10.	CONCLUSIONES	213
11.	BIBLIOGRAFÍA	214

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Clasificación de los materiales metálicos	27
Ilustración 2. Partes de una bicicleta	52
Ilustración 3. Freno de disco y de llanta.....	53
Ilustración 4. Llantas.....	55
Ilustración 5. Asientos	56
Ilustración 6. Transmisión eje Cardán, correa y cadena	56
Ilustración 7. Cardan Beixo.....	58
Ilustración 8. Cambio interno NEXUS.....	60
Ilustración 9. Cambio interno SRAM	60
Ilustración 10. Diagrama cambio interno de buje.....	61
Ilustración 11. Modelos de baterías.....	64
Ilustración 12. Motor eléctrico.....	67
Ilustración 13. Sistema Panasonic	69
Ilustración 14. Motor en pedalier	70
Ilustración 15. Motor en buje.....	70
Ilustración 16. Sistema del controlador	72
Ilustración 17. Manillar.....	73
Ilustración 18. Horquilla	74
Ilustración 19. Maneta de freno.....	75
Ilustración 20. Disco de freno delantero.....	76
Ilustración 21. Pedales	77
Ilustración 22. Pedal en 3D.....	77
Ilustración 23. Biela vista 1.....	78
Ilustración 24. Biela vista 2.....	78
Ilustración 25. Extensible biela.....	79
Ilustración 26. Conjunto pedal	79
Ilustración 27. Llanta trasera de 26 pulgadas	80
Ilustración 28. Llanta delantera.....	81
Ilustración 29. Cubierta	81
Ilustración 30. Conjunto Cardán.....	82
Ilustración 31. Conjunto vista Cardán	82
Ilustración 32. Cambio interno NEXUS.....	84
Ilustración 33. Batería de litio	85
Ilustración 34. Motor brushless XF36.....	87
Ilustración 35. Controlador 14A	87
Ilustración 36. Sensor pedaleo	88
Ilustración 37. Partes del cuadro.....	91
Ilustración 38. Bike 2.0	92
Ilustración 39. Nulla.....	93
Ilustración 40. Modelos de asiento	94
Ilustración 41. Diseño de asiento inicial.....	94
Ilustración 42. Extrusión.....	96
Ilustración 43. Forja.....	98
Ilustración 44. Laminado	100

Ilustración 45. Ángulos y medidas a tener en cuenta	106
Ilustración 46. Medidas de un cuadro	106
Ilustración 47. Especificaciones de los elementos	108
Ilustración 48. Altura del cuadro	112
Ilustración 49. Formación de precipitados	120
Ilustración 50. Métodos de unión	121
Ilustración 51. Centrador de la horquilla.....	127
Ilustración 52. Centrador horquilla vista lateral.....	128
Ilustración 53. Centrador horquilla vista superior	128
Ilustración 54. Centrador horquilla vista inferior	129
Ilustración 55. Tubo pedalier.....	129
Ilustración 56. Tubo pedalier vista superior.....	130
Ilustración 57. Tubo pedalier vista lateral.....	131
Ilustración 58. Tubo pedalier vista posterior	131
Ilustración 59. Tubo pedalier vista central	132
Ilustración 60. Tubo calibre altura asiento vista superior	132
Ilustración 61. Tubo calibre altura asiento vista posterior.....	133
Ilustración 62. Tubo calibre altura asiento vista superior	133
Ilustración 63. Tubo calibre altura asiento vista lateral	134
Ilustración 64. Tubo calibre altura asiento 2º diseño.....	134
Ilustración 65. Tubo calibre altura asiento vista lateral	135
Ilustración 66. Tubo asiento vista superior	135
Ilustración 67. Tubo asiento vista posterior.....	136
Ilustración 68. Potencia	136
Ilustración 69. Arandela reguladora altura manillar	137
Ilustración 70. Sujeción manillar	137
Ilustración 71. Potencia	137
Ilustración 72. Tapa fijadora manillar.....	138
Ilustración 73. Barra alargamiento.....	138
Ilustración 74. Tubo interior macizo - máxima posición	139
Ilustración 75. Extensión 1 y 9.....	139
Ilustración 76. Vista media posición.....	140
Ilustración 77. Posición 2 y 7	140
Ilustración 78. Tubo interior macizo - mínima posición.....	141
Ilustración 79. Posición 4 y 5	141
Ilustración 80. Conjunto vista lateral	142
Ilustración 81. Conjunto vista lateral derecho 1er esbozo.....	142
Ilustración 82. Conjunto vista posterior lateral 1er esbozo	143
Ilustración 83. Vista superior e inferior.....	143
Ilustración 84. Vista delantera y posterior 1er esbozo	144
Ilustración 85. Comparación tubos pedaliers.....	145
Ilustración 86. Tubo asiento	146
Ilustración 87. Tubo asiento vista lateral	146
Ilustración 88. Tubo centrador horquilla.....	147
Ilustración 89. Potencia o tubo centrador de la horquilla 1.....	147
Ilustración 90. Tubo soporte pedalier	148

Ilustración 91. Tapa Cardán y batería.....	148
Ilustración 92. Tubo pedalier 1.....	149
Ilustración 93. Posición Cardán, batería, controlador en tubo pedalier vista 1.....	149
Ilustración 94. Posición Cardán, batería, controlador en tubo pedalier vista 2.....	150
Ilustración 95. Vista cavidad Cardán y batería	150
Ilustración 96. Foco delantero.....	150
Ilustración 97. Rueda con motor.....	151
Ilustración 98. Rueda con cambio NEXUS	151
Ilustración 99. Puño del manillar.....	152
Ilustración 100. Disco de freno.....	152
Ilustración 101. Indicador intermitencia y luces	152
Ilustración 102. Indicador batería y kilometraje	153
Ilustración 103. Pasador dentado	153
Ilustración 104. Vista lateral.....	154
Ilustración 105. Vista extensión	154
Ilustración 106. Vista lateral.....	155
Ilustración 107. Perfil derecho	155
Ilustración 108. Perfil izquierdo	156
Ilustración 109. Vista frontal y posterior.....	156
Ilustración 110. Horquilla	157
Ilustración 111. Vista tubo regulador.....	157
Ilustración 112. Aro regulador altura manillar.....	158
Ilustración 113. Pasador fijador del cuadro	159
Ilustración 114. Tapone de los pasadores.....	159
Ilustración 115. Modelo nº1.....	161
Ilustración 116. Modelo nº2.....	161
Ilustración 117. Modelo nº1.....	162
Ilustración 118. Modelo nº2.....	162
Ilustración 119. Bicicleta nº1.....	163
Ilustración 120. Bicicleta nº2.....	163
Ilustración 121. Bicicleta nº3.....	164
Ilustración 122. Bicicleta nº4.....	164
Ilustración 123. Fuerzas aplicadas al cuadro.....	167
Ilustración 124. Desplazamiento nodal 1er esbozo, estado inicial	168
Ilustración 125. Desplazamiento nodal del 1er esbozo, estado final.....	168
Ilustración 126. Fuerzas aplicadas al tubo del asiento.....	170
Ilustración 127. Desplazamiento nodal	171
Ilustración 128. Von-Mises.....	171
Ilustración 129. Fuerzas aplicadas al tubo de regulación.....	172
Ilustración 130. Estado inicial.....	173
Ilustración 131. Estado final	173
Ilustración 132. Fuerzas aplicadas soporte pedalier	174
Ilustración 133. Estado inicial.....	175
Ilustración 134. Estado final	175
Ilustración 135. Fuerzas aplicadas en el asiento	176
Ilustración 136. Tubo asiento desplazamiento nodal	177

Ilustración 137. Tubo asiento Von-Mises.....	177
Ilustración 138. Fuerzas aplicadas.....	179
Ilustración 139. Desplazamiento nodal.....	180
Ilustración 140. Valores de Von-Mises.....	180
Ilustración 141. Soporte pedalier fuerzas.....	181
Ilustración 142. Soporte pedalier desplazamiento nodal.....	182
Ilustración 143. Soporte pedalier fuerzas a compresión.....	183
Ilustración 144. Soporte pedalier desplazamiento nodal.....	184
Ilustración 145. Soporte pedalier Von-Mises.....	184
Ilustración 146. Tubo interior a compresión.....	185
Ilustración 147. Tubo interior desplazamiento nodal.....	186
Ilustración 148. Tubo interior Von-Mises.....	186
Ilustración 149. Tubo interior a tracción.....	187
Ilustración 150. Tubo interior desplazamiento nodal.....	188
Ilustración 151. Tubo interior Von-Mises.....	188
Ilustración 152. Manillar.....	190
Ilustración 153. Manillar desplazamiento nodal.....	191
Ilustración 154. Manillar Von-Mises.....	191
Ilustración 155. Color blanco y rojo.....	194
Ilustración 156. Color camaleón y coral.....	194
Ilustración 157. Color granate y negro.....	194
Ilustración 158. Color tipo Custo y lila.....	195
Ilustración 159. Color limón y naranja personalizada.....	195
Ilustración 160. Color blanco - negro y rosa.....	195
Ilustración 161. Color turquesa.....	195
Ilustración 162. Distribución de la contaminación acústica en las ciudades.....	199
Ilustración 163. Evolución del aumento de la concentración de CO2 (1750 - 2000).....	199
Ilustración 164. Nº de personas que pueden circular en una calle de 3,5m en ciudad.....	201
Ilustración 165. Comparación de las velocidades de desplazamiento de los distintos medios de transporte en el medio urbano.....	202

ÍNDICE GRÁFICAS

Gráfica 1. Desplazamientos en institutos de Barcelona.....	22
Gráfica 2. Límite de fluencia / densidad.....	41
Gráfica 3. Relación fatiga / densidad.....	41
Gráfica 4. Elongación a la rotura	42
Gráfica 6. Módulo de elasticidad.....	102

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Plan de trabajo.....	15
Tabla 2. Propiedades de los materiales más utilizados en la fabricación de bicicletas	27
Tabla 3. Composición aluminios 6061-T6, 7005-T6, 7075-T6	31
Tabla 4. Características mecánicas de las aleaciones.....	32
Tabla 5. Propiedades físicas escandio	33
Tabla 6. Propiedades térmicas escandio	33
Tabla 7. Acero AISI 1010.....	36
Tabla 8. Acero AISI 4130.....	37
Tabla 9. Comparativa materiales.....	42
Tabla 10. Características materiales con tratamientos térmicos.....	43
Tabla 11. Características mecánicas según fabricantes	44
Tabla 12. Precios de los diferentes materiales.....	45
Tabla 13. Tratamientos térmicos.....	48
Tabla 14. Ventajas de los materiales.....	50
Tabla 15. Comparativa sistemas de transmisión.....	59
Tabla 16. Ventajas e inconvenientes cambios internos	62
Tabla 17. Ventajas e inconvenientes cambios externos	62
Tabla 18. Características baterías.....	63
Tabla 19. Voltajes baterías	65
Tabla 20. Ventajas / desventajas sistema Panasonic	69
Tabla 21. Ventajas / desventajas motor en buje.....	70
Tabla 22. Temperatura para extruir en caliente los materiales.....	97
Tabla 26. Tallas	113
Tabla 27. Tabla de conversion	113
Tabla 28. Posiciones en la bicicleta	114
Tabla 29. Mediciones	115
Tabla 30. Tubos oblicuos	116
Tabla 31. Tubos horizontales.....	116
Tabla 32. Tubos verticales	117
Tabla 33. Tubo dirección	117
Tabla 34. Tubos pedalier	117
Tabla 35. Tirantes	118
Tabla 36. Vainas.....	118
Tabla 37. Soldabilidad aleaciones de aluminio	119
Tabla 38. Posiciones de la bicicleta	160

Tabla 39. Posiciones biela pedal.....	160
Tabla 40. Aspectos y objetivos ambientales considerados	197
Tabla 41. Comparación de emisiones entre medios de transporte	198
Tabla 42. Aspectos que favorecen la bici eléctrica.....	201

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

El proyecto pretende llevar a cabo el diseño de una bicicleta eléctrica mostrando especial énfasis en el diseño de un nuevo tipo de cuadro adaptable según el perfil del usuario. Se analizarán las necesidades de los ciclistas para centrarnos en solucionarlas.

En la actualidad, existen numerosos modelos de bicicletas eléctricas, desde los más simples en los que se montan los elementos indispensables para su funcionamiento, hasta encontrar los más futuristas en los que vemos trazado de tubos, imposibles de llevar a cabo en el mundo real. Se deberá encontrar un modelo adecuado en el que diseño y funcionalidad combinen en armonía.

El proyecto se centrará en el diseño de la bicicleta con la ayuda del programa de dibujo Unigraphics, a través del cual se pretende profundizar en el aprendizaje del manejo del mismo. El mismo programa permite realizar un estudio del cuadro a través de la colocación de cargas y fuerzas. Una vez obtenidos los resultados de las deformaciones, se valorarán los diseños de cuadros más eficientes.

1.1.2. Objetivos específicos

- Diseño de una bicicleta eléctrica, centrándonos en el estudio, optimización y adaptabilidad del cuadro, permitiendo su uso tanto para hombres como para mujeres, dentro de un rango de edades lo más extenso posible.
- Realización de los cálculos que nos permitan interpretar que el diseño del cuadro se encuentra dentro de unos parámetros válidos y coherentes.
- Elección de los materiales más adecuados según las características que necesitemos en los diferentes elementos de la bicicleta y en especial en la fabricación del cuadro.
- Elección de los tratamientos térmicos (si procede) que mejore las propiedades mecánicas que aporta al cuadro.
- Elección de los componentes necesarios existentes en el mercado actual que mejor se adapten a nuestra bicicleta.
- Diseño de los planos necesarios mediante la utilización del programa de diseño Autocad.

- Profundizar en el aprendizaje del programa de diseño industrial Unigraphics, realizando los planos correspondientes y la verificación de las deformaciones a las cuales estará sometido el cuadro.
- Diseño de una bicicleta con el menor impacto medioambiental posible.
- Diseño de una bicicleta eléctrica que cumpla con la normativa vigente.
- Realización del presupuesto que supondría la fabricación de la bicicleta eléctrica.

1.2. Motivaciones

La idea a desarrollar en éste proyecto viene definida por la necesidad de aportar a la sociedad un vehículo de transporte ecológico mediante el cual poder contribuir a reducir las emisiones de CO2 tan perjudiciales para el medio ambiente que producen los motores térmicos. Debido a ello, nos surge el ímpetu de poder realizar un diseño innovador de bicicleta eléctrica, pensada en fomentar su uso entre la gente más reticente a utilizarla, y que todavía prefiere utilizar otro tipo de transporte debido a factores como son la fatiga, el sudor y la consiguiente falta de higiene. Tiene mucha importancia el objetivo de poder llegar a sustituir el máximo número de vehículos contaminantes que son utilizados para ir a los lugares de estudio y trabajo.

El medio de transporte escogido por cada persona influye de manera decisiva en las condiciones ambientales y de seguridad vial, ya que una movilidad mayoritariamente basada en el vehículo a motor privado –automóviles y motocicletas– genera unos impactos muy distintos de si los hábitos de desplazamiento de una parte importante de la población escolar se basará en medios más sostenibles –a pie, en bicicleta o en transporte público colectivo-.

Romper este círculo vicioso es complejo, ya que requiere cambiar los hábitos de movilidad, principalmente de los padres. Modificar pautas de comportamiento es siempre la mayor dificultad a la hora de avanzar hacia un modelo de organización social más sostenible. Además de ello, debe tenerse en cuenta que una vez que el automóvil ha invadido de forma mayoritaria un determinado espacio, retornar a una situación de partida sin coches o implantar un modelo de movilidad basado en el uso de medios de transporte sostenibles es muy difícil. Concienciar a las personas que se desplazan en coche de los impactos que produce su opción de transporte topa con factores como la falta de percepción del problema, la supuesta comodidad del vehículo privado frente al resto de alternativas o las prisas del momento.

1.3. Plan de trabajo

Información	Tiempo empleado (h)
<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de información: 	400
<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de bicicletas existentes. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Estudios sobre el sector de la bicicleta. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Normativa específica. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Componentes mecánicos y eléctricos que existan en el mercado que vayamos a necesitar. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Características de los materiales. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Tratamientos térmicos. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de la documentación 	
<ul style="list-style-type: none"> • Diseños en Photoshop 	
<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de materiales 	
<ul style="list-style-type: none"> • Presupuesto 	
<ul style="list-style-type: none"> • Estudio y diseño de la bicicleta. 	200
<ul style="list-style-type: none"> • Realización de planos en Autocad. 	220
<ul style="list-style-type: none"> • Realización de planos en Unigraphics, estudio de cargas, desplazamientos y reacciones. 	370
Total	1190

Tabla 1. Plan de trabajo

1.4. Historia de la bicicleta eléctrica

La historia de la bicicleta eléctrica comenzó a mediados del siglo XIX con la aparición de las primeras baterías, pero no fue hasta la década de 1980 cuando realmente despegó. Los factores que influyeron fueron:

- El asombroso crecimiento económico chino que creó una gran demanda de movilidad personal.
- La investigación y desarrollo que llevó a que en los años 80 se diseñaran baterías más pequeñas, un avance en la electrónica y el desarrollo de sensores de par necesarios para permitir la homologación legal para este tipo de transporte.

1850

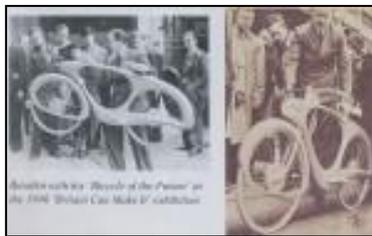
Los avances para dotar a las bicicletas de algún tipo de asistencia comienzan en la segunda mitad del siglo XIX.

- En 1859 el francés Gastón Planté desarrolló la primera batería de plomo que se podía recargar, un modelo que todavía se utiliza en nuestros días. Pocos años después se van adaptando bicicletas con motores de gasolina y máquinas de vapor.
- En 1895 Orden Bolton Junior registra una patente por la que montaba un motor en el buje de la rueda trasera. La bicicleta no tenía marchas y podía consumir hasta 100 Ah de una batería de 10 V. Este era el principio de un motor eléctrico en buje de una rueda, lo que sigue siendo la base de las bicicletas eléctricas de hoy en día.
- Dos años más tarde surgió otra patente. Era de Hosea Libbey y en su bicicleta el motor iba alojado y operaba alrededor del eje pedalier. Utilizaba dos motores, dos baterías y dos ruedas. En un recorrido llano solo funcionaba una batería y al hacer una subida se ponía la otra en funcionamiento. Era probablemente la primera vez que se controlaban las baterías de una bicicleta.
- En 1898 Humbert creó otra máquina eléctrica. Era una especie de tándem en el que las baterías iban colocadas entre los dos ciclistas. No tuvo mucho éxito.

1900

El final del siglo XX fue el momento de despegue de las bicicletas eléctricas como medio de transporte.

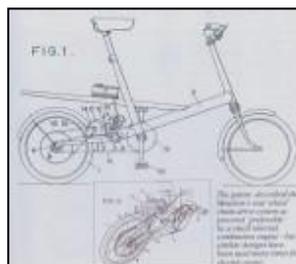
- En 1920 la compañía alemana Heinzmann fabricó el primer motor para bicicleta eléctrica. Se montaba en una bicicleta de dos plazas. La empresa continuó con el desarrollo de toda una serie de motores hasta que unos años más tarde se vieron en las bicicletas de distribución de correo alemanas.
- En la década de los años 30, la compañía de Mineapolis Lejay Manufacturing registra varias patentes y planos de donde saldrá su GoBike, una bicicleta eléctrica con un viejo generador de un Ford T acoplado a la rueda trasera en forma de sidecar.
- Al mismo tiempo en Europa se construyen bicicletas eléctricas con baterías de 12 voltios.



- Una corriente nueva aparece en Inglaterra por medio de Ben Borden. Después de trabajar en la fabricación de carrocerías aerodinámicas para coches se introdujo en el mundo de la bicicleta con la que él denominó “la bicicleta del futuro”. Su patente contenía ideas que se aplicarían mucho tiempo después al diseño de las bicicletas, como la transmisión por cardán, las baterías colocadas en el cuadro o el guiado de cables por el interior de los tubos. Pero el mayor de sus avances fue la incorporación de un motor en el buje de la rueda trasera que funcionaría también como dinamo para cargar la batería.

1950

- En la década de los 60 la empresa Moulton Consultants Ltd patentó un sistema por el que la rueda trasera dispondría de una doble transmisión por cadena, una proveniente del pedalier y otra del motor eléctrico que alojaba. Este concepto fue uno de los más populares e innovadores de la presente década.



- En los años 70, el gobierno comunista de China empieza a promover las bicicletas eléctricas debido a la moda del ciclomotor y a la aparición de varios modelos eléctricos pero su legislación de velocidad sujeta a 25 km/h les hizo perder popularidad.
- En 1975 Augustus Kinzel diseño las Series Hybrid y Parallel Hybrid en las que los pedales giraban un pequeño generador transformando el giro en electricidad que alimentaban al motor, que entregaba la energía a la rueda de forma directa o variada.



- A principios de los 80 el fabricante inglés de componentes de coche Lucas Industries Ltd, patenta un motor eléctrico para el pedalier de las bicicletas del que se construye un prototipo equipado con una batería de 16 Ah que daba una autonomía de 4 millas con asistencia constante y 13 millas con un uso intermedio.
- En 1989 eran introducidas en Alemania las innovaciones de Hercules Electra y Saxonette. Ambas eran dos bicicletas inusuales que estaban desarrolladas bajo el mismo estilo de cuadro pero que se ofertaban con la opción de motor eléctrico o motor de gasolina, ambos sobre el eje de la rueda trasera. A diferencia de las bicicletas eléctricas europeas, la Electra ya montaba un acelerador en el puño. Según decían, era la primera bicicleta eléctrica del mercado.



- En la última década del siglo XX se desarrollas distintos elementos como sensores de par o controladores electrónicos que revolucionaron el mundo de las bicicletas eléctricas.
- Yamaha produce el prototipo Vehicle A, el cual pretende ser la primera bicicleta eléctrica híbrida en el mundo, es decir, que proporciona asistencia según la fuerza de pedaleo, lo que ahora se

conoce como Pedelec. Al año siguiente apareció otro prototipo, Vehicle Z para confirmar el potencial concepto comercial.

- En 1991 aparece la primera batería de Ion Litio, otro salto cualitativo hacia una futura bicicleta eléctrica segura, que a pesar de todo no se empezó a incorporar de serie hasta bien entrada la primera década de los 2000.
- Yamaha introduce su sistema PAS (Power Assist System) que con 21kg tenía una autonomía de 20km y se recargaba en 10h. El hecho de que el gobierno de Japón definiera el sistema PAS de Yamaha en términos legales como una bicicleta convencional hizo que alentara a la competencia.

2000

- En el comienzo del siglo XXI Panasonic afirma haber construido la bicicleta eléctrica más ligera del mercado con 19'9kg, pero apareció Honda con su Step Compo, una plegable eléctrica de 18,7kg.
- La Giant Lafree es rediseñada un año después de lanzarse y se convierte en más ligera, estilizada y atractiva para el mercado europeo. Su mayor novedad es la inclusión de un sistema Panasonic con batería de NiMH y motor central. Ese mismo sistema pero con una batería más pequeña usará la Panasonic Range, presentada en el 2001.



- SRAM lanzó un nuevo buje motor visto anteriormente en varias bicicletas de demostración, que incorpora el propio motor y un cambio de 5 velocidades.
- Como dato importante de la evolución de la venta de las bicicletas eléctricas en estos primeros años del siglo XXI, en china para el año 2003 ya se habían vendido cuatro millones de bicicletas eléctricas, llegando en 2005 a los diez millones. Esto viene a confirmar la explosión de este concepto de movilidad urbana.

1.5. Estudio y viabilidad

Para desarrollar del proyecto, nos planteamos la necesidad de recopilar información a partir de estudios que se hayan realizado sobre el sector de la bicicleta. Los datos recogidos del estudio por el GESOP (gabinete de estudios sociales y opinión pública) en el año 2009 /10, recopilan datos sobre la opinión, hábitos y utilidades que los españoles hacen de la bicicleta, y a partir de los cuales nos permitirá analizar las necesidades y demandas que tienen los usuarios.

1.5.1. Perfil de usuarios

Entre los usuarios de la bicicleta podemos decir que predominan los hombres. Si bien a medida que se utiliza de manera más esporádica la tendencia entre mujeres y hombres se iguala.

- Un 74% de los entrevistados dispone de alguna bicicleta en su casa.
- Un 67% de los usuarios que utilizan la bicicleta cada día tienen entre 12 i 39 años.
- Las personas que trabajan y los estudiantes son los que más utilizan este medio de transporte.
- El tipo de hogares con mayor número de bicicletas es dónde residen jóvenes de 12 a 24 años y adultos entre los 40 y 54 años.

1.5.2. Uso de la bicicleta

- Prácticamente 9 de cada 10 consultados sabe ir en bici.
- Entre los que utilizan la bici, un 6% la utiliza diariamente, un 13% varias veces a la semana y finalmente un 5% tan sólo los fines de semana.
- Los principales motivos para no utilizarla son:
 - No tener una bici o tenerla estropeada (17%).
 - No disponer de tiempo (14%).
 - Prefieren desplazarse con otros medios de transporte (11%).
 - La orografía del municipio no les permite utilizarla (2%).

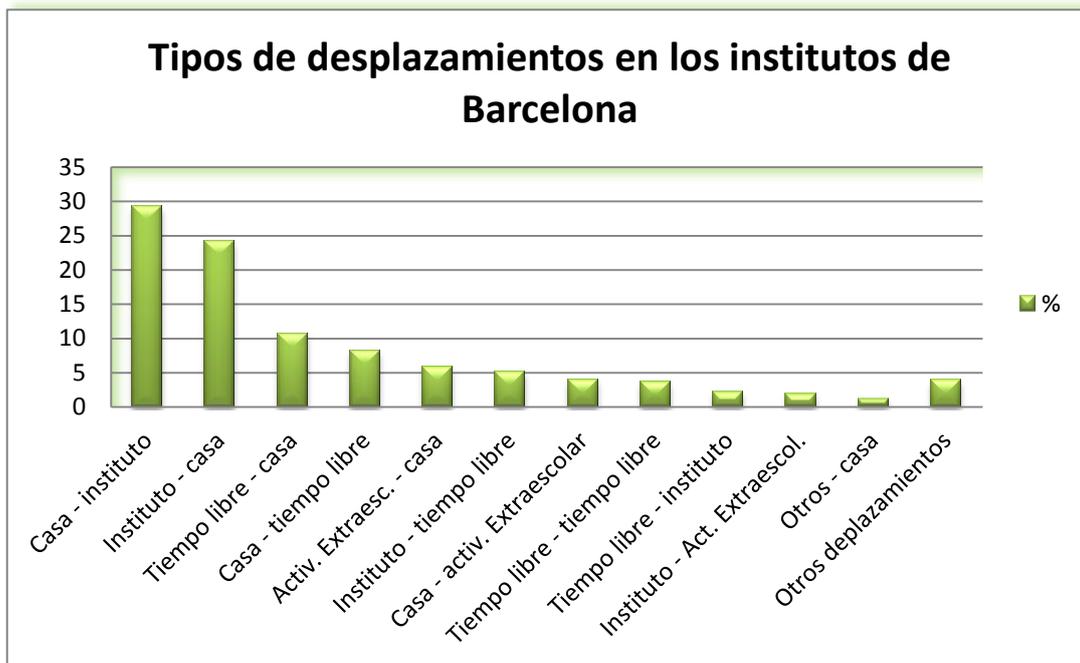
- La mayoría de la gente que sabe ir en bici tiene un modelo tipo BTT. Una cuarta parte de los españoles con bici poseen una de tipo urbana o de paseo, entre los cuales las mujeres, personas de edad más avanzada y residentes de municipios entre 100 y 500 mil personas son los que más disponen de este tipo de bicicleta. En menor medida los consultados poseen bicis de carrera o plegables.

1.5.3. Hábitos de uso

- La práctica totalidad de usuarios coincide en opinar que ir en bicicleta les beneficia para sentirse mejor respecto a la de salud
- Lo más habitual entre los usuarios es circular por dentro de las zonas urbanas grandes (38%), seguido de los que dicen circular por la montaña o caminos de bosques (25%). Un 19% circula por carretera.
- Realizar deporte o salir a pasear son los principales motivos de uso (44%), un 24% la utilizan para desplazamientos diariamente o semanalmente, un 14% para ir al lugar de trabajo y un 8% para ir al centro de estudio.

1.5.4. Imagen y percepción

- La principal imagen que transmite la bicicleta es de bienestar físico.
- Se asocia la bicicleta al deporte, al ejercicio físico y a la salud. También son los aspectos más nombrados respecto a las principales ventajas de ir en bicicleta. Un 15% responde principalmente que es un vehículo ecológico que no contamina, por delante de los que destacan la rapidez en trayectos cortos (8%), o que es económico (7%). Un 4% destaca la facilidad de transporte y movilidad.
- Los aspectos negativos por parte de los usuarios son el peligro de circular i los accidentes, la fatiga, el miedo o el tránsito.
- Como principal inconveniente en primer lugar tenemos la peligrosidad. Se destaca también aspectos como que es necesario el esfuerzo físico para utilizarla (13%). En menor medida hayamos que es un vehículo lento (2%), incómodo (2%),y limitado en el sentido de que no puede transportar carga ni hacer recorridos largos (1,5%).
- Un 97% está de acuerdo con que la bicicleta es el medio transporte más económico. Entre un 80% y 90% también lo está en que la reducción de la contaminación ambiental en las ciudades debe pasar por el aumento del uso de la bicicleta, y que con ella es más rápido recorrer distancias cortas y medias dentro de las ciudades.



Gráfica 1. Desplazamientos en institutos de Barcelona.

1.5.5. Conclusión del estudio

Analizando los datos del estudio encontramos necesidades tanto de usuarios que utilizan normalmente la bicicleta, como de usuarios potenciales que actualmente utilizan otro medio de transporte. El análisis efectuado nos proporciona líneas a seguir en el diseño de la bicicleta. No todas las necesidades se podrán satisfacer, pero en cualquier caso se intentarán encontrar soluciones alternativas.

El análisis efectuado nos lleva a concluir que la bicicleta tendrá que satisfacer los siguientes puntos:

- La adaptabilidad del cuadro, altura de la bici y demás medidas, se enfocarán de tal manera que permita el uso de un mismo modelo de bicicleta a personas de edades comprendidas mayormente entre los 10 y los 40 años. En realidad es un rango de edades muy amplio, por lo tanto durante el transcurso del proyecto se decidirá la fabricación de un solo cuadro o en su defecto del número de cuadros necesarios.
- Existen varias razones por las cuales la bicicleta eléctrica está teniendo un gran impacto en la sociedad. Una de ellas es el uso de la bicicleta para la realización de desplazamientos cortos, ya sea para los desplazamientos diarios para ir al lugar de trabajo, como los realizados para ir al centro de enseñanza por los estudiantes. En este sentido, hemos de incentivar el uso de la bicicleta eléctrica dotándola de los elementos eléctricos necesarios y adecuados para facilitar los desplazamientos.

1.6. Tipos de bicicletas eléctricas

En la actualidad, para conseguir una bicicleta eléctrica, se puede optar por el diseño y fabricación de la misma partiendo de cero, o bien por la adaptación de una bicicleta estándar gracias a la implantación de un kit autoinstalable. En los dos casos, la bicicleta eléctrica tendrá que cumplir unos requisitos según especifica la normativa para que pueda obtener dicha nomenclatura, ya que en caso contrario se la considerará motocicleta y sus requisitos pasan a ser otros distintos. Esta normativa especificará los tipos de bicicletas que existen, y es por ello que a continuación tan solo nombraremos estas modalidades de bicicleta sin entrar en detalles para no duplicar la información del proyecto, siendo ambas modalidades descritas con exactitud más adelante en el apartado de normativa del proyecto.

Las modalidades de bicicletas eléctricas que agrupa la normativa son:

- Pedelecs.
- E-bikes.

1.6.1. Pedelecs



Se puede agrupar los modelos de bicicletas Pedelecs en:

- Bicicletas con motores montados en el buje de la rueda delantera.
- Bicicletas con motores montados en el buje de la rueda trasera.

La asistencia de accionamientos se controla a través de la frecuencia de pedaleo del ciclista, mediante un sensor de movimiento llamado PAS. El motor eléctrico se apaga automáticamente cuando se deja de pedalear o en el momento en el que el ciclista presiona el freno.

En este tipo de bicicleta eléctrica no existe el acelerador. Las bicicletas que incorporan el sistema de pedal asistido por lo general, permiten ajustar el nivel de asistencia que el ciclista va a necesitar, en función de sus gustos o necesidades. El nivel de asistencia que desea el ciclista se determina mediante el uso de la consola (el nivel máximo de ayuda dependerá de la normativa existente en el país, en el que se vaya a utilizar la bicicleta).

1.6.2. E-Bikes



A diferencia del sistema pedelec, las bicicletas eléctricas del tipo E-bike no requieren pedalear. Los pedales y el motor son independientes el uno del otro.

El ciclista dispone de dos opciones:

- Circular sin pedalear (utiliza únicamente la fuerza del motor para desplazarse).
- Pedalear como en una bicicleta estándar, y cuando el ciclista necesite la ayuda del motor él mismo será el que con la ayuda del acelerador haga que el motor le proporcione mayor potencia, aportando la ayuda necesaria para el desplazamiento.

El controlador es el encargado de determinar la potencia que está siendo enviada en función del grado de apertura del acelerador.

Para las E-bike existen dos tipos de aceleradores:

- Twist-grip – este tipo de acelerador es el más conocido. Este acelerador es igual que el utilizado en motos, es decir entregara más o menos potencia en función de la apertura del acelerador, proporcionada por la muñeca del ciclista.
- Pulgar-press-Simple ON / OFF. Al mantener pulsado el botón el acelerador quedara activado a pleno rendimiento y dejará de estar activado una vez se deja de presionar. El inconveniente de este tipo de acelerador es que no permite circular a una velocidad variable.

Algunos tipos de bicicletas eléctricas E-bike, permiten tener una velocidad de cruce, es decir se mantiene la cantidad de potencia constante sin tener la necesidad de girar el acelerador o pulsar un botón continuamente.

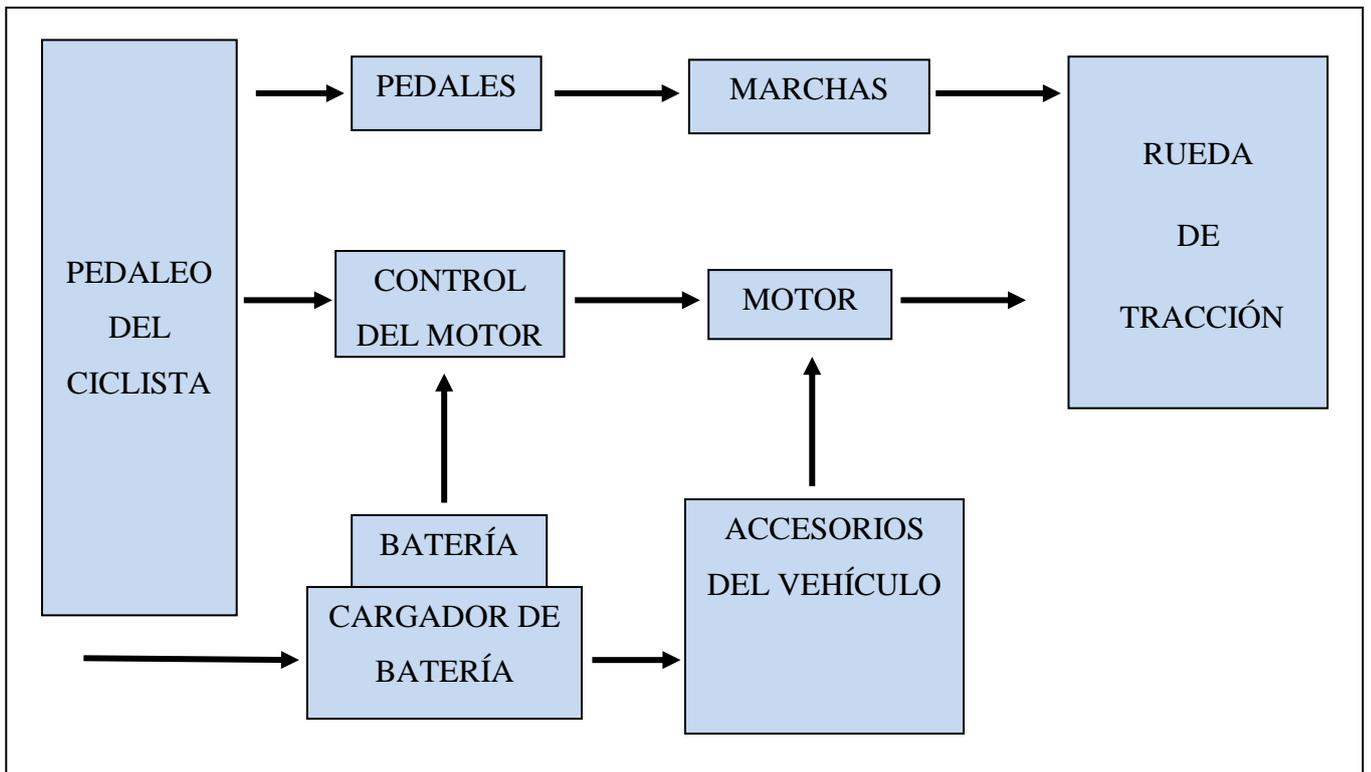


Ilustración. Diagrama esquemático del sistema híbrido paralelo

2. MATERIALES

2.1. Introducción

La elección del tipo de material es muy importante, ya que dependiendo de la elección, el cuadro obtendrá unas características u otras. Analizaremos las propiedades mecánicas de los materiales, así como los factores económicos, en cuanto al precio de mercado del material y coste del proceso de fabricación. Una vez realizado el estudio y analizado, realizaremos la elección del material más adecuado según nuestras necesidades.

En cuanto a las propiedades que buscamos que disponga el material, y en consecuencia las características que el mismo aporte al cuadro de nuestra bicicleta, buscamos características como puede ser la baja densidad del material, reduciendo el peso de la bicicleta y aumentando la agilidad y maniobrabilidad del ciclista; resistencia máxima a rotura, en cuanto el cuadro sea capaz de soportar los esfuerzos necesarios; elasticidad, para que no supere el límite elástico del material y se mantenga por debajo del límite de fluencia del material; y finalmente bajo precio del material y proceso de fabricación, ya que también es objetivo de nuestro proyecto conseguir minimizar los costes para que sea competitivo en el mercado.

Los materiales más utilizados para la fabricación de cuadros de bicicletas son el acero, que hasta la aparición del aluminio era prácticamente el único material utilizado, y el aluminio, el cual a partir de los años 80 empezó a destacarse como el material con mejores características, con unas propiedades como son la ligereza, que le proporciona su baja densidad, una alta resistencia y un bajo coste de compra de la materia prima. También podemos encontrar materiales como el titanio, el magnesio o el berilio, que aportan otro tipo de características que también les hacen atractivos, ya que son materiales con propiedades muy buenas a pesar de que el precio de compra es más elevado en comparación con el aluminio. También se utilizan materiales compuestos como la fibra de carbono. Esta presenta mejores propiedades, como pueden ser un valor de límite de rotura más elevado, pero también aspectos negativos, como una menor resistencia a los impactos. Hoy en día es un material muy difícil de reciclar, debido a que necesita más de 300 años en descomponerse las resinas.

Clasificación de los materiales metálicos

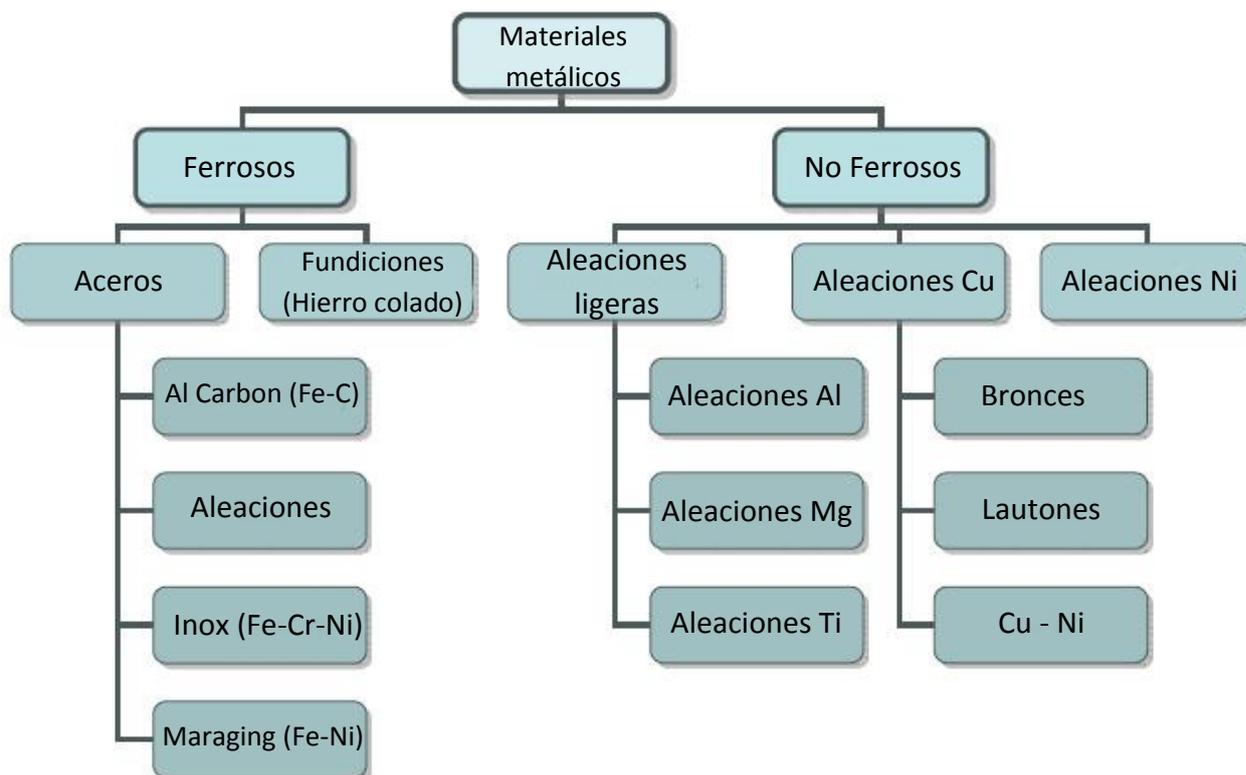


Ilustración 1. Clasificación de los materiales metálicos

Propiedades	Unidades	Metales ligeros			Metales pesados		
		Magnesio	Aluminio	Titanio	Zinc	Hierro	Cobre
Densidad	g/cm^3	1.74	2.70	4.54	7.13	7.87	8.96
Punto de fusión	$^{\circ}\text{C}$	650	660	1660	420	1535	1083
Punto de ebullición	$^{\circ}\text{C}$	1090	2467	3287	906	2750	2310
Conductividad térmica	$\text{W (m}\cdot\text{K)}^{-1}$	146	238	17	113	71	387
Conductividad eléctrica	% IACS	36	64	4	28	17.5	100
Resistividad eléctrica	$\mu\Omega\cdot\text{cm}$	4.45	2.65	42	5.9	9.7	1.69
Resistencia a la corrosión	M-R-B-E	Mala	Buena	Excelente	Buena	Regular	Buena
Módulo Elástico	GPa	45	70	120	85	200	150
Resistencia a tracción	Mpa	400	700	1400	380	1600	1460
Tenacidad a fractura	$\text{Mpa}\cdot\text{m}^{1/2}$	18	45	115	24	214	100
Módulo específico	$\text{GPa (Kg}\cdot\text{m}^{-3})^{-1}$	25.8	25.9	26.4	12	25.4	16.7
Resistencia específica	$\text{MPa (Kg}\cdot\text{m}^{-3})^{-1}$	230	259	308	53	203	163

Tabla 2. Propiedades de los materiales más utilizados en la fabricación de bicicletas

2.2. Definición de las propiedades

A continuación realizaremos un pequeño recordatorio de las definiciones de las propiedades que caracterizan a los materiales y que intervendrán en el estudio de la bicicleta:

- **Densidad:** es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia.
- **Dureza:** es la oposición que ofrecen los materiales a la penetración, abrasión, rayado, cortadura, deformaciones permanentes, etc. También puede definirse como la cantidad de energía que absorbe un material ante un esfuerzo antes de romperse o deformarse. Se mide en unidades Brinell, Rockwell, Vickers, etc.
- **Ductilidad:** es una propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sosteniblemente sin romperse. Como contrario a la ductilidad encontramos la fragilidad. Los materiales dúctiles pueden llegar a romperse bajo el esfuerzo adecuado. Un material es dúctil cuando la relación entre el alargamiento longitudinal producido por una tracción y la disminución de la sección transversal es muy elevada. En un ensayo de tracción, los materiales dúctiles presentan una fase de fluencia caracterizada por una gran deformación sin apenas incremento de la carga.

Las ventajas que conlleva la ductilidad pueden ser las siguientes:

- Adaptabilidad para los métodos de fabricación por deformación plástica.
 - Presentación de deformaciones notorias antes de romperse.
- **Límite de Fatiga:** la causa del fallo de los cuadros es casi siempre debido a la fatiga, por lo tanto deberemos prestar especial atención a este fenómeno. La fatiga depende de una serie de factores. Además de la composición, estado y procedimiento de obtención del material, hay que considerar la clase y frecuencia de las sollicitaciones y especialmente, la configuración de los elementos constructivos (distribución de fuerzas, tensiones máximas, superficie).

La denominación “resistencia a la fatiga” se utiliza como concepto genérico para todos los casos de sollicitaciones alternativas. El límite de fatiga para un determinado número de ciclos, es el máximo esfuerzo alternativo para el cual se asume que el material no fallará, siempre que el número de ciclos sea inferior al dado.

- Flexión: a la hora de diseñar los diferentes partes que forman la bicicleta deberemos tener muy en cuenta el efecto de la flexión, ya que un mal diseño o una mala elección del material, podrían acentuar dicho efecto y de ese modo podría producirse una rotura del componente debido a un exceso de flexión, que podría poner en peligro la integridad del usuario de la bicicleta.

El esfuerzo de flexión puro o simple se obtiene cuando se aplican sobre un cuerpo pares de fuerza perpendiculares a su eje longitudinal, de modo que provoquen el giro de las secciones transversales con respecto a los inmediatos.

- Fluencia: la fluencia es la deformación brusca de la probeta sin incremento de la carga aplicada que se puede llegar a producir en el ensayo de tracción (algunos materiales no experimentan fluencia).
- Tenacidad: se puede definir como la resistencia del material a agrietarse rápidamente, o también como la capacidad de absorber energía plástica antes de fracturarse. En el ensayo de tracción (ensayo realizado a baja velocidad de deformación) se puede evaluar la tenacidad como el área que hay debajo de la curva tensión deformación. Se trata de una energía por unidad de volumen. La tenacidad es mayor cuando se alcanza un compromiso entre una buena resistencia y una buena ductilidad. Un material puede ser dúctil pero no tenaz, o puede ser resistente pero no ser tenaz.

En un impacto el cuadro de la bicicleta puede deformarse plásticamente, como en el caso del impacto con una roca al producirse una caída. Esta hendidura producida siempre será preferible a que se produzca una grieta. Para evitar que el cuadro se rompa después de producirse esta hendidura es necesario que el material presente una buena tenacidad. En nuestro caso no es deseable la deformación permanente de cuadro, pero en caso de fuertes impactos, serían preferibles pequeños puntos de fluencia (que no afectarían a la geometría del cuadro) antes que la rotura por fractura.

- Maquinabilidad: la facilidad que posee un material de permitir el proceso de mecanizado por arranque de viruta. Con lo cual nos interesara un material que cumpla con los requisitos de maquinabilidad que nosotros necesitemos.

2.3. Análisis de las características de los materiales

2.3.1. Aluminio

Es el material utilizado por excelencia actualmente en la industria de la bicicleta en la fabricación de cuadros. El aluminio por sí solo no tiene unas propiedades mecánicas que le hagan demasiado interesante, es por ello que se utilizan siempre aleaciones de aluminio. Estas aleaciones se clasifican en ocho grupos o series. A continuación enumeraremos las aleaciones que se usan en la fabricación de cuadros:

- Los 2xxx son aluminios aleados con cobre. Mejoran mucho su resistencia mecánica, pero no se usan en las bicicletas ya que es difícil realizar formas complejas.
- Los 6xxx son aleaciones con magnesio y silicio. Son cuadros típicos de esta aleación son los 6061 y los 6063. Tienen buenas propiedades mecánicas y se conforman fácilmente.
- Los 7xxx están aleados mayoritariamente con cinc. El más típico utilizado en bicicletas es el 7005. Estos tienen unas propiedades mecánicas muy buenas, aunque padecen en el conformado.

El resto de las series no se utilizan en la industria de la bicicleta. A continuación destacamos un conjunto de características del aluminio para su uso en la fabricación de cuadros.

- La ligereza del aluminio (2.70g/cm), ya comparada con la densidad del hierro (7.90 g/cm) es bastante inferior.
- Alta resistencia mecánica: resistencia a tracción 700 Mpa.

Las propiedades del aluminio dependen de un conjunto de factores. El más importante es la existencia de aleantes. Los elementos aleantes principales del aluminio son: cobre (Cu), silicio (Si), magnesio (Mg), zinc (Zn). En menores cantidades existen, frecuentemente, como impurezas o aditivos: hierro (Fe), cromo (Cr) y titanio (Ti), etc.

La clasificación del aluminio y sus aleaciones se divide en dos grandes grupos bien diferenciados que son forja y fundición. Esta división se debe a los diferentes procesos de conformado que puede sufrir el aluminio y sus aleaciones. Dentro del grupo de aleaciones de aluminio forjado encontramos otra división clara:

- Grupo de aleaciones tratables térmicamente.
- Grupo de aleaciones no tratables térmicamente.

Las no tratables térmicamente solo pueden ser trabajadas en frío con el fin de aumentar su resistencia. Conviene señalar que, dentro de las aleaciones para forja, los grupos principales de las no tratables térmicamente son 1xxx, 3xxx y 5xxx. Dentro de las tratables térmicamente los grupos principales son 2xxx, 6xxx y 7xxx. En esta última división, se encuentran las aleaciones de aluminio con mayores resistencias mecánicas, los grupos 2xxx y 7xxx, por lo que son las aleaciones más indicadas para este trabajo.

Las aleaciones de aluminio usadas en los cuadros de bicicletas son las 6061, 6063, 7003, 7005, 7020 y 7075. Las aleaciones de aluminio utilizadas para la fabricación de bicicletas de las series 6000 y 7000 en lo general mejoran sus propiedades al ser tratadas térmicamente.

2.3.1.1. Aluminios 6061-T6, 7005-T6 y 7075-T6

La aleación 6061 (compuesta por aluminio, magnesio y silicio) tiene un moderado límite de rotura, junto con una excelente resistencia a la corrosión. Su principal característica es la extrusionabilidad, ya que es posible obtener formas complejas por extrusión repartiendo con precisión el material según la predicción de los esfuerzos en cada zona. Esta aleación se puede endurecer térmicamente debido a la existencia de la fase de magnesio y silicio. El exceso de Si provoca un aumento notable de la resistencia mecánica. También un exceso de Mg eleva la resistencia, aunque mucho más débilmente, entre otras razones, porque el Mg en exceso, en contraste con el Si, disminuye la solubilidad de Mg₂Si.

			6061-T	7005-T6	7075-T6
Composición en %		Al	95,8-98,6	91-94,7	87,1-1,4
		Cr	0,04-0,35	0,06-0,2	0,18-0,28
		Cu	0,15-0,4	Máx. 0,1	1,2-2
		Fe	Máx.0,7	Máx. 0,4	Máx. 0,5
		Mg	0,8-1,2	1-1,8	2,1-2,9
		Mn	Máx. 0,15	0,2-0,7	Máx. 0,3
		Si	0,4-0,8	Máx. 0,35	Máx. 0,4
		Ti	Máx. 0,15	0,01-0,06	Máx. 0,2
		Zn	Máx. 0,25	4,0-5,0	5,1-6,1
		Zr	-	0,08-0,2	-
	Otras adiciones	Por separado	Máx. 0,05	Máx. 0,05	Máx. 0,05
En total		Máx. 0,15	Máx. 0,15	Máx. 0,15	

Tabla 3. Composición aluminios 6061-T6, 7005-T6, 7075-T6

La aleación 7005 (compuesto por aluminio, magnesio y zinc) presenta un límite de rotura superior a la 6061. No es tan resistente a la corrosión como el 6061 pero esto deja de ser un problema dando un recubrimiento de protección adecuado. Mientras que las adiciones de Zn por si solas aumentan sólo ligeramente la resistencia, la adición conjunta de Zn y Mg permite el endurecimiento y, con ello, la consecuencia de una resistencia superior. Las adiciones de Mn y Cr sirven para evitar la recristalización y aumentar un poco la resistencia. La escasa sensibilidad al enfriamiento en agua unida a un amplio margen tolerado de temperatura, entre 350 y 450 °C para el recocido en solución, son las causantes de que, mientras se realiza la soldadura, recuperen casi toda su capacidad de temple las zonas reblandecidas bajo la influencia de la temperatura, sin que para ello sea necesario un nuevo recocido en solución.

En Estados Unidos se tiende a usar tubos de serie 6000, en Europa la tendencia es a utilizar la serie 7000.

Al igual que la 7005, la aleación 7075 pertenece a las aleaciones de Al-Zn-Mg, pero en este caso se aumenta más la resistencia por adición de Cu. El Cu actúa en contra de la corrosión que se produce en las grietas debido a las tensiones, pero también favorece la formación de grietas al soldar. La solución a este inconveniente que presentan las aleaciones Al-Zn-Mg-Cu se ha encontrado en los aluminios ‘Scandium’ y ‘ZR 9000’ (7075 + zirconio) introducidos en el mercado en los últimos tiempos por las grandes marcas de fabricación de cuadros, y de los cuales actualmente no se tiene información suficiente por lo que se ha desestimado la fabricación de la bicicleta con este tipo de aleación.

Propiedades	6061-T6	7005-T6	7075-T6
Propiedades físicas			
Densidad g/cm ³	2.7	2.78	2.81
Propiedades mecánicas			
Dureza, Brinell	95	94	150
Dureza, Knoop	120	119	191
Dureza, Rockwell A	40	39.5	53.5
Dureza, Rockwell B	60	39.5	53.5
Dureza, Vickers	107	106	175
Tensión de rotura, MPa	310	350	572
Tensión de fluencia, MPa	276	290	503
Elongación a la rotura, %	12	13	11
Modulo de elasticidad, GPa	68.9	72	71.7
Coficiente de Poisson	0.33	0.33	0.33
Limite de fatiga, MPa	96.5	150	159
Maquinabilidad, %	50		70

Tabla 4. Características mecánicas de las aleaciones

2.3.1.2. Aluminio Escandio

El escandio es uno de los más potentes elementos de aleación de la tabla periódica. Es un metal plateado, blanquecino, que se extrae de la corteza terrestre. Es un potente refinador de grano que al añadirse a aleaciones de aluminio aumenta la resistencia y durabilidad del metal en un 50 %. Estas propiedades las obtienen “enderezando” los granos de la aleación y consiguiendo que el metal sea menos susceptible al fracaso.

PROPIEDADES FÍSICAS		
Densidad $\text{g} / \text{dm}^{-3}$	Volumen molar $\text{cm}^3/\text{mol}^{-1}$	Resistencia eléctrica $\mu\Omega/\text{cm}$
2989(a 273 K)	5.04 (a 273 K)	61(a 20 °C)

Tabla 5. Propiedades físicas escandio

PROPIEDADES TÉRMICAS					
Conductividad térmica $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$	Punto de fusión $^{\circ}\text{C}$	Calor de fusión kJ mol^{-1}	Calor de vaporización kJ mol^{-1}	Calor de atomización kJ mol^{-1}	Estructura cristalina
15.8	2836	15.9	376.1	376.02	Hexagonal

Tabla 6. Propiedades térmicas escandio

Las aleaciones de escandio se convirtieron en un punto fuerte de los aviones de construcción rusa puesto que les proporcionaban increíble peso, manejabilidad y ventajas de alcance. Es esta resistencia y durabilidad lo que hace que las aleaciones de escandio sean un material tan atractivo para la construcción de bicicletas. Su resistencia es talmente mayor (la aleación de escandio es el doble de fuerte que un aluminio 6061 ó 7005) que podemos usar mucha menos cantidad de material y obtener las mismas características de montado que el acero. Con el escandio conseguimos reducir el peso de un cuadro de aluminio entre un 10% y un 15%.

Para que un marco de carbono tuviera la resistencia que requiere una bici de montaña, se tendría que usar tanto material que la haría más pesada que el mismo marco hecho de Escandio.

Características de absorción de impacto de las aleaciones de escandio y su durabilidad a largo plazo, son las razones principales de su uso.

Con la adición de escandio se consiguen las siguientes mejoras en las aleaciones:

- Mejora de los límites de rotura y fluencia.
- Aumenta la resistencia a la recristalización.
- Reduce el tamaño de grano.
- Incrementa la resistencia al agrietamiento en caliente.
- Refinado de grano durante la fundición o el soldeo.
- Mejora las propiedades plásticas.

La densidad de este material es aproximadamente la misma que la de cualquier otra aleación de aluminio, pero al aportar una mejora de las características mecánicas permite construir tubos de paredes más finas. El escandio se añade a las tuberías de la serie aluminio-zinc-magnesio-cobre principalmente para que resistan más el calor, y se mantengan las propiedades en la zona soldada. A estas aleaciones se les conoce con el nombre de 'Sandía'.

Inconvenientes

Entre los inconvenientes que presenta esta aleación, podemos decir que los tubos son muy complicados de trabajar, ya que tienen una temperatura de fusión muy elevada (1540° C), y hace que sea difícil de soldar. No pueden darse dobles pasadas a las soldaduras, no conviene rebajarlas mecánicamente, etc. Tampoco se puede usar cualquier tipo de pintura, ya que el horneado podría debilitar la aleación, provocando una pérdida de resistencia.

2.3.2. Acero

El acero ha sido utilizado para la fabricación de la mayor cantidad de cuadros de bicicletas que cualquier otro material. Podemos encontrar diferentes tipos de acero agrupados en: aceros al carbono, aleados, de baja aleación ultra resistente y aceros inoxidable.

Aceros al carbono e inoxidables

Alrededor del 90% de los aceros fabricados son aceros al carbono. Se caracterizan por disponer de cantidades de carbono, menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono encontramos máquinas, carrocerías de automóvil, cascos de buques, etc.

Los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Existen aceros inoxidables con una alta dureza y otros con una alta resistencia, la cual la mantienen durante largos periodos de tiempo a temperaturas extremas. Debido a sus superficies brillantes, en arquitectura se emplean muchas veces con fines decorativos. El acero inoxidable es utilizado en tuberías y tanques de refinerías de petróleo o plantas químicas, en fuselajes de los aviones y en cápsulas espaciales. También es usado en la fabricación de instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resiste a la acción de los fluidos corporales.

Aceros aleados y de baja aleación ultra resistentes

Los aceros aleados contienen un vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre respecto a los aceros al carbono “normales”. Estos aceros se emplean, para fabricar engranajes y ejes de motores, patines o cuchillos de corte, etc. Los aceros de baja aleación ultra resistentes son más baratos que los aceros aleados convencionales ya que contienen cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, reciben tratamientos especiales que les proporcionan una resistencia mucho mayor al resto de aceros al carbono. Son utilizados en la fabricación de vagones de mercancías los cuales pueden transportar mayores cargas ya que se reduce el grosor de las paredes con la reducción de peso correspondiente. En la actualidad se construyen edificios con estructuras de aceros de baja aleación ya que las vigas pueden ser más delgadas, logrando un mayor espacio interior en los edificios.

Aceros más comunes para la fabricación de bicicletas

Los aceros más utilizados para la fabricación de bicicletas han sido los aceros de la serie AISI 1000 y los de la serie AISI 4130. Esto se debe a que estos tipos de acero tienen unas características muy buenas en cuanto al comportamiento del material, resistencia, etc.

- **Serie AISI 1000**

Los aceros al carbono de la serie 1000 fueron los primeros en utilizarse en la construcción de bicicletas, siendo las 1010, 1018, 1020 y 1028 los más utilizados. Los dos últimos dígitos representan el contenido en tanto por ciento de carbono. Cuanto mayor sea el contenido de carbono, la dureza y resistencia aumentan, teniendo en cuenta que porcentajes demasiado elevados de carbono causarían fragilidad en el acero. Un contenido en carbono de 0.5% se considera el máximo que debería tener un acero para la construcción de bicicletas. Los aceros al carbono son baratos y pueden soldarse mediante un gran número de procesos, siendo estos ideales para la producción en serie. Ha sido un material muy utilizado en la fabricación de bicicletas, y todavía es una buena opción si lo que se busca es un cuadro barato en el que el peso no sea una característica de especial relevancia.

Número SEA/AISI	Condición	Resistencia a la fluencia por tensión (0.2% de deformación permanente)		Resistencia última a la tensión		Elongación %	Dureza Brinell HB
		Kpsi	MPa	Kpsi	MPa		
1010	Rolado en caliente	26	179	47	324	28	95
1010	Rolado en frio	44	303	53	365	20	105

Tabla 7. Acero AISI 1010

- **Serie AISI 4130**

Actualmente casi todos los cuadros de acero se realizan con la aleación 4130 cromomolibdeno. Se pueden presentar diferentes tratamientos térmicos, pudiendo variar drásticamente los límites de rotura y fluencia según el caso. Debe ser tratado térmicamente después de ser soldado, en caso contrario, la unión presentará características mecánicas inferiores. Aun así, muchos cuadros de cromomolibdeno no son tratados térmicamente después de ser soldados, ya que se recurre a incrementar el espesor del tubo en la zona del cordón de soldadura, aumentando el peso del cuadro.

La mejor característica de esta aleación es su bajo coste en relación a otros materiales, siendo algo superior respecto a los aceros al carbono. Debido al mal comportamiento ante los agentes atmosféricos, se le debe aplicar una protección adecuada.

Número SEA/AISI	Tratamiento térmico	Resistencia a la fluencia por tensión (0.2% de deformación permanente)		Resistencia última a la tensión		Elongación	Dureza Brinell
		Kpsi	MPa	Kpsi	MPa	%	HB
4130	Recocido a 14540 °F	52	369	81	558	28	153
4130	Normalizado a 1650 °F	63	434	97	669	25	197
4130	Templado y revenido a 1200 °F	102	703	118	814	22	245
4130	Templado y revenido a 800 °F	173	1193	186	1282	13	380
4130	Templado y revenido a 400 °F	212	1462	236	1627	10	41

Tabla 8. Acero AISI 4130

2.3.3. Magnesio

El magnesio y sus aleaciones tienen la densidad más baja de entre todos los metales comerciales. Su densidad es 1.74 g/cm³, 1.55 veces inferior a la del aluminio (2.70 g/cm³), 2.6 veces menor que la del titanio (4.50 g/cm³), 4.5 veces inferior a la del hierro (7.87 g/cm³). Las aleaciones de magnesio poseen una buena capacidad de amortiguación de las vibraciones. Siendo cien veces superior a la de las aleaciones de aluminio, y veinte veces superior al acero. La alta capacidad de amortiguamiento del magnesio ha sido ampliamente aplicada en estructuras sujetas a fuertes cargas de impacto. Se caracterizan por una elevada relación resistencia-peso, pero a causa de su bajo módulo de elasticidad es necesario añadir más material para conseguir una rigidez adecuada. Son de fácil maquinabilidad y soldabilidad, además de que la resistencia en la región soldada se mantiene cerca de la del metal base. Presenta muy buen comportamiento ante la fatiga y es altamente resistente a impactos y abolladuras. Como inconveniente encontramos su baja elongación, y en consecuencia no se deja dar forma fácilmente sin romperse, por lo que no se pueden obtener las formas complejas que se les da a los tubos de aluminio. La corrosión es otro inconveniente, a causa de la corrosión galvánica que tiene lugar cuando dos materiales distintos entran en contacto en presencia de un fluido electrolítico, todas las superficies deben estar completamente selladas. Normalmente los tubos están unidos usando cualquier otro material en la soldadura. En cualquier caso la corrosión no ha de ser un problema si se protegen convenientemente las superficies. Podemos encontrar cuadros realizados con magnesio moldeado y con tubos de magnesio extruido.

Magnesio Moldeado

El magnesio presenta dos importantes beneficios con respecto al aluminio. Debido a su baja capacidad calorífica por unidad de volumen, el magnesio líquido es más rápidamente enfriado al contacto con el acero frío, resultando un grano más fino, y por consiguiente mayor aumento de la resistencia que el que se consigue con otros metales. En segundo lugar, una reducción dada del tamaño de grano, supone un mayor incremento de la resistencia en el magnesio que en el aluminio.

Magnesio Extruido

Las ventajas en comparación con el magnesio moldeado son una mayor facilidad de cambio en los diseños, mejores propiedades mecánicas y un mejor acabado superficial. El coste de un cuadro de magnesio extruido también es mayor. Las aleaciones de magnesio extruido utilizadas en bicicletas son la ZK60A-T5 (Zinc-Zirconio) y la AZ80A-T5 (Aluminio-Zinc), con tratamiento térmico parcial en solución y envejecimiento artificial, T5.

2.3.4. Titanio

La alta resistencia y baja densidad del titanio, unido a su buena tenacidad, a un excelente comportamiento a la fatiga y a la corrosión, y a su bajo módulo de elasticidad, lo hacen un material ideal para el diseño de cuadros de bicicletas. Esto se traduce en unas cualidades excelentes para absorber las vibraciones e impactos, consiguiéndose una conducción más suave y menos cansada que con una bicicleta de otro material. Por otra parte, el bajo módulo de elasticidad puede dar como resultado un cuadro demasiado flexible si no se realiza un buen diseño. El titanio es un material abundante, pero debido a su alta reactividad con el oxígeno se hace difícil la obtención de los tubos de titanio, siendo un proceso caro.

Aleaciones de titanio

Basadas en su estructura cristalina a temperatura ambiente, las aleaciones de titanio se dividen en varios tipos; aleaciones alfa, alfa-beta y beta. Las aleaciones alfa se subdividen generalmente en titanio “comercial puro”, y aleaciones alfa o cercanas a alfa que tienen una cantidad mayor de elementos aleados. En las aleaciones alfa-beta, el ratio alfa-beta es importante ya que influye en las características metalúrgicas, tamaño del grano, conformabilidad, tenacidad y soldabilidad. En el titanio puro la estructura cristalina es hexagonal compacta, la fase alfa está referida a esta estructura. Cuando la temperatura del titanio aumenta por encima de los 882° C y aun por debajo de 1727° C, tiene lugar una transformación alotrópica, pasando la estructura cristalina a cúbica centrada en el cuerpo (fase beta).

Tubos de Titanio

Los tubos de titanio Ti 3-2.5 suelen estar trabajados en frío y sometidos posteriormente a un relajado de tensiones (‘Cold Worked and Stress Relieved’ CWSR). En algunos cuadros más económicos y de menor calidad, se usan tubos de titanio recocido (‘annealed’).

Los cuadros de titanio Ti 6-4 están realizados con tubos soldados. Debido a la dificultad de obtener tubos de Ti 6-4 extruidos, estos se consiguen a partir de planchas dobladas y soldadas. Los avances tecnológicos para obtener tubos no soldados de titanio han llegado en los últimos años. Estos tubos no soldados son extremadamente caros y ningún fabricante de bicicletas los utiliza actualmente. El problema de los tubos soldados es que disminuye su resistencia y resiliencia, se pueden conseguir tubos con un límite de rotura algo superior al Ti 3-2.5, pero con valores de tenacidad bastante inferiores. Para cuadros de alta calidad siempre son usados tubos sin soldadura.

Algunas veces se usa Ti 6-4 en el tubo del eje de pedalier y en las punteras del cuadro, siendo el resto de tubos de Ti 3-2.5.

2.3.5. Fibra de Carbono

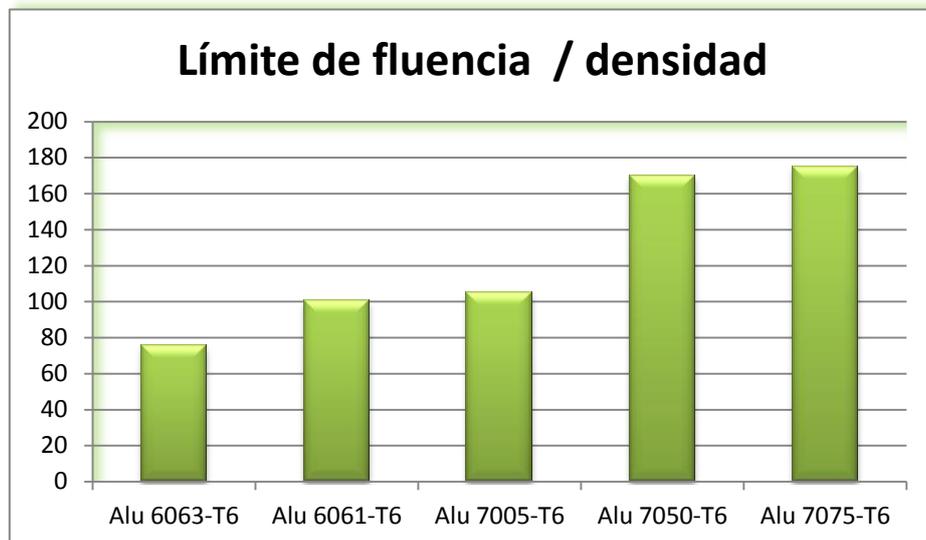
A diferencia de los metales, los materiales compuestos como la fibra de carbono tienen un comportamiento anisotrópico (en función de la orientación de las fibras). Para absorber las tensiones generadas en el cuadro se utilizan varias láminas con orientación distinta en las fibras de cada una. Esto hace que su diseño sea más complejo, pero a la vez se consigue mayor resistencia solo en las direcciones y lugares necesarios disminuyendo el peso del cuadro. Con la fibra de carbono se consiguen cuadros más ligeros en comparación con los metales. Se dispone de total libertad en el diseño de las formas del cuadro ya que no está limitado a la clásica utilización de tubos, de tal manera que se podría fabricar en una sola pieza. La facilidad de fabricación de un tubo de fibra de carbono de varias secciones y espesores es mayor en comparación con uno de metal. Cada fabricante tiene un número especial de láminas y orientaciones de fibra para crear sus diseños con la deseada resistencia, peso y rigidez. La fibra de carbono presenta mejor relación límite de rotura-densidad y la mejor relación límite de fatiga-densidad, no es corrosivo y se caracteriza por una excelente capacidad para amortiguar las vibraciones. Esta absorción de vibraciones y golpes son dos factores importantes que afectan al ciclista, particularmente en bicicletas de carreras.

La peor cualidad de la fibra de carbono es su baja resistencia al impacto y a la abrasión. Este es un inconveniente resaltable ya que el cuadro de la bicicleta está sujeto a pequeños impactos, caídas, etc. En la utilización de cualquier tubo, el espesor de la pared mínimo debe estar equilibrado con el diámetro del tubo, para asegurar un diseño que combine características de rigidez y resistencia óptimas. Si bien en una bicicleta de carreras se puede procurar prevenir al cuadro de impactos y abrasiones, en una bicicleta destinada circuitos de montaña es una prácticamente imposible. Esta es la principal razón por la que el uso de la fibra de carbono no se ha extendido a los cuadros destinados a esta especialidad.

2.3.6. Comparativa de los materiales y características mecánicas

2.3.6.1. Comparación de las características mecánicas de las aleaciones de aluminio

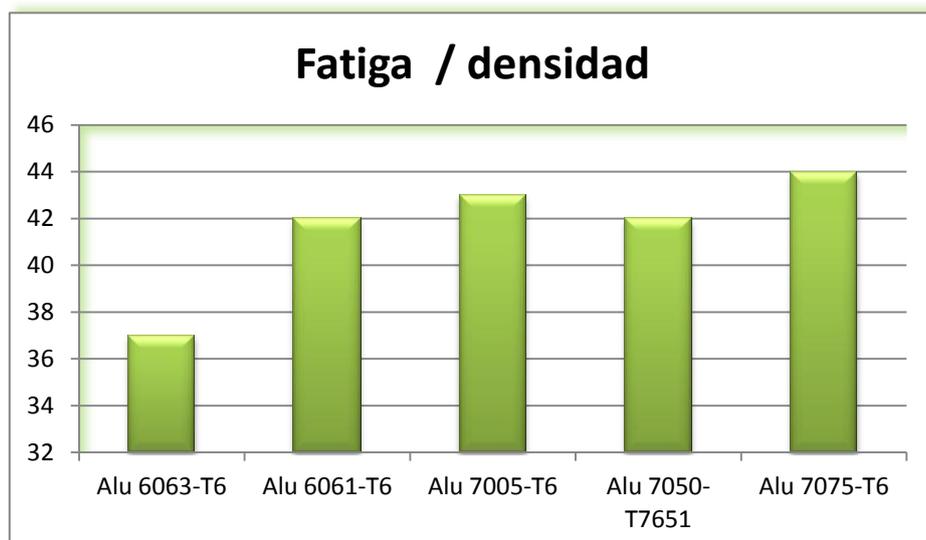
Relación límite de fluencia-densidad



Gráfica 2. Límite de fluencia / densidad

La mejor relación límite de fluencia-densidad la presenta el Al 7075-T6.

Relación límite de fatiga-densidad

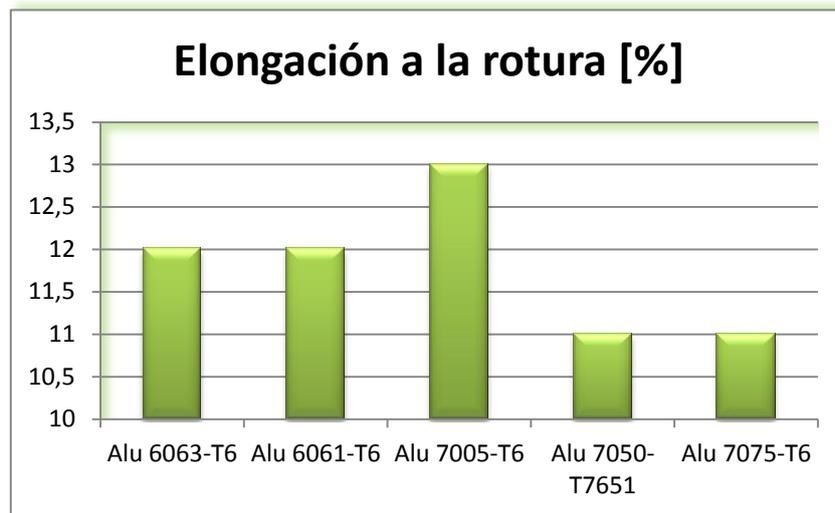


Gráfica 3. Relación fatiga / densidad

El Al 7075-T6 presenta el mejor comportamiento ante la fatiga.

Elongación a la rotura

- Valores de elongación por debajo del 6-7% deberían considerarse insuficientes para la fabricación de cuadros de bicicletas sujetos a fuerzas de impacto.
- El valor más alto lo tiene el aluminio 7005-T6, entorno al 13%. El resto de aleaciones tienen elongaciones aceptables en torno al 12%.



Gráfica 4. Elongación a la rotura

2.3.6.2. Comparación de las características mecánicas de los diferentes materiales

Materia	Límite de Fluencia/Densidad	Fatiga/Densidad	Elongación
Al 6063-T6	▲	▲	▲▲
Al 6061-T6	▲▲	▲▲	▲▲
Al 7005-T6	▲▲	▲▲	▲▲
Al 7050-T7651	▲▲▲	▲▲	▲▲
Al 7075-T6	▲▲▲	▲▲	▲▲
AISI 4130 Normalizado	▲	▲▲	▲▲▲▲▲
AISI 4130 CWSR	▲▲	▲▲▲	▲▲▲▲
AZ802A-T5	▲▲▲	▲▲▲	▲
ZK60A-T5	▲▲▲	▲▲▲	▲▲
Ti-3Al-2.5V Recocido	▲▲	▲▲▲	▲▲▲
Ti-3Al-2.5V CWSR	▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲
Ti-6Al-4V	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲

Tabla 9. Comparativa materiales

Material	Densidad [g/cm ³]	Dureza Brinell	Limite de rotura [MPa]	Limite de fluencia [MPa]	Elongación a rotura [%]	Modulo de elasticidad [%]	Limite de fatiga [MPa]
6063-T6	2.7	73	241	214	12	68.9	68.9
6061-T6	2.7	95	310	276	12	68.9	96.5
7005- T6	2.78	94	350	290	13	72	150
7050-T7651	2.83	147	552	490	11	71.7	170
7075-T6	2.81	150	572	503	11	71.7	159
Cr-Mo4130 normalizado	7.85	197	670	435	25.5	205	
Cr-Mo 410 CWSR	7.85	293	993	896	18.5	205	
AZ80A-T5	1.8	82	380	275	7	45	
ZK60A-T5	1.83	88	365	305	11	45	
Ti-3Al-2.5V recocido	4.51		620	483	15	105	
Ti-3Al-2.5V CWSR	4.51		862	724	10	105	
Ti-6Al-4V	4.43		895	828	10		
Ti-6Al-4V recocido	4.43	334	950	880	14	113.8	510

Tabla 10. Características materiales con tratamientos térmicos

Las propiedades mecánicas de los diferentes materiales no solo dependen de la composición de la aleación, también habrá que tener en cuenta el tratamiento térmico al que han sido sometidos, y el trabajo de deformación. Es debido al proceso de deformación al que se someten los tubos en su conformado, en el que se orientan y compactan los granos del material, que las propiedades mecánicas pueden modificarse considerablemente. Es por ello que se pueden dar grandes diferencias entre los valores mínimos normalizados de las características mecánicas para semielaborado de materiales para laminación y forja, y las características mecánicas que proporcionan los fabricantes de tubos elaborados para bicicletas. Destacar también que normalmente los fabricantes someten los tubos a tratamientos térmicos específicos o bien desarrollan aleaciones propias cuya composición no está normalizada.

Material	Densidad g/cm ³	Límite de rotura MPa	Límite de fluencia MPa	Módulo de elasticidad GPa
Aceros 4130				
TRUE TEMPER OX Platinun	7.85	1350		205
TRUE TEMPER Verus HT	7.85	1050		205
TRUE TEMPER verus	7.85	760		205
REYNOLDS 853	7.80	1350		205
REYNOLDS 725	7.80	1180		205
REYNOLDS 631	7.80	850		205
COLUMBUS Niobium	7.85	1050	750	205
COLUMBUS Nivacron	7.85	950		205
Aluminio 6061 –T6				
REYNOLDS 6061	270	325		69
COLUMBUS STARSHIP	2.70	420	380	68.9
Aluminio 7005-T6				
REYNOLDS 7005	2.75	400		72
COLUMBUS Airplane	2.78	420	380	71.7
Aluminios				
REYNOLDS X-105	2.78	700		73
REYNOLDS X-100	2.65	550		72
COLUMBUS XLR8R	2.80	550	510	72
DEDACCIAI Sc 61.10	2.81	570		72
Magnesio				
REYNOLDS AI3-2.5 V	1.79	365		45
Titanio				
REYNOLDS AI6-4V	4.68	900		107
REYNOLDS AI6-4V	4.42	1050		115
Carbono				
Carbon fiber epoxy composite	1.80	230		220

Tabla 11. Características mecánicas según fabricantes

MATERIAL	RELACIÓN PRECIO (€ / Kg)
Aluminio 6061 – T6	2 / 10
Aluminio 7005 – T6	4 / 10
Aluminio-escandio	8 / 10
Acero AISI 1010 / 4130	1 / 10
Magnesio	9 / 10
Titanio	10 / 10
TOTAL	

Tabla 12. Precios de los diferentes materiales

La relación de precios de los diferentes materiales es a modo orientativo. Tanto el titanio, como magnesio y aluminio-escandio disponen de un precio demasiado elevado para fabricar la bicicleta utilizando estos materiales. Como se puede apreciar en la tabla, el aluminio 6061 y 7005 nos permitirían la fabricación de un cuadro conservando buenas prestaciones a un precio razonable.

2.4. Tratamientos térmicos del aluminio

Los tratamientos térmicos tienen como objetivo modificar la microestructura del material y en consecuencia sus propiedades finales. Consisten en realizar ciclos de calentamiento y enfriamiento a los materiales con el fin de:

- Eliminar tensiones internas.
- Aumentar o disminuir la dureza.
- Aumentar la resistencia mecánica.
- Mejorar la ductilidad.
- Facilitar el mecanizado.
- Mejorar la resistencia al desgaste.
- Mejorar la resistencia a la corrosión.
- Mejorar las propiedades eléctricas o magnéticas.

Los factores que tienen influencia en un tratamiento térmico son:

- La temperatura.

Depende de la composición química del material y de la transformación o microestructura deseada.

- El tiempo.

Depende en gran medida de las dimensiones de la pieza y de la microestructura deseada.

- La velocidad de enfriamiento.

Depende del tipo de material y de la transformación de la fase o microestructura deseada. Es el factor más importante que determinará la microestructura final del material.

- Atmosfera.

Con la finalidad de evitar la oxidación o pérdida de algún elemento químico.

Tratamientos térmicos en la fabricación de bicicletas

Las aleaciones de aluminio utilizadas para la fabricación de bicicletas de las series 6000 y 7000 en lo general mejoran sus propiedades al ser tratadas térmicamente. Los tratamientos térmicos de endurecimiento estructural que se la suelen dar a estas aleaciones para cuadros de bicicletas son:

- T4: Tratamiento térmico en solución y envejecimiento natural hasta un estado sustancialmente estable.
- T6: Tratamiento térmico en solución, seguido de la realización de un envejecimiento artificial. Actualmente se realiza prácticamente en la totalidad de la de las bicicletas de montaña, fabricadas con los aluminios 6061-T6, 7005-T6 y modificaciones de la 7075-T6.

El Aluminio en estado puro no tiene gran resistencia, pero se puede incrementar por varios métodos:

- Aleación.
- Disolución sólida.
- Dispersión.
- Trabajo en frío (acritud).
- Tratamientos térmicos (envejecimiento o maduración).

Decimos que una aleación de aluminio es tratable térmicamente cuando es susceptible de realizarle tratamientos de endurecimiento por precipitación. No todas las aleaciones de aluminio son tratables térmicamente.

Aleaciones de aluminio tratables térmicamente

En la siguiente tabla se muestran todas las posibles combinaciones que se le pueden hacer al aluminio para mejorar sus características mecánicas, así como el símbolo que los identifica.

Símbolo	Definición
W	Puesta en solución y temple. No suele utilizarse este tratamiento
T1	Maduración natural de productos moldeados enfriados rápidamente.
T2	Recocido (únicamente para productos moldeados)
T3	Puesta en solución y temple, seguido de una deformación en frío y maduración natural
T4	Puesta en solución, temple y maduración natural
T5	Maduración artificial de productos moldeados enfriados rápidamente
T6	Puesta en solución, temple y maduración artificial
T7	Puesta en solución, temple y recocido de estabilización (sobremaduración)
T8	Puesta en solución, temple, deformación en frío y maduración artificial
T9	Puesta en solución, temple, maduración artificial y deformación en frío
T10	Temple en proceso, deformación en frío y maduración artificial
Si el material, después del temple se somete a una deformación controlada para disminuir las tensiones internas, se añaden las siguientes cifras:	
51	en el caso de deformación aplicada por tracción
52	en el caso de deformación aplicada por compresión
53	en el caso de deformación aplicada por tracción + compresión
Ej.: T651:	Puesta en solución, temple, tracción y revenido (maduración artificial)

Tabla 13. Tratamientos térmicos

2.5. Conclusión sobre la elección del material y tratamiento térmico

2.5.1. Material

Las aleaciones de aluminio 6061 y 7005 son las más apropiadas para la fabricación de los marcos de las bicicletas, aunque finalmente nos decidimos por la aleación de aluminio 7005. Esta aleación tiene mejores características mecánicas pese a que la 6061 tiene un mejor valor de resistencia a rotura. La facilidad de fabricación de marcos con el 6061 provoca que una gran cantidad de marcas se inclinen por esta aleación, así como el menor coste de fabricación de la serie 6061.

Destacar que con la aleación de aluminio y escandio se consiguen mejorar mucho las propiedades, pero es excesivo el coste de fabricación en el mercado actual. También se ha analizado la aleación de aluminio 7075, aunque la dificultad del material en cuanto a ser soldado lo hace inapropiado para la fabricación de marcos de bicicleta.

A continuación se especifican los motivos de la elección de la aleación de aluminio:

- Mejorar la ligereza de la bicicleta, no exclusivamente porqué la aleación tenga una densidad menor, sino debido a que los marcos de los tubos pueden tener un espesor menor ya que el material dispone de mejores propiedades, lo que reduce el peso de la bicicleta.
- Las aleaciones de aluminio poseen sin duda la mejor relación calidad-precio. Es cierto que la fabricación en aleación de aluminio 6061 tiene menores costes, pero resulta más determinante que con la aleación 7005 se consiga mejorar las propiedades mecánicas de la aleación.
- Un peso inferior que los cuadros fabricados en aluminio solo se puede conseguir utilizando carbono, con el inconveniente de ser un material mucho más caro que el aluminio y los problemas en relación al proceso de reciclaje del material, inconveniente que con el aluminio no se tiene. El titanio y el magnesio además de no conseguir rebajar en precio a los cuadros de aluminio, son también más caros.
- Actualmente un 80 – 90 % de los cuadros son fabricados actualmente en aleaciones de aluminio, siendo el resto fabricados con fibra de carbono, titanio, magnesio o acero.

Cabe señalar que el problema de los valores de tensión de rotura que se pueden obtener son tomados del aluminio sólido. Por tanto, cuando se fabrican los marcos de los tubos, las grandes diferencias de rotura vienen dadas de la calidad de las soldaduras, las formas de los perfiles y sus grosores, así como el diseño de los marcos.

Uno de los desafíos de diseñar bicis es el conflicto que existe entre los diseños a gusto del consumidor y los funcionales. Normalmente se piden más productos de carbono, pero las plataformas de bicicleta de exigen un material con mejores propiedades que garanticen una durabilidad adecuada del cuadro.

MATERIALES	VENTAJAS
Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> • Precio de fabricación competitivo • Facilidad en dar forma a los tubos • Baja densidad
Titanio	<ul style="list-style-type: none"> • Alto módulo elástico • Alto valor de tensión de rotura
Magnesio	<ul style="list-style-type: none"> • Amortiguación de vibraciones e impactos • Baja densidad el material
Acero	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo coste

Tabla 14. Ventajas de los materiales

En algunos casos se usan varios materiales en un mismo cuadro, un material puede trabajar mejor en ciertas partes del cuadro que otro. Pero es difícil el control de calidad si se usan diferentes materiales. Se suele combinar el aluminio en el triángulo delantero del cuadro, con carbono en el triángulo trasero, con esto se consigue una mayor amortiguación de los golpes en la rueda trasera. Un buen diseño y proceso de fabricación del cuadro es más importante que pequeñas diferencias en alguna característica mecánica. Es realmente importante el proceso con el que se fabrica y se trabaja los tubos.

Hemos visto que el aluminio ofrece la posibilidad de diseñar cuadros de menor peso. El titanio, el magnesio y el la fibra de carbono ofrecen mejores propiedades que el aluminio en cuanto a absorción de vibraciones. En lo referente a la corrosión, con el baño protector adecuado el aluminio presentará una óptima resistencia al medio exterior.

En definitiva, podemos observar como el aluminio presenta las mejores condiciones para la fabricación de nuestro cuadro, es por ello que decidimos utilizar este material para el mismo.

2.5.2. Tratamiento térmicos

El tratamiento que aplicaremos finalmente es el T6, consistente en poner el material en solución, temple y maduración artificial. Actualmente se realiza prácticamente en la totalidad de la de las bicicletas de montaña, fabricadas con los aluminios 6061-T6, 7005-T6 y modificaciones de la 7075-T6.

2.5.3. Acabado

Una vez fabricado el cuadro, soldado y realizado el alineamiento de los tubos, optaremos por aplicarle una capa de acabado, mejorando todavía más la resistencia y protección del cuadro. Realizaremos un tratamiento de anodizado. Lo que diferencia un anodizado de un pintado, es que en el anodizado la capa de acabado no se aplica sobre el metal, sino que se genera a partir de él por medio de distintos baños y aplicación de electricidad. Así se crea sobre la superficie una capa de óxidos de aluminio, perfectamente adheridos, que lo protegen. Esta capa es originalmente incolora, aunque se puede colorear posteriormente, obteniendo así los acabados que conocemos.

3. FUNCIÓN Y ELECCIÓN DE LOS COMPONENTES

3.1. Introducción

En primer lugar necesitamos conocer las características de los diferentes componentes que podemos hallar en el mercado y a partir de los cuales vamos a poder llevar a cabo el montaje de la bicicleta.



Ilustración 2. Partes de una bicicleta

1. Cuadro	7. Asiento	13. Radios	19. Cambio trasero
2. Tijera	8. Tubo de asiento	14. Rin	20. Palanca de cambios
3. Amortiguador	9. Estrella central	15. Llantas	21. Frenos
4. Manubrio	10. Biela	16. Piñón	22. Palanca de freno
5. Poste	11. Pedales	17. Cadena	
6. Telescopio	12. Masa	18. Cambio frontal	

3.2. Elementos mecánicos

3.2.1. Dirección: manillar y horquilla

La dirección está formada por el manillar y la horquilla. Es el elemento que nos permite la conducción de la bicicleta, según la posición de conducción del ciclista la dirección también es la encargada de soportar parte del peso del mismo. Permite el emplazamiento para el montaje de las palancas de freno y de cambio. El diseño variará dependiendo de la utilización que se le quiera dar a la bicicleta. La horquilla se compone por el tubo de dirección que sujeta el buje de la rueda delantera y la cual puede ser fija o montar en sistema de suspensión.

3.2.2. Frenos

Formados por el mecanismo del freno y las correspondientes manetas o palancas de freno. Hay que contar también con los cables de freno, que unen las manetas izquierda y derecha al mecanismo de los frenos delantero y trasero respectivamente. Los sistemas de frenado utilizados se pueden clasificar en:

- Frenos de llanta: actúan a través de la presión ejercida sobre ambos lados de la llanta.
- De buje o eje: los frenos de buje por su parte actúan a través de la presión ejercida sobre el buje de la rueda.



Ilustración 3. Freno de disco y de llanta

- Freno de disco: en el mercado podemos encontrar los sistemas mecánico e hidráulico para ejercer la presión necesaria sobre las pastillas de freno que accionan el disco. Los elementos necesarios para el montaje de un freno de disco son la pinza, un disco de freno, un cable de acero (en el caso del sistema mecánico), líquido de freno (en el sistema hidráulico) y las pastillas de frenado.

Ventajas

- Mayor potencia de frenado.
- Mayor durabilidad de las pastillas de frenado.
- Menor mantenimiento.
- Mayor eficacia en condiciones de humedad, barro o hielo.
- Los recambios son más duraderos.
- La llanta puede estar descentrada sin que afecte a la frenada.
- Al ser más compacto puede ser más aerodinámico. El disco tiene poca superficie frontal y la pinza puede ir resguardada tras un tirante o la pata de la horquilla.

Inconvenientes

- Mayor coste tanto del conjunto como el de los recambios.
- Mayor dificultad de reparación en caso de fallo de algún componente.
- Mayor esfuerzo a soportar por los radios de las ruedas.
- Mayor peso respecto a un freno convencional.

3.2.3. Pedales

Los pedales de la bicicleta son los componentes de apoyo que tiene el ciclista, los cuales giran sobre un eje anclado a cada una de las bielas, y están alternados 180 grados entre ellos.

Entre los modelos de pedales que podemos encontrar, van desde los más básicos formados tan solo por una plataforma, pasando por los llamados calapiés compuestos por una pieza rígida de sujeción, hasta los más modernos que podemos encontrar actualmente donde unas zapatillas específicas para el ciclismo se enganchan con los llamados pedales automáticos. Las ventajas que proporcionan son:

- Impedir que el pie se suelte al levantarlo.
- Mejor aprovechamiento de la fuerza de pedaleo.
- Eliminar el riesgo de caída por perder el contacto con el pedal.
- Mejor rendimiento en descensos pedregosos.

3.2.4. Ruedas y llantas

Las ruedas de las bicicletas se componen de un neumático (cubierta), una llanta (sobre el que se monta el neumático), un buje central y los radios. Las llantas pueden montar un total de 28, 32 y 36 radios, aunque en bicicletas BMX se pueden encontrar con 40 o más. Los materiales utilizados son el aluminio, acero y carbono, siendo el acero un material con el que se ha dejado de trabajar dejando paso al aluminio por su ligereza y resistencia. Los radios son los encargados de amortiguar las irregularidades del terreno y soportar las fuerzas y tensiones del peso del ciclista, frenadas, etc. Según el número de radios, el grosor y los cruces de los mismos, la rueda tendrá unas características u otras.



Ilustración 4. Llantas

3.2.5. Asiento

Los sillines pueden clasificarse para tres grandes usos: bicicleta de montaña, carretera y urbana. Los hay de muy diversos tipos, calidades y formas siendo un elemento que necesariamente se ha de adaptar a la anatomía del ciclista, ya que colocar el cuerpo en una posición fija que permita mover las piernas correctamente es esencial.



Ilustración 5. Asientos

3.2.6. Transmisión y cambio de marchas

3.2.6.1. Tipo de transmisión

De la fuerza aplicada a los pedales al movimiento de la rueda trasera tractora se han empleado diversos mecanismos de transmisión, incluso en los últimos años se ha conseguido transmitir la tracción a las dos ruedas. Los sistemas de transmisión más utilizados son los siguientes:

- Transmisión por eje Cardan.
- Transmisión por correa.
- Transmisión por cadena.



Ilustración 6. Transmisión eje Cardán, correa y cadena

Transmisión por eje Cardán

La transmisión por cardán es casi tan antigua como la bicicleta misma. La transmisión se produce a través de engranajes cónicos y un eje de transmisión. Estos engranajes cónicos están colocados en un ángulo de 90 grados con respecto los unos de los otros.

Hay dos tipos de transmisión de tipo cardan:

- Cardan con piñón libre: Es decir si pedaleo a contra pedal el piñón corre sin frenar la rueda.
- Cardan con piñón fijo: frena la rueda como los piñones fijos en las bicicletas que tienen el freno de pedal.

Este sistema lleva la transmisión directa de los pedales a la rueda tractora trasera, y en lugar de hacerlo sobre la tradicional rueda dentada del piñón, lo hace sobre un mecanismo de empalme tipo cardán. Precisamente, la idea de la transmisión por cardán fue anterior al invento de la cadena y fueron populares en algunas de las primeras bicicletas. Sin embargo, su mecanismo era demasiado pesado y exigía que el cuadro fuera mayor, por lo que fueron reemplazadas por las bicicletas con cadena que eran más ligeras. Durante mucho tiempo no fue posible combinar el cardán con la aceleración, con lo que el sistema perdió su popularidad. En la actualidad, esta combinación vuelve a ser posible gracias a las técnicas de producción modernas.

Las nuevas aleaciones de materiales han permitido rescatar este tipo de transmisión.. Para poder disponer de un buen desarrollo con varias marchas, se equipan con un cambio interno en la rueda trasera. Algunas características del sistema son:

- Alta resistencia.
- Durabilidad prácticamente ilimitada.
- Mínimo mantenimiento.
- Ventajas estéticas como lo es la limpieza, ya que no precisa del engrase externo de la cadena.
- Sistema silencioso.

La eficiencia en el pedaleo es del 99 % mientras que en la cadena oscila entre el 75 % y el 98 % cuando está perfectamente ajustada. En contra partida sólo puede montarse con cambios internos por lo que tiene una limitación en desarrollo. En el mejor de los casos, y pensando en precios convencionales, se monta con cambios de internos de 3 a 8 velocidades. Estas bicicletas con cardán constituyen una elegante opción para la bicicleta urbana.

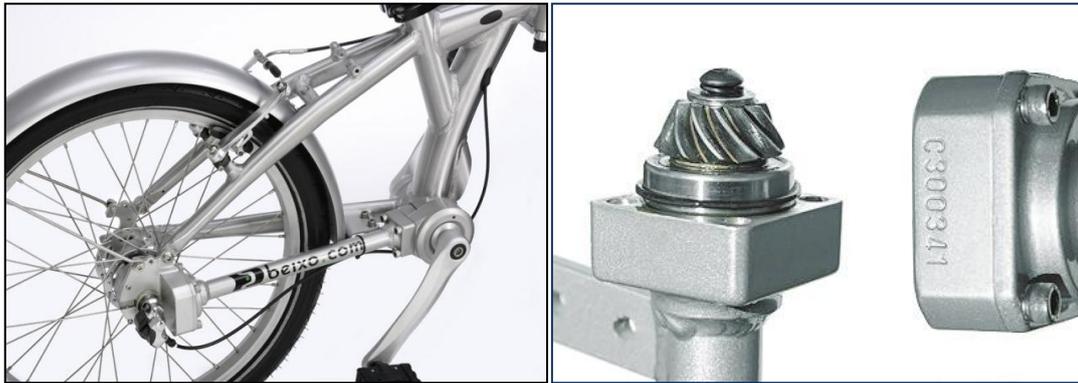


Ilustración 7. Cardan Beixo

El funcionamiento de este sistema es sencillo, está compuesto de cuatro engranajes cónicos y una barra que une dos de ellos entre sí. Lleva la transmisión directa de los pedales a la rueda trasera en lugar de hacerlo sobre la tradicional rueda dentada del piñón, sino sobre un mecanismo de empalme tipo cardan.

Su funcionamiento es el siguiente:

1. El movimiento del eje de pedalier por parte del usuario hace que mueva el primer engranaje que es solidario a este.
2. Este primer engranaje transmite el movimiento al segundo engranaje cónico al estar ambos en contacto.
3. El segundo engranaje y tercero se mueven a la vez ya que están unidos por una barra que sirve para prolongar el movimiento ya en la zona cercana a la rueda.
4. Por último el tercer engranaje transmite el movimiento al cuarto que está unido al buje de la rueda trasera.

Y con esto se consigue que mediante engranajes y una barra, el movimiento de los pedales por parte del usuario se traslade a la rueda trasera y con ello crear el movimiento de la bicicleta.

Uno de los pequeños problemas del sistema es su peso de alrededor de 2kg. Sin embargo, es fuerte y duradero y no exige mucho mantenimiento apenas bastan unas gotas de lubricante cada medio año para que no se oxide.

La transmisión por correa

Este tipo de transmisión trabaja de acuerdo con el principio de poleas dentadas al igual que la cadena pero sustituye a esta por una correa.

El silencio y pulcritud del sistema, pero también su duración constituyen puntos fuertes insuperables. En este sistema tampoco la potencia es un aspecto limitante, por lo que todo son ventajas. La transmisión por correa trabaja esencialmente con cambios internos. Está fabricada en fibra de Kevlar lo que le confiere unas altas prestaciones en durabilidad y tensión. La alineación de los elementos, en este caso es importante.

La transmisión por cadena

Se trata del mecanismo más usado como sistema de transmisión en los últimos años en las bicicletas. Una cadena de transmisión es aquella que se utiliza para transmitir el movimiento de un mecanismo a otro o de un pedal a las ruedas en nuestro caso. Este tipo de transmisión trabaja con el principio de poleas las cuales transmiten los esfuerzos del plato al piñón a través de la cadena. La cadena normalmente está fabricada de acero aunque también se puede encontrar en algunas aleaciones de aluminio.

	TRANSMISIÓN POR CARDÁN	CADENA TRADICIONAL
Mantenimiento	Bajo: engrase interno	Relativamente alto: limpiar, engrasar, tensar la cadena y regular el cambio de marchas
Seguridad	Las marchas no saltan, ni hay partes externas que se muevan	La cadena puede salirse o romperse. Las coronas dentadas, o platos, y la cadena a menudo no están protegidas
Higiene	No hay aceite, grasa o suciedad	Aceite, grasa y suciedad
Pérdida de energía	Máximo de 3%, usted no se siente la diferencia	Máximo de 2 % bajo las circunstancias más adecuadas. Por lo general, la pérdida de energía es considerablemente más elevada porque la cadena no está suficientemente engrasada, está sucia o mal regulada o roza con el cubrecadena
Práctico	Para cambiar el neumático de la rueda posterior se tienen que destornillar algunas tuercas	No es fácil sacar la rueda sin ensuciarse. Además hay que desmontar el cubrecadena, los engranajes y la cadena misma
Sonido	Impulsión silenciosa	Impulsión ruidosa

Tabla 15. Comparativa sistemas de transmisión

3.2.6.2. Cambio de marchas

Hoy en día existen diferentes modelos de cambio de marchas para montar en bicicletas. Estos se pueden clasificar en:

- Cambio de marchas interno.
- Cambio de marchas externo.
- Cambio de marchas mixto

Cambio de marchas interno

Sin duda es el mejor sistema de cambio de marchas. Se han convertido en la actualidad en un estándar para la bicicleta urbana, debido a aspectos como su bajo mantenimiento y alta fiabilidad, pese a que tienen un precio mayor de coste.



Ilustración 8. Cambio interno NEXUS



Ilustración 9. Cambio interno SRAM

El funcionamiento es análogo al cambio de marchas externo para bicicletas, pero usando engranajes como en una caja de cambios de moto o coche. El cambio interno se encuentra dentro del buje de la rueda trasera. Los cambios internos funcionan por engranajes planetarios, lo que significa que la parte exterior de la unidad del buje haga que cambie de velocidad con respecto al piñón de la rueda trasera, dependiendo de la marcha que se seleccione. Este tipo de cambio suelen tener pocas marchas, de 3 a 8.

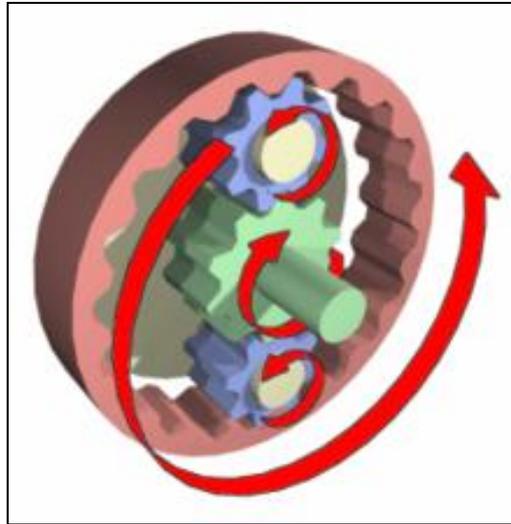


Ilustración 10. Diagrama cambio interno de buje

En este mecanismo de engranaje epicicloidal simple, el eje interior (verde) transmite el movimiento de entrada de los dos "engranajes planetarios" (azul), los cuales giran libremente sobre la corona fija (amarillo), la cual gira libremente sobre el anillo exterior (en rojo). Los cambios internos de buje se dividen básicamente en tres tipos:

1. Los «bujes con cambios y freno tipo contra pedal» (en donde el sistema de cambios, así como el de freno de pedal, están integrados en el buje).
2. Los «bujes con freno de tambor» (en donde el sistema de cambios, así como el de freno manual, están integrados en el buje).
3. Los «bujes sin freno y piñones libres» (en donde solamente el sistema de cambios está integrado en el buje).

Todos ellos tienen las características, aplicaciones físicas y técnicas básicas muy similares. A continuación se especificarán una serie de ventajas e inconvenientes de este tipo de cambio de marchas.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Permite cambiar de marchas sin pedalear. (importante en el montaje de bicis urbanas)	Desplaza el centro de gravedad hacia la rueda trasera.
Menor mantenimiento. (No está expuesto al clima)	Mayor peso.
Menor cantidad de averías.	Mayor complejidad.
Durabilidad de la cadena de la bici. (No es arrastrada lateralmente como ocurre en los cambios externos)	Prácticamente imposible realizar reparaciones por el propio ciclista.
Mayor limpieza. (Posibilidad de recubrir la cadena)	Mayor coste de compra.
Cambio protegido de los golpes.	Disponen normalmente de menos velocidades.
	Dificultad en el cambio de la rueda trasera.
	Requiere de un cuadro adaptado.

Tabla 16. Ventajas e inconvenientes cambios internos

Cambio de marchas externo

Es el tipo de cambio más común. Los cambios externos permiten combinar con diferentes medidas de platos en las bielas lo cual permite adaptar nuestra cadencia a una gran variedad de desniveles. Existen varios modelos de cambios externos, entre los cuales los más utilizados son los de 21 y 27 velocidades.

A continuación se especificarán una serie de ventajas e inconvenientes de este tipo de cambio de marchas.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Tipo de cambio más utilizado en bicicletas con las ventajas que eso conlleva.	Se necesita movimiento en la bici para realizar el cambio de marchas.
Mayor facilidad en reparaciones	Precisa de más mantenimiento
Tienen más cantidad de velocidades que los cambios internos, cosa que facilita el pedaleo.	Menos estético

Tabla 17. Ventajas e inconvenientes cambios externos

Palanca de cambio

Es un componente utilizado para seleccionar la relación de marchas deseada a través del control de mecanismos de engranajes. Por lo general, funcionan por un sistema tipo desviador o de cambio interno. En cualquiera de los casos, el control es operado por un dispositivo “palanca” que mueve un cable conectado al mecanismo de engranajes. La palanca de cambios puede estar montada en el tubo oblicuo del cuadro en el manillar o en los extremos.

3.3. Elementos eléctricos

3.3.1. Batería

Tipos de baterías

La batería es uno de los componentes fundamentales de una bicicleta eléctrica, pues suministra la energía necesaria para que el motor desarrolle toda su potencia. Hoy en día se está imponiendo el uso de baterías de litio en sus tres variantes principales: ion litio, litio polímero y litio fosfato de hierro, en detrimento de las baterías de níquel metal hidruro y plomo. Entre las múltiples ventajas destacan la menor densidad de energía por cm³ (ahorro de peso), la ausencia de “efecto memoria” y mayor cantidad de ciclos de recarga. En la tabla siguiente se puede observar la comparación entre diferentes baterías según el material que utilicen para conseguir el almacenamiento de “electricidad”.

	Voltaje (por celda)	Densidad (Wh/Kg)	Potencia (W/Kg)	Eficiencia (%)	Descarga (%/mes)	Ciclos de recarga	Vida útil (años)
Plomo-Ácido	2.1	30-40	180	70-92	3-4	500-800	5
NIMH	1.2	30-80	250-1000	66	30	500-1000	
Li ION	3.6	150-250	1800	80-90	5-10	1200	2-3
Li Po	3.7	130-200	3000			500-1000	2-3

Tabla 18. Características baterías

Vamos a analizar un poco todas estas tecnologías de almacenamiento de electricidad.

- Baterías de Plomo con ácido.

Se lleva a cabo una doble conversión de energía, llevada a cabo mediante el uso de un proceso electroquímico. La primera conversión, energía eléctrica en energía química, toma lugar durante el proceso de carga. La segunda, energía química en eléctrica, ocurre cuando la batería está descargada. Para que estas conversiones puedan llevarse a cabo se necesitan dos electrodos metálicos inmersos en un medio que los vincule, llamado electrolito. Los dos electrodos que permiten el proceso de conversión de la energía, están hechos de plomo, y el electrolito es una solución de agua destilada y ácido sulfúrico. Cada celda tiene 2v de tensión.

Son las baterías de los vehículos por excelencia y las más económicas del mercado, el precio ronda entre los 100 y 150 euros. Son las más pesadas y duran dos años de término medio.

- Baterías de níquel e hidruro metálico.

Este tipo de baterías han desbancado a las de níquel cadmio, debido al llamado efecto memoria que tienen estas últimas y al propio material de cadmio ya que es muy contaminante. El efecto memoria de las baterías de níquel e hidruro metálico es mínimo, pero tienen el problema del sobrecalentamiento de la propia batería si se utiliza durante un largo periodo de tiempo y durante el proceso de carga, una menor tolerancia a sobrecargas y descargas incompletas, y finalmente la dificultad de fabricación. Las celdas de estas baterías pueden dar 1,2v de tensión. El ánodo de la batería está compuesto por hidróxido de níquel y el cátodo por hidruro metálico.

Son más ligeras y caras en comparación con las de plomo, tienen un coste alrededor de los 200 y 300 euros. La duración es de algo menos de dos años.

- Baterías de litio-ión.

Hoy por hoy, son muy utilizadas en la electrónica de consumo, en las bicicletas eléctricas y en herramientas portátiles. Las baterías de Ion de Litio son más pequeñas y pesan bastante menos que cualquier otro tipo de batería, con igual carga eléctrica. No tienen efecto memoria. La descarga es lineal, lo que hace más fácil conocer el voltaje real de la batería y no necesita circuitos reguladores. Tienen una larga vida en los vehículos. Como inconvenientes diremos que todavía son demasiado caras con respecto a las demás tecnologías en baterías, aunque su precio cada vez se reduce más debido al gran uso que se está llevando a cabo. Las baterías de Ion de Litio, en condiciones de trabajo a temperaturas extremadamente bajas, tienen un menor rendimiento que las baterías de níquel cadmio (Ni-Cad) y las baterías de níquel e metal hidruro (Ni-MH). Además, las baterías de Ion de Litio tienen un problema de explosión. Debido al uso con temperaturas altas y sumándole el sobrecalentamiento, necesitan circuitos electrónicos para controlar la batería en todo momento. Esta es una desventaja, pero no debe preocuparnos porque gracias a los circuitos de seguridad el posible riesgo de explosión queda totalmente anulado. Además, es una nueva tecnología que se continúa investigando y estas desventajas ya han sido superadas como veremos a continuación con las nuevas baterías de Litio.



Ilustración 11. Modelos de baterías

- Baterías de litio-polímero.

La batería de Litio de Polímero (Li Po) no tiene el problema de riesgo de explosión, dispone de una mejor tasa de autodescarga y tiene una mayor vida útil.

Respecto al voltaje de las baterías para bicicletas eléctricas, tenemos que decir que se utilizan 2 tipos de voltaje: de 24v y de 36v. Las baterías con el voltaje de 24v son más propias de las bicicletas eléctricas plegables y para terrenos llanos; mientras que las baterías de 36v se montan en las bicicletas más sofisticadas y para terrenos con elevaciones.

Autonomía

Esta es una característica de las baterías, condicionada por factores como pueden ser la eficiencia de las ruedas, diámetro de estas, terreno, peso del ciclista, funcionamiento del sistema en general, etc. En líneas generales, las baterías son como los depósitos de gasolina de las motos, cuanto más grandes son y más "electricidad" pueden contener, más autonomía tendrán. Para determinar el tamaño de una batería, multiplicamos el nº de voltios a los que trabaja por los amperios. Como ejemplo, una batería de 24V y 8Ah tiene un tamaño de 192 Wh (vatios / hora); mientras que una batería de 36V y 10Ah obtendríamos un tamaño de 360Wh. Con este dato conocemos la cantidad de "electricidad" que puede almacenar nuestra batería. Para el cálculo de la autonomía también hay que considerar el gasto de electricidad de la bicicleta. La normativa actual de las bicicleta eléctricas especifica que la potencia máxima del motor que puede montar es de unos 250w, el cual que puede llegar a desarrollar una velocidad máxima de 25 km/h, es decir, gastará 250W en una hora, con el cual se podrían realizar alrededor de unos 25km.

La formula general a utilizar es la siguiente:

$$\text{Autonomía [KM]} = \text{Voltios} \times \text{Amperios} \times \text{Velocidad Máx.} / \text{Potencia Motor}$$

Ejemplos:

Batería	Pot. Motor	Vel. Máxima	Autonomía
36 V – 10 Ah	250 W	25km/h	$36 \times 10 \times 25 / 250 = 36 \text{ Km}$
24 V – 8 Ah	250 W	25km/h	$24 \times 8 \times 25 / 250 = 19 \text{ Km}$

Tabla 19. Voltajes baterías

Existen bicicletas eléctricas capaces de sobrepasar los 140 Km, aunque la autonomía típica es de unos 35-60 Km. Esta autonomía ha sido basada en la conducción de un ciclista de 70kg en un circuito plano y sin vientos fuertes.

Factores que influyen en la autonomía:

- Si el recorrido no es continuo, y se efectúan paradas y arranques la autonomía disminuye sensiblemente.
- El peso del conductor no influye mucho sobre el rendimiento de la batería en llano, pero si cuando hay subidas. Ya que aproximadamente un incremento de peso de 80kg hace que aumente el consumo de la bicicleta un 5%. Como ese peso no se excede en exceso tendremos en cuenta que para cualquier ciclista el incremento de consumo debido a su peso rondara de un 2% a un 6% aproximadamente.
- La autonomía depende también de la edad de la batería. La edad de la batería actúa sobre el nivel de energía que pueda acumular: Cuanto más "vieja" es la batería menos energía podrá almacenar y menos autonomía tendrá. Todas las baterías se degradan con el tiempo, y las de Litio no son una excepción. A grandes rasgos (y si la batería es de calidad), a partir de cierto tiempo, se empieza a notar una reducción de autonomía que varía dependiendo de la calidad de las celdas instaladas. El proceso químico de desgaste empieza desde el momento de su fabricación y aumenta con el uso de la misma.

En definitiva cuando compramos una bicicleta, tenemos que saber que distancias vamos a recorrer aproximadamente ya que no tiene sentido comprar una bicicleta con una batería de 10A más cara y pesada, si no vamos a recorrer más de 20 kilómetros al día.

3.3.2. Motor

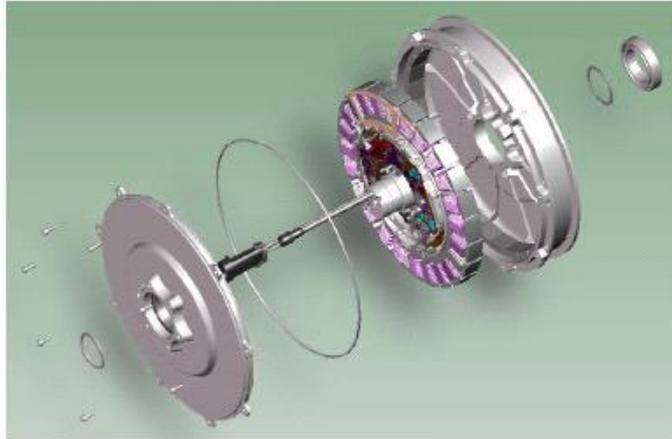


Ilustración 12. Motor eléctrico

Potencia del motor

Aunque puede parecer el dato más importante (como en una moto o coche), en el caso de los motores de bicicleta esta viene dada por el controlador. Casi todos los motores que se comercializan tienen una potencia "nominal" de unos 250 watt., y una máxima continuada de entre 300 y 350 watt. Si el controlador lo permite, pueden dar picos de incluso el doble de la potencia nominal durante una arrancada, subida, etc. La ley indica que la potencia nominal no supere los 250 watt. Por motivos comerciales, los fabricantes siempre hablan de la potencia permitida, pero los "picos" suelen ser mayores.

Motores "Brush"(con escobillas) o "Brushless" (sin escobillas)

La palabra brushless se puede traducir como "sin escobillas", las escobillas son los elementos que hacen contacto en el colector de un motor común. En los motores de DC más pequeños, son de una aleación de cobre y en motores más grandes son de un compuesto a base de carbón. Su funcionamiento es simple, en vez de funcionar en DC funcionan en AC, la mayoría se alimentan con una señal trifásica, esta señal idealmente debería ser sinusoidal, pero en la práctica son pulsos, haciendo que la señal sea un continua pulsante o bien una continua con mucho componente de AC sin embargo se los clasifica como de DC porque al igual que los motores comunes tienen imanes permanentes.

Ventajas / Desventajas (de los motores Brushless)

- Mayor eficiencia (menos pérdida por calor).
- Mayor rendimiento (mayor duración de las baterías para la misma potencia).
- Menor peso para la misma potencia.
- Conmutación electrónica.
- Requieren menos mantenimiento (al no tener escobillas).
- Relación velocidad/par motor es casi una constante.
- Mayor potencia para el mismo tamaño.
- Mejor disipación de calor.
- Rango de velocidad elevado al no tener limitación mecánica.



Ubicación del motor

- **Motor instalado en el eje pedalier.**

Son sistemas como el Panasonic o Yamaha PAS de excelente calidad, con bastantes años en el mercado y probada fiabilidad.

Sistema de Panasonic

Sistema de tracción de Panasonic está diseñado para estar en el centro de la bicicleta. El coste de diseñar un cuadro específico se ve recompensado por las claras ventajas que ofrece. Un centro de gravedad bajo favorece la estabilidad del conjunto así como una fácil integración del motor en el sistema de transmisión “normal” de bicicleta. En el diagrama a continuación se aprecia cómo la unidad del motor es una parte del sistema normal del conjunto de transmisión y no un sistema separado.

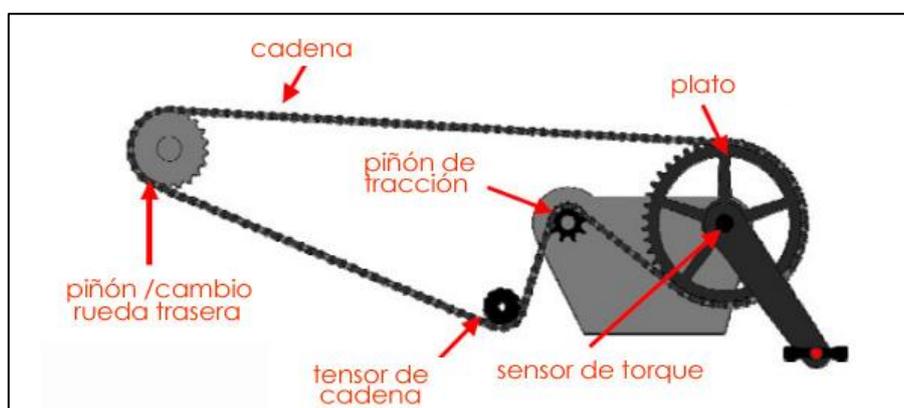


Ilustración 13. Sistema Panasonic

Un motor integrado directamente a la rueda tendría que ser más potente, más pesado y carecería de la flexibilidad que ofrece la selección de marchas. Esta característica, unida al preciso sensor de torsión, hace que la conducción en un Pedelec Panasonic sea mucho más natural y progresiva, con la sensación de controlar en todo momento la potencia y de aprovechar al máximo todas las prestaciones de tu bicicleta eléctrica.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Ligereza	Dificultad en la reparación
Precisión	Pérdida de pot. por fricción de los componentes
Eficiencia	
Bajo mantenimiento	
Fiabilidad	

Tabla 20. Ventajas / desventajas sistema Panasonic



Ilustración 14. Motor en pedalier

- **Motor instalado en el buje de la rueda.**

También llamado motor tipo "hub". Es la forma más frecuente de encontrar el motor. Facilita mucho el montaje, reparación y los costes de fabricación. Además, cuando está montado en la rueda delantera ofrece doble tracción y mejor reparto de pesos delanteros / traseros. Es importante que el peso de los mismos no sea muy alto. Estos motores permiten que la parte "ciclo" sea lo más estándar posible.



Ilustración 15. Motor en buje

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Económico	Poca flexibilidad
Rapidez	Necesidad de mayor potencia
	Mayor peso

Tabla 21. Ventajas / desventajas motor en buje

Para realizar la elección del motor que más nos convenga, nos planteamos una serie de preguntas, las respuestas de las cuales nos ayudarán a decidir por el motor más adecuado para la bicicleta eléctrica a diseñar. Las preguntas que nos planteamos son las siguientes:

- ¿Es el motor en el eje pedalier más rápido y potente?

No. Por el momento los motores más rápidos y potentes son aquellos instalados en la rueda.

- ¿Permite el motor en el eje pedalier hacer más kilómetros que un motor situado en el eje pedalier?

Tampoco. Este tipo de motor solo se produce en 24, por lo tanto las baterías que suelen ser de 24V y 8 o 10 Ah tienen una capacidad de carga de solo 240 W/h (Max.), mucho inferiores a los 360 W/h de una batería de 36V y 10 Ah .

- Si el motor va situado finalmente en el buje de la rueda, ¿es mejor montarlo en la rueda delantera o en la trasera?

No existe una modalidad mejor que otra. Cada modalidad tiene sus ventajas y sus desventajas por lo tanto solo se trata de acostumbrarse a una conducción u otra.

El motor trasero puede tener mejores prestaciones en subida porque empuja desde atrás. La dirección, más ligera, es compatible con una postura de conducción deportiva; además siendo más liviana y más adecuadas para recorridos con baches.

El motor delantero distribuye mejor el peso de los componentes de la bici: motor delante y batería detrás; por lo tanto es más compatible con una postura de conducción urbana. Facilita la reparación de pinchazos de rueda-motor y permite una doble tracción; delantera con el motor y trasera con los pedales.

3.3.3. Sensor de pedaleo PAS

Es el sistema más habitual. Un sensor en los pedales detecta que se pedalea y activa el controlador. La asistencia suele ser progresiva, ya que el sistema detecta cuánta fuerza se ejerce. Algunos sistemas cuentan con un display o pantalla LCD en el que se puede regular la asistencia en varios niveles (entre tres y cinco son los más habituales). Este sistema es muy simple, libre de problemas, y facilita un mayor control sobre la asistencia.

3.3.4. Controlador

El controlador es el elemento encargado de enviar la potencia al motor. Existen modelos de controladores diferentes, tanto para motores con escobillas como sin ellas. En cualquier caso, los controladores envían al motor impulsos eléctricos. Del controlador, por norma general salen tres cables, uno a la batería, otro al sensor de pedaleo y otro al acelerador. Los modelos más avanzados son capaces de evitar que las ruedas derrapen. También hay modelos que incorporan el sistema de frenado regenerativo, que aprovecha la inercia al frenar o en terrenos con bajadas para cargar las baterías. Este sistema debido a su complejidad no suele utilizarse. El sensor de pedaleo PAS trabaja normalmente a 5V, el cual trabaja con unos sensores tipo "hall" que detecta un campo magnético. Al pasar un imán cerca del sensor, este da una señal de salida de entre 0 y 4 voltios por el cable de señal, que el controlador interpreta para dar la potencia al motor. Lo normal es que si la bicicleta está dotada de acelerador, también tenga unas manetas de freno que proporcionen corte del circuito, para evitar que se acelere y se frene a la vez.



Ilustración 16. Sistema del controlador

3.4. Conclusión sobre la elección de los componentes

3.4.1. Dirección

3.4.1.1. Manillar

Los manillares que se podrán montar en la bicicleta serán manillares con unas medidas estándar. A modo orientativo y para profundizar en el aprendizaje del programa de dibujo por ordenador, hemos diseñado un manillar y colocado sobre la misma bicicleta.

- Longitud: 580mm.
- Diámetro exterior: 30mm.
- Diámetro interno: 35mm.
- Material: Aluminio 7005-T6.

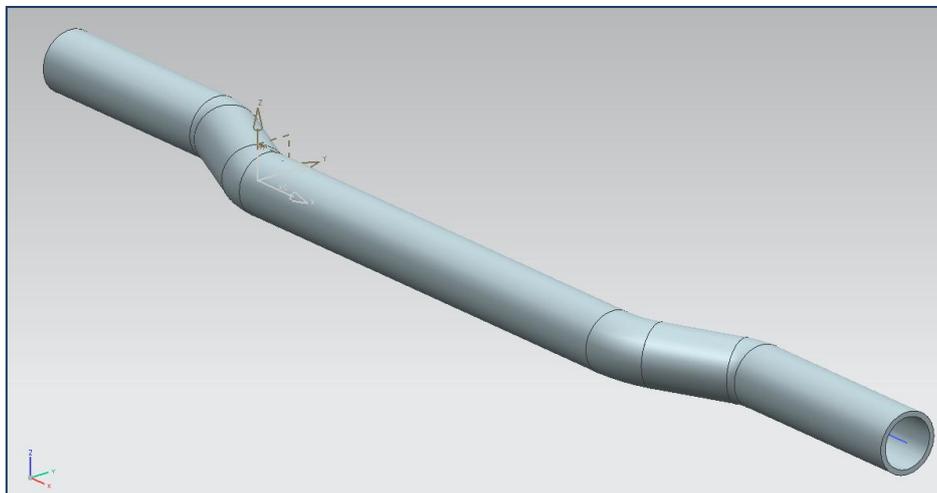


Ilustración 17. Manillar

3.4.1.2. Horquilla

Las horquillas que se podrán montar deberán tener medidas estándar. Al igual que con el elemento anterior, hemos diseñado una horquilla a modo orientativo para profundizar en el aprendizaje. La distancia entre las paredes internas será de 110 mm, ya que es una distancia que permite el montaje de la llanta delantera con el motor colocado en el buje de la misma.

Modelo de horquilla de diseño propio

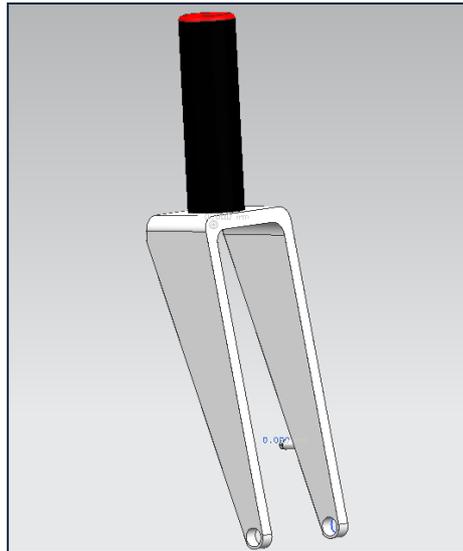


Ilustración 18. Horquilla

En función de las tallas de los clientes se han diseñado 3 tubos de horquilla de diferentes longitudes, para que de ese modo la bicicleta se pueda adaptar a todas las medidas posibles a las que se ha diseñado. Los tubos de horquilla se podrán cambiar de una forma sencilla en función del tamaño del usuario. Las tres medidas distintas del tubo de la horquilla diseñadas para nuestra bicicleta tienen las siguientes dimensiones:

- Tubo corto: diámetro externo 60mm, diámetro int.55mm y una longitud de 202.5mm.
- Tubo mediano: diámetro externo 60mm, diámetro int.55mm y una longitud de 302.5mm.
- Tubo largo: diámetro externo 60mm, diámetro int.55mm y una longitud de 402.5mm

El tubo se extrae para cambiarlo por otro de diferente tamaño extrayendo los dos tornillos M10, que se encuentran en la horquilla, en la zona donde iría ubicado el guardabarros de una bicicleta convencional y extrayendo los dos tornillos M3 de Allen que sujetan la potencia al tubo de la horquilla. El mismo proceso se realizará pero a la inversa para montar el tubo. Al cambiar el tubo de la horquilla se aprovechará para colocar los aros posicionadores de altura para que el cliente tenga las medidas del manillar y del cuadro a su gusto.

3.4.2. Frenos

Manetas de freno

Se ha valorado la posibilidad de instalar manetas de freno con corte de señal como elemento de seguridad. Estas se encargarían de cortar la señal del motor tan pronto se presionasen los frenos. Aún así, se ha descartado ya que tan solo es especialmente recomendable en bicicletas eléctricas que disponen de acelerador manual, cortando de esta manera el circuito eléctrico e impidiendo la transmisión de potencia del motor. En nuestro caso la bicicleta no dispondrá de acelerador manual, con lo cual podemos descartar este tipo de dispositivo.

BL-M591 palanca de freno-v (Shimano)

- Retorno de palanca silencioso
- Construcción de pivote de precisión para un tacto de palanca
- Suave y continuo
- Para uso con modulador de potencia de frenado



Ilustración 19. Maneta de freno

Freno de disco delantero Avid Elixir 5 180

Especificaciones:

- Disco de 180 mm.



Ilustración 20. Disco de freno delantero

El soporte del disco de freno delantero se deberá tener en cuenta en el momento de diseñar la bicicleta. Se realizarán los mecanizados correspondientes en la ubicación de la rueda delantera para garantizar una correcta sujeción. Las manetas de accionamiento de los frenos se instalarán gracias al kit de montaje juntamente con el cableado necesario.

Freno Nexus trasero

El propio cambio de marchas interno Nexus incorpora el sistema de frenado interior por rodillos.



3.4.3. Pedales

En el diseño de los pedales se han incorporado unos elementos reflectantes en materia de seguridad. Así pues, se insertan en las caras delanteras y traseras unos intermitentes de color naranja. En los laterales se insertarán unos catadióptricos.

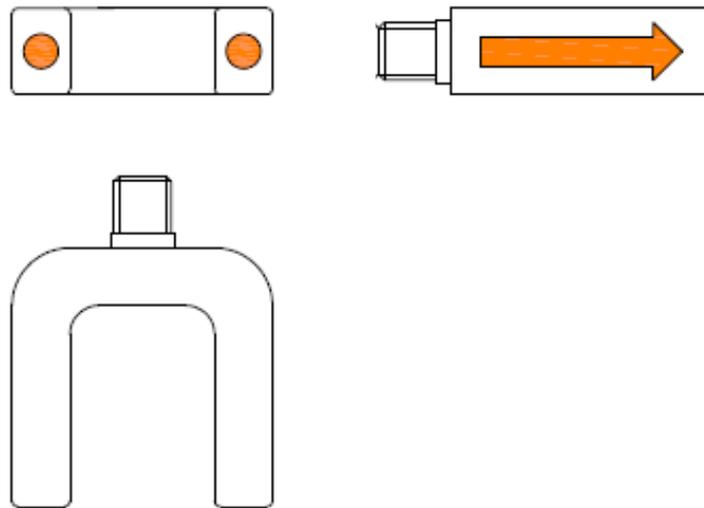


Ilustración 21. Pedales

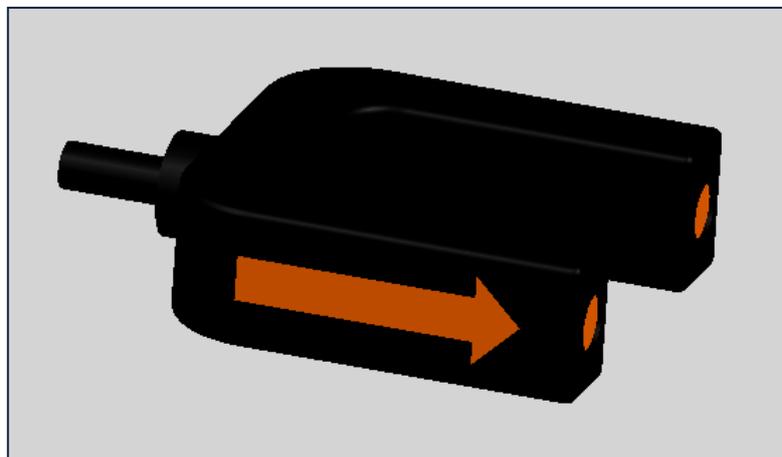


Ilustración 22. Pedal en 3D

Bielas

Ambas bielas se han diseñado para que puedan ser reguladas. Es decir, permitirán regular la altura de las mismas adaptando la posición según la configuración del ciclista. Por la parte interior de estas se colocará un segundo elemento en el cual se fijarán los pedales. Para que ambas piezas queden fijadas, se colocará un pasador por los agujeros previamente mecanizados.

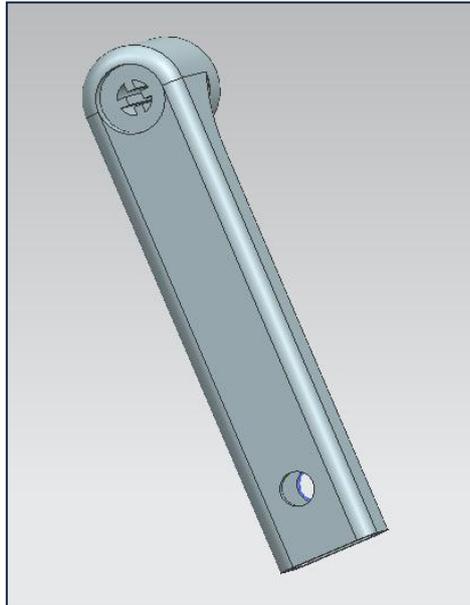


Ilustración 23. Biela vista 1

Tal como hemos comentado, la biela por la parte interior dispondrá de un tramo vacío, permitiendo que pueda introducirse una segunda pieza quedando fijada por el pasador.

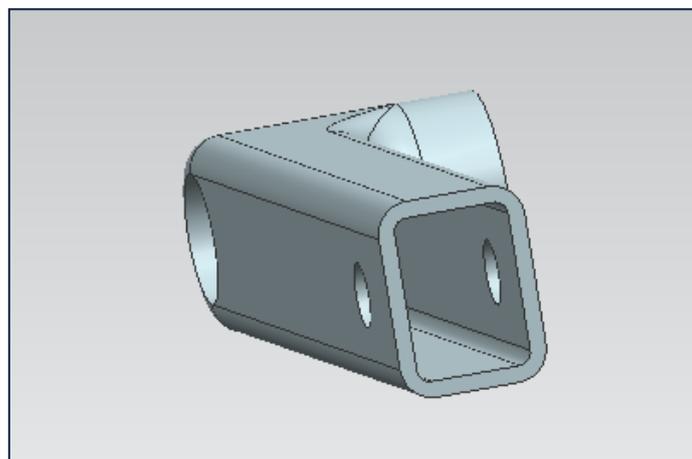


Ilustración 24. Biela vista 2

Elemento extensible móvil entre la biela y los pedales

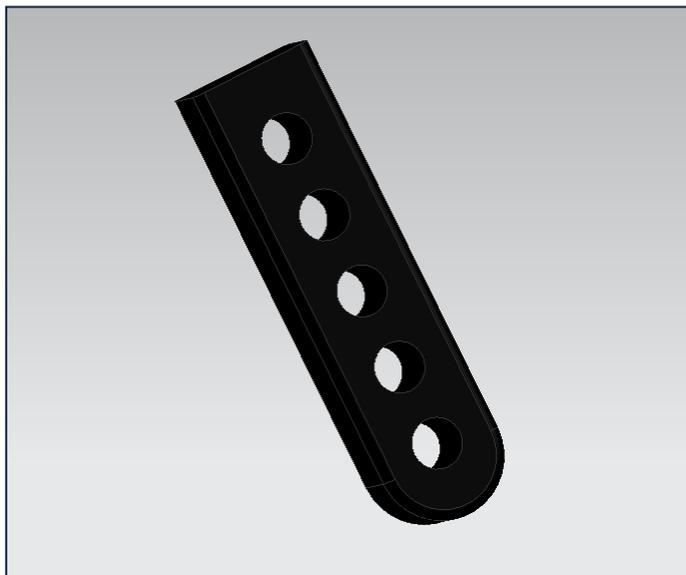


Ilustración 25. Extensible biela

Este elemento permite variar la longitud de la biela en cinco posiciones distintas. Más adelante en la tabla 39 se detallan las diferentes posiciones del conjunto biela-alargador.

Conjunto de elementos acoplados del pedal

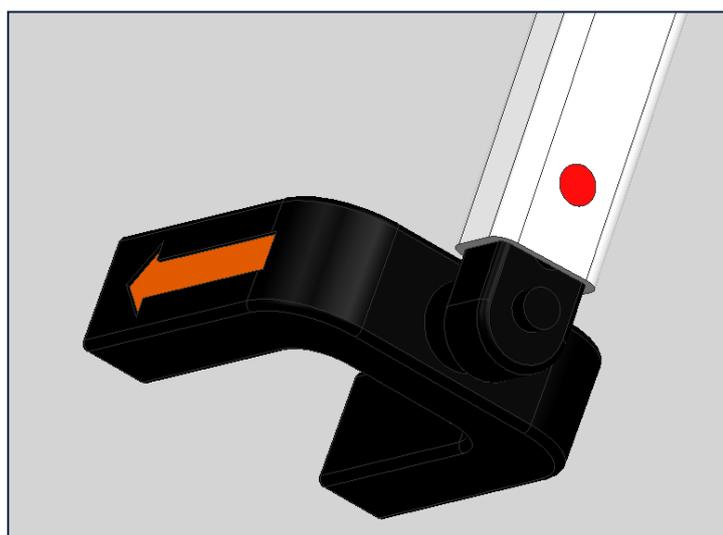


Ilustración 26. Conjunto pedal

3.4.4. Ruedas

Los neumáticos que se montarán en la bicicleta serán de 26 pulgadas (diámetro interior), y con diámetro exterior de 600mm. Los tamaños de los neumáticos están estandarizados en la norma ISO 5775.

El diseño de la llanta tendrá un diseño diseñada por nosotros mismos, con un diámetro de 559 mm ya que es una medida convencional y muy utilizada, más conocida como una llanta de 26 pulgadas. Lo que buscábamos es realizar un diseño algo más innovador olvidando los convencionales radios en las llantas. La llanta delantera, en la zona central dispondrá de una ubicación en el que se situará el motor eléctrico. En la llanta trasera por el contrario se ubicará el cambio interno Nexus.

El material elegido para la fabricación de nuestra llanta es el aluminio.

26 pulgadas

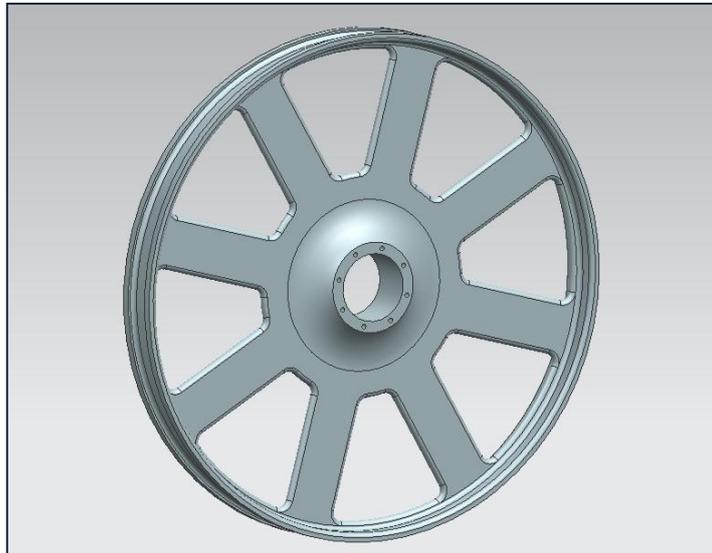


Ilustración 27. Llanta trasera de 26 pulgadas

Mediante Unigraphics se han diseñado diez modelos de llantas, de entre los cuales se ha elegido tan solo uno. Los planos de las llantas se adjuntarán en el apartado de Anexos.

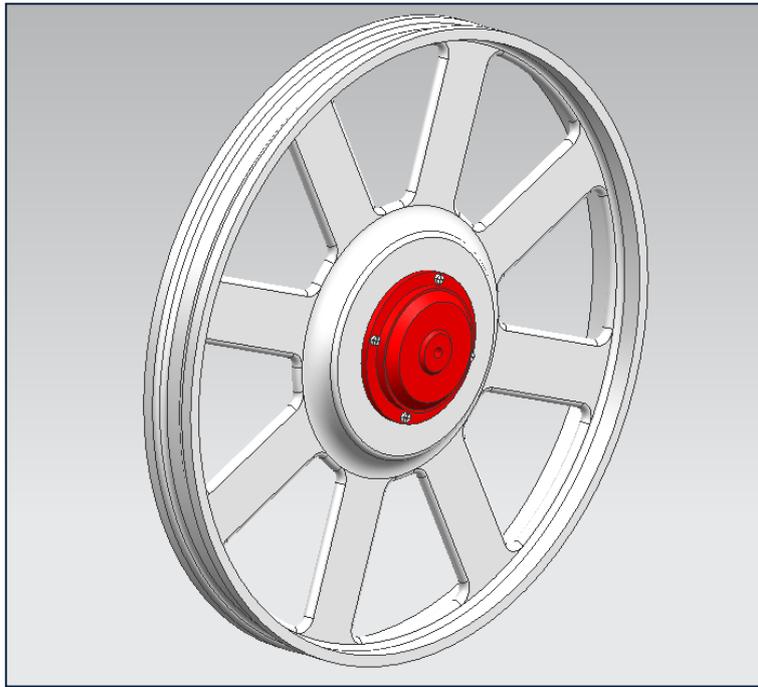


Ilustración 28. Llanta delantera

Cubierta Geax Mezcal 26”

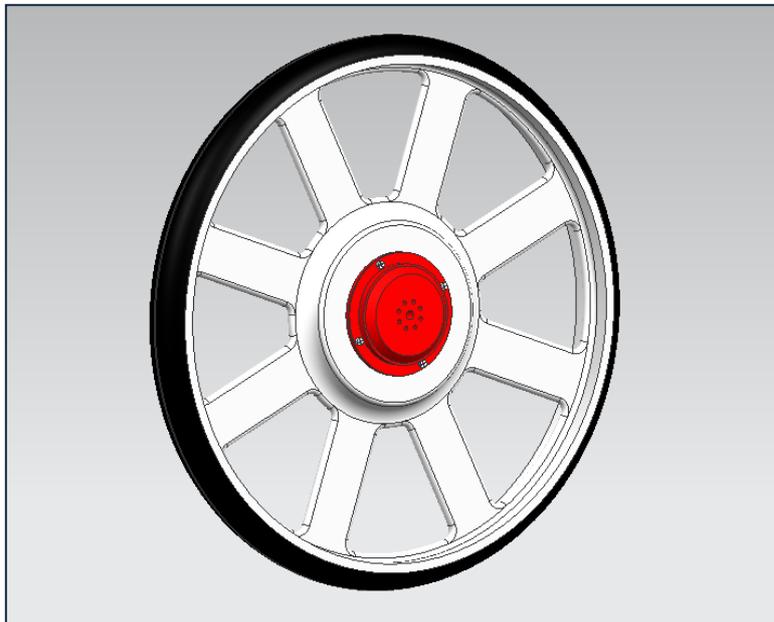


Ilustración 29. Cubierta

3.4.5. Transmisión y cambio de marchas

Transmisión por eje Cardán modelo Beixo



Ilustración 30. Conjunto Cardán

La transmisión se produce a través de engranajes cónicos y un eje de transmisión. Estos engranajes cónicos están colocados en un ángulo de 90 grados con respecto los unos de los otros.

El sistema Cardán elegido es de tipo de piñón libre (bicicleta convencional), ya que no es necesario utilizar la modalidad de piñón fijo en el que la bicicleta al retroceder los pedales hacia atrás frenase. El cambio de marchas Nexus ya incorpora un sistema de frenado propio.



Ilustración 31. Conjunto vista Cardán

Cambio de marchas modelo 7 Shimano Nexus® SG-7R50

Decidimos la instalación del cambio de marchas interno Nexos de Shimano, ya que al instalar una transmisión tipo cardán solo nos permitía instalar un cambio de marchas interno.

El cambio interno se encuentra instalado dentro del buje de la rueda trasera y se puede encontrar con las variaciones de 2, 3, 5, 7, 8 y hasta 14 marchas.

Finalmente hemos decidido instalar un sistema con 3 velocidades, el funcionamiento es el siguiente:

- La primera marcha se trata de la marcha corta, es todo lo contrario a las largas; en este caso nos permiten que pedaleando mucho avancemos poco pero con poco esfuerzo, esta marcha es idónea para subidas o iniciar la marcha.
- La segunda marcha se trata de una transmisión directa.
- La tercera marcha se trata de la marcha larga, se llaman así porqué pedaleando poco avanzamos mucho, lo cual las hace ideales cuando circulamos a velocidades elevadas o en bajadas.

En un cambio interno, el piñón no siempre da las mismas vueltas que la rueda. En realidad sólo pasa en un caso. En un cambio de marchas interno siempre hay una marcha en la que el piñón da las mismas vueltas que la rueda, en otras palabras, una marcha con la que tenemos una transmisión directa.

Los cambios internos funcionan por engranajes planetarios, lo que significa que la parte exterior de la unidad del buje hace que cambie de velocidad con respecto al piñón de la rueda trasera, dependiendo que marcha se seleccione.

La mayor ventaja es que permite cambiar de marcha incluso estando parado. La opción de cambiar estando parado se valora en los momentos en que tenemos que parar, sin previo aviso (o con poco tiempo). En estos casos, con un cambio de piñones nos quedaremos con la última marcha puesta, y tendremos que arrancar con una marcha larga y dura. Por el contrario, utilizando el cambio Nexus podremos, estando parados, cambiar a la marcha que más nos convenga, por ejemplo una primera, y empezar nuevamente nuestro recorrido sin tener que "subir" sobre los pedales.

Características:

- Cambio Interno de Marchas: la acción del cambio interno es independiente del pedaleo. Se puede cambiar de marcha en cualquier momento.
- Construcción sólida: los robustos engranajes planetarios aseguran años de funcionamiento sin problemas.
- Freno integral de rodillo (SG-7R50/SG-7R46/3R40): el freno de rodillo activado por cable funciona bien en cualquier condición climatológica.
- Mecanismo Modulador del Cambio: suaviza la acción del cambio mientras se pedalea.
- Mecanismo de soporte de cambio de marchas (SG-3R40/3C41)

- Cuerpo de buje de aluminio (SG-3R45)
- Sistema con 3 velocidades.



Ilustración 32. Cambio interno NEXUS

3.4.6. Batería

El modelo de batería es el LF de 36V y 9A. Para realizar la elección, se le ha dado especial importancia al hecho de que las medidas de la batería fuesen idóneas para la colocación de esta en el hueco ubicado en la pieza del cuadro inferior, cerca del pedalier (60x80x40). Es importante también el número de volts que suministrará la batería, ya que de ello dependerá el voltaje con el que deberán funcionar el resto de aparatos eléctricos.

Batería de Litio LF de 36V 9A

Características:

- Batería de Ión Litio.
- Voltaje: 36 V. 9000 mAh, 324 wat/hora.
- Medidas: 60mm. x 80mm. x 40mm.
- Peso: 1,2 kg .
- Autonomía: De 36 a 50 Km.



Ilustración 33. Batería de litio

La autonomía variará dependiendo del peso de usuario, tipo de conducción y recorrido.

Cargador Inteligente Batería LF 36V, 1.8A

Carga su batería de 1 a 5 horas, dependiendo de la descarga. Una vez cargada, pasa a estado de carga flotante, para mantener la misma sin sobrecarga.



3.4.7. Motor

Motor Brushless XF36

Especificaciones:

- Tecnología "brushless", sin escobillas ni mantenimiento.
- Pot. Nominal 250W
- Pot. Máx 504W
- Vel. Con carga 25 Km/h
- Excelente rendimiento > 80%.
- Peso 2,85 kg.
- Permite montar llantas de diferentes tamaños y de varios modelos, tanto llantas dobles como sencillas, en la parte delantera o trasera.
- Compatible con frenos de disco.
- Motor diseñado para instalar una horquilla estándar.

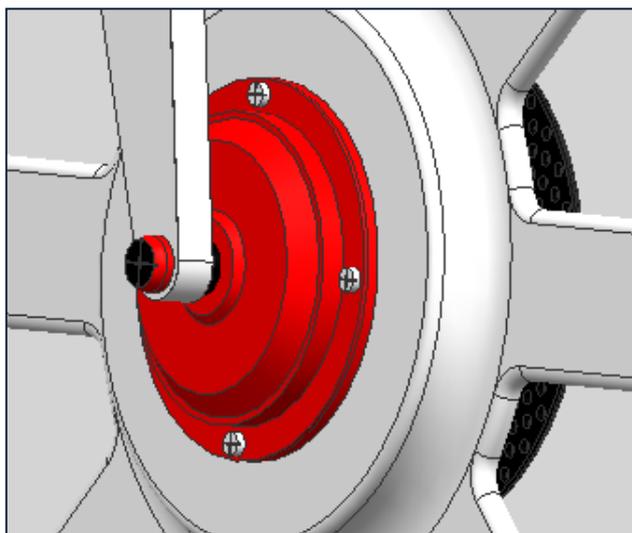


Ilustración 34. Motor brushless XF36

3.4.8. Controlador

Controlador, 14A

Es el centro de control del sistema. El controlador capta la señal enviada por el sensor de pedaleo (PAS) o el Acelerador, y envía la potencia necesaria al motor. Incorpora sistema PPS, de entrega de potencia progresiva, que facilita el control de la bicicleta y evita derrapajes. Potencia máxima 500 wattios.

- Dimensiones del controlador: 20mm. x 20mm. x 30mm.
- Peso: 120 gr.
- Ubicación: Cerca de la batería.



Ilustración 35. Controlador 14A

3.4.9. Sensor de pedaleo PAS

Se instala en el eje pedalier. Detecta el pedaleo del usuario y envía una señal al controlador para que este active el motor. El sistema PAS ofrece hasta 4 niveles de asistencia, en función de la carencia de pedaleo de usuario.



Ilustración 36. Sensor pedaleo

3.4.10. Conclusión

La elección de los componentes tiene una gran importancia para conseguir un correcto funcionamiento de la bicicleta, así como proporcionar una correcta asistencia al ciclista. Se han ido diseñando componentes con el Unigraphics a modo orientativo y ensamblándolos en la bicicleta.

En la elección de los elementos eléctricos, ha sido importante haber elegido los diferentes componentes con el mismo voltaje de funcionamiento, garantizando una correcta relación entre ellos, así como con la batería. Esta misma ha sido elegida para que el ciclista de unos 80 – 100 Kg disponga de potencia necesaria.

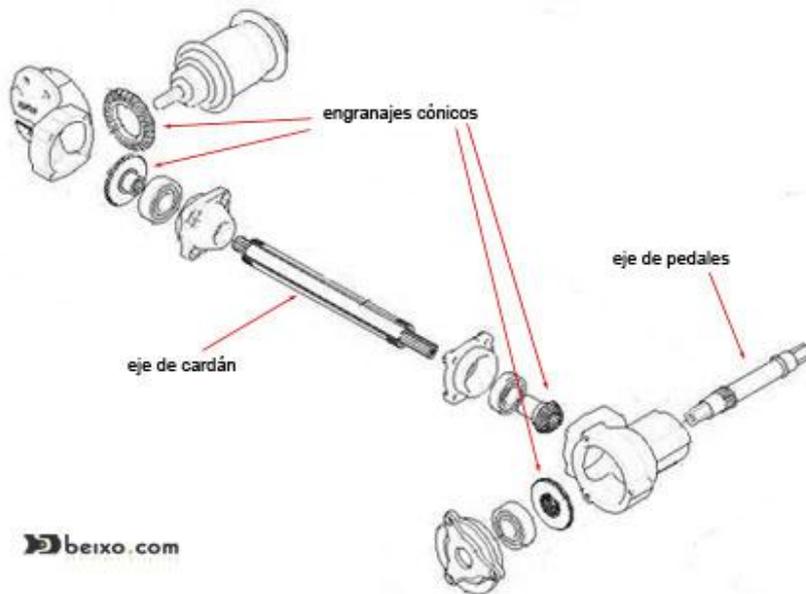
El motor se decide situar en la rueda delantera por las ventajas siguientes:

- Mayor simplicidad de fabricación y por tanto menores costes de fabricación.
- En la rueda trasera se dispone de mayor libertad para instalar el sistema de cambios que se prefiera.
- Aumento de la tracción. Ambas ruedas transmitirán la impulsión de la bicicleta. La rueda delantera gracias al motor y la rueda trasera gracias al pedaleo del ciclista.
- Mayor facilidad de montaje y desmontaje de la rueda.
- Mejor repartimiento de pesos entre la zona delantera y trasera.

3.5. Elementos auxiliares

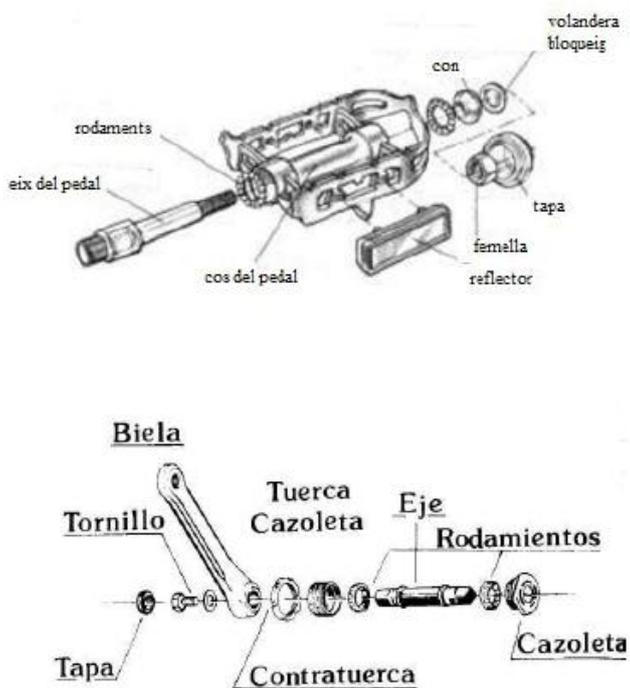
3.5.1. Eje Cardán

Decidimos elegir un sistema de transmisión tipo Cardán para nuestro diseño de bicicleta.



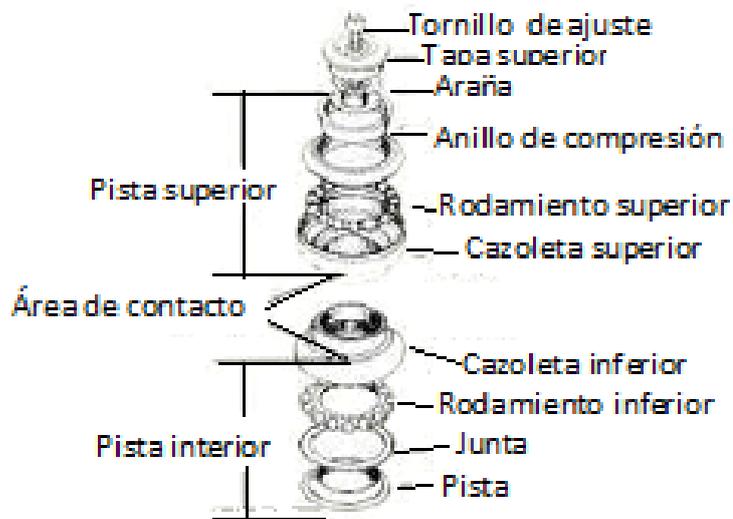
Kit Cardan Beixo	
1ª	Engranaje cónico
2ª	Engranaje cónico
3ª	Engranaje cónico
4ª	Engranaje cónico
5ª	Eje pedales
6ª	Rodamiento
7ª	Rodamiento
8ª	Rodamiento
9ª	Tapas varias
10ª	Eje cardán

3.5.2. Pedales



Pedales / biela	
1ª	Pedal
2ª	Biela
3ª	Eje pedal
4ª	Tornillos
5ª	Arandelas
6ª	Tuercas
7ª	Rodamientos
8ª	Embellecedor
9ª	Cazoleta
10ª	Tapas
11ª	Reflector
12ª	Volandera de bloqueo
13ª	Indicador de intermitencia

3.5.3. Dirección



Dirección horquilla	
1ª	Tornillo de ajuste
2ª	Tapa superior
3ª	Anillo de compresión
4ª	Rodamiento superior
5ª	Cazoleta superior
6ª	Cazoleta inferior
7ª	Rodamiento inferior
8ª	Junta
9ª	Pista

4. DISEÑO DEL CUADRO

4.1. Introducción

El cuadro es el conjunto de tubos que constituyen el armazón de una bicicleta. Sus funciones son numerosas y para que se puedan ejercer a la perfección necesitarían un diseño adaptado a cada una. Se construyen en diversas tallas o medidas y están fabricados en diversos materiales desde los más pesados y resistentes como el acero, hasta los más ligeros de aluminio, titanio o fibra de carbono.

El cuadro que disponemos a diseñar, pretendemos que tenga un diseño innovador, conservando unas características en cuanto a ligereza, solidez y rigidez óptimas, a la vez que damos solución a la necesidad de disponer de un cuadro de bicicleta adaptable para permitir su uso a usuarios a los que se les corresponderían diferentes tallas. La actitud en la conducción de una bicicleta será una combinación del peso, absorción de vibraciones y rigidez del cuadro. Estos dependerán del diseño del cuadro y del material usado. Se pueden tener dos cuadros hechos con el mismo aluminio y su conducción ser muy diferente debido a la naturaleza de su diseño. La rigidez, peso, y resistencia del cuadro dependen de varios factores, y no solo del material utilizado. Hay que ver la variación en resistencia, rigidez y densidad de los distintos materiales. Los mejores cuadros de aluminio tienen tubos de gran diámetro y paredes finas, siendo estos pocos flexibles.

La mayoría de las bicicletas eléctricas están orientadas a la comodidad, para viajes tranquilos y confortables, por eso disponen de cuadros bajos e incluso muy bajos. Nosotros preferimos un cuadro más tipo diamante (cuadro con tubo superior) para conseguir que la fuerza del pedaleo tenga mayor efecto con una posición más inclinada del ciclista.

A continuación se muestra una imagen con las piezas que constituyen un cuadro estándar.

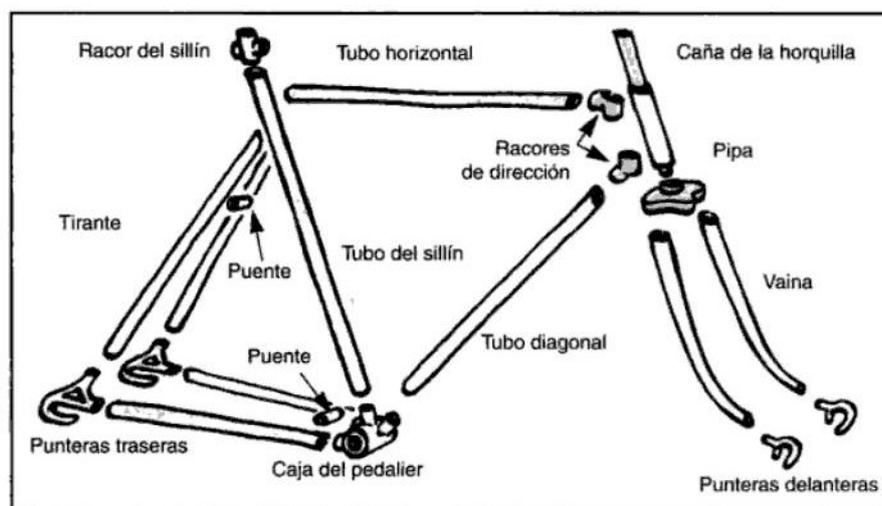


Ilustración 37. Partes del cuadro

4.2. Diseños preliminares

4.2.1. Bicicletas

Nuestros esbozos de los posibles cuadros a diseñar, se han desarrollado y han ido cogiendo forma a partir del análisis de la estructura utilizada en diferentes modelos de bicicletas. Esta ha sido una base esencial para no comenzar nuestro proyecto sin disponer de ninguna idea inicial. Los modelos analizados son los siguientes:

- Bike 2.0.

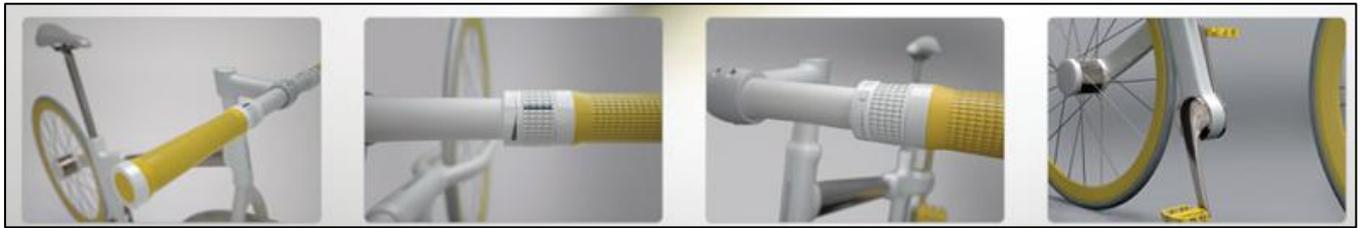


Ilustración 38. Bike 2.0

La Bike 2.0 se caracteriza por permitir su uso como bicicleta normal, sin batería, o como una bicicleta eléctrica ayudando al ciclista a través de un motor eléctrico alojado en el eje trasero.



Se ha eliminado la cadena trasladándola al interior del cuadro.



Los controles del cuadro se han trasladado a dos anillos situados en el manillar, la función de los cuales es realizar el cambio de marchas permitir el control de la potencia.

- Nulla.

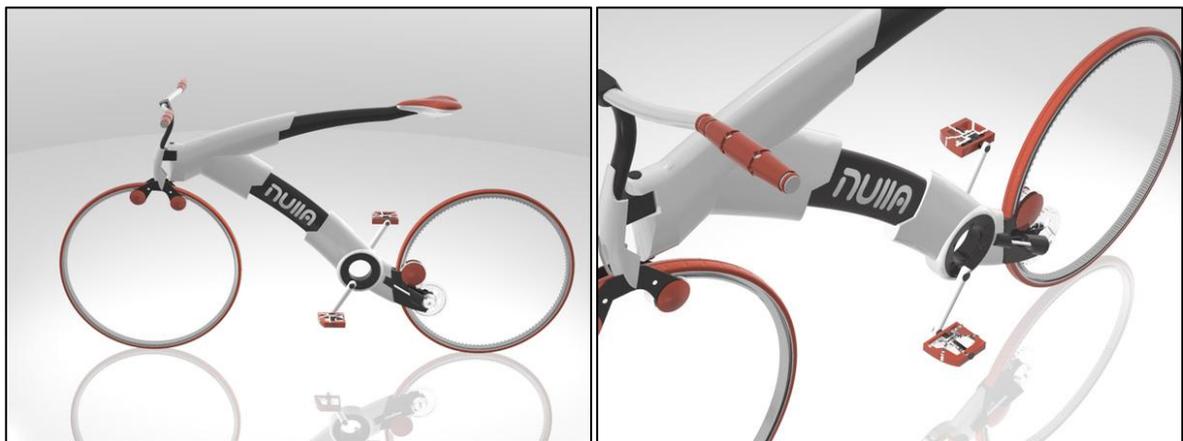


Ilustración 39. Nulla

Esta bici no dispone de cadenas, las ruedas tampoco disponen de radios, ni de horquilla, ni frenos. Transmite el movimiento con un mecanismo integrado en el cuadro y en la cara interna de la rueda. El sistema utilizado de cambio de marchas es automático. Todas estas son características algo “futuristas” y que a la práctica es complicado de llevarlo a cabo, debido a la resistencia a los esfuerzos que ha de ser capaz de soportar.

Nosotros en realidad, queremos destacar la barra extensible superior del cuadro, capaz de adaptarse a diferentes posiciones según las preferencias del ciclista. Esta es una solución a tener en cuenta a la hora de realizar el diseño del cuadro, que en cierta manera nos permitiría la adaptabilidad del cuadro.

4.2.2. Tubo del asiento

Para disponer de las diferentes posiciones adaptables que necesitábamos que dispusiera el sillín, nos fijamos en el diseño de la barra superior del cuadro, con una serie de agujeros mecanizados a lo largo del mismo tubo, que permitiera el desplazamiento del asiento en diferentes posiciones, logrando de ese modo variar la distancia del asiento al manillar.

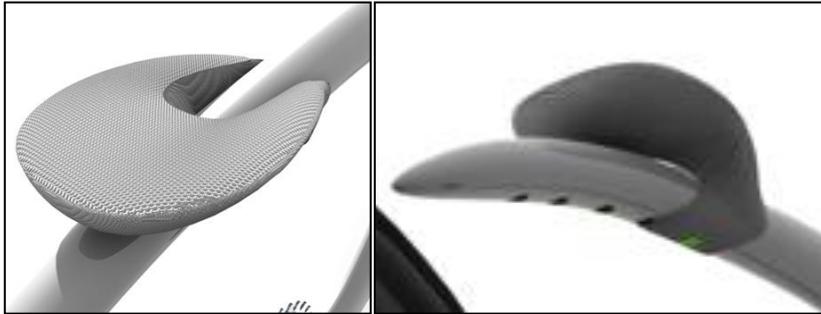


Ilustración 40. Modelos de asiento

Esta opción en un principio pensábamos que era muy válida y que se adecuaría al diseño de la bicicleta, pero cuando hemos querido implantarla, nos hemos dado cuenta de que una vez realizado el diseño del tubo superior, este tipo de asiento no se ajustaba al tubo, debido a que conforme el asiento se desplazaba hacia la parte trasera, entre el tubo y el asiento se iba creando un margen de distancia cada vez mayor, produciendo una holgura demasiado grande como para optar por este modelo de asiento. En la imagen inferior observamos como la medida del tubo del asiento es mucho mayor en la parte delantera, a la izquierda de la imagen. Este va disminuyendo conforme realizamos el recorrido hasta el extremo derecho de la pieza.

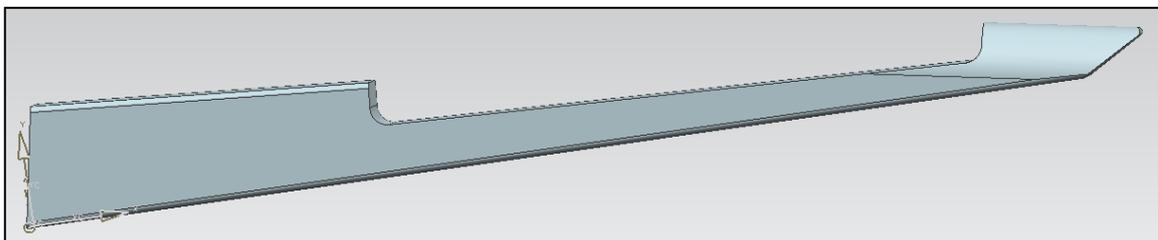


Ilustración 41. Diseño de asiento inicial

4.3. Tubos del cuadro

Una vez tenemos decidido las líneas generales del diseño del cuadro de la bicicleta que queremos realizar, es necesario la elección del modelo de tubo que utilizaremos en el cuadro. Todos los tubos del cuadro no tendrán exactamente las mismas características, con lo cual, las medidas en cuanto a espesor de la pared, diámetros, longitudes, etc, sufrirán variaciones. También definiremos el proceso de conformado a los cuales se someterán los tubos en su proceso de fabricación, especificando las características mecánicas que se obtienen con los posibles procesos a realizar, así como las ventajas e inconvenientes.

4.3.1. Proceso de fabricación de los perfiles tubulares

Proceso de conformado

Una vez concluido que vamos a utilizar una aleación de aluminio para la fabricación de los tubos, decidiremos el proceso de conformado al que será sometido el material para la fabricación del cuadro. El proceso de conformado consiste en someter al material a procesos de deformación drásticos. El material que va a ser conformado en caliente es un material que viene generalmente de un proceso de solidificación, y por lo tanto la densidad de defectos es baja (materiales poco agrios). Por un lado se está induciendo deformación al material, debido a que se le somete a una serie de esfuerzos de distinto tipo, y por tanto se está induciendo acritud en el material. Por otro lado, y como consecuencia de la temperatura a la que se produce el proceso, en el material se van a dar los mecanismos de restauración y recristalización (que aparecían en los recocidos de recristalización), pero que aquí aparece en los procesos de conformado. Cuando estos mecanismos aparecen de forma simultánea al proceso de deformación plástica, se le llaman restauración y recristalización dinámica. En el conformado en caliente compiten entonces dos mecanismos antagónicos. Uno de creación de defectos (acritud), y otro de eliminación de defectos (recristalización y restauración dinámicas). Llega un momento en el cual se establece un equilibrio tal que, a partir de un determinado nivel de deformación, al aplicar una tensión constante, el material se deforma plásticamente sin adquirir acritud, y por lo tanto resulta más fácil deformar en caliente al material que deformarlo en frío. En la deformación en frío hay que aumentar la tensión para seguir deformando el material, mientras que en la deformación en caliente se puede deformar a tensión constante. En caliente, el material es más dúctil que en frío. Este conformado en caliente se produce a una temperatura bastante elevada.

4.3.1.1. Extrusión

La extrusión es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada. Las dos ventajas principales de este proceso por encima de procesos manufacturados son:

- La habilidad para crear secciones transversales muy complejas.
- El trabajo con materiales que son quebradizos, debido a que el material solamente encuentra fuerzas de compresión y de cizallamiento. También las piezas finales se forman con una terminación superficial excelente.

La extrusión puede ser:

- Continua, es decir, produciendo teóricamente de forma indefinida materiales largos.
- Semicontinua, o lo que es lo mismo, produciendo muchas partes.

El proceso de extrusión puede hacerse con el material caliente o frío. El proceso comienza con el calentamiento del material. Éste se carga posteriormente dentro del contenedor de la prensa. Se coloca un bloque en la prensa de forma que sea empujado, haciéndolo pasar por el troquel. Si son requeridas mejores propiedades, el material puede ser tratado mediante calor o trabajado en frío.

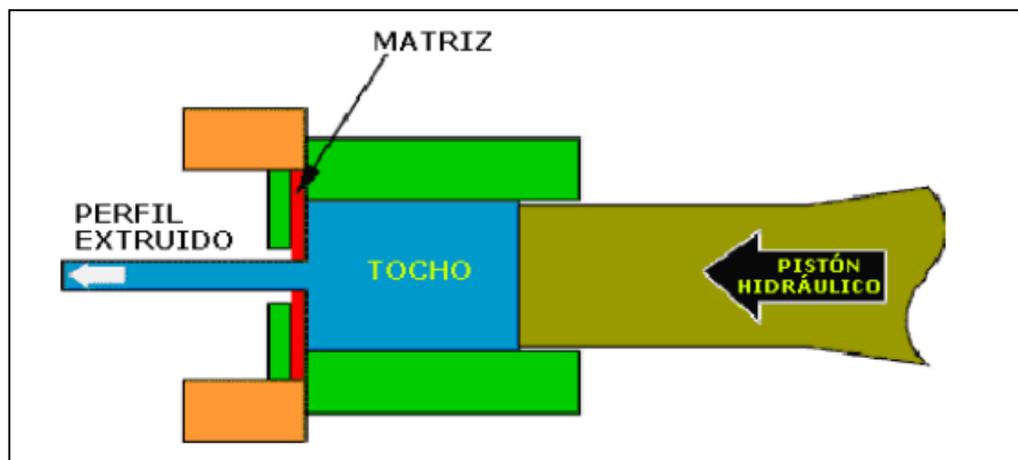


Ilustración 42. Extrusión

Extrusión en caliente

La extrusión en caliente se hace a temperaturas elevadas para evitar el trabajo forzado y hacer más fácil el paso del material a través del troquel. La mayor desventaja de este proceso es el costo de las maquinarias y su mantenimiento.

MATERIAL	TEMPERATURA °C
Magnesio	350-450
Aluminio	350-500
Cobre	600-1100
Acero	1200-1300
Titanio	700-1200
Aleaciones refractarias	Mayores a 2000

Tabla 22. Temperatura para extruir en caliente los materiales

Extrusión en frío

La extrusión fría es hecha a temperatura ambiente o cerca de la temperatura ambiente. La ventaja de ésta sobre la extrusión en caliente es la falta de oxidación, lo que se traduce en una mayor fortaleza debido al trabajo en frío o tratamiento en frío, estrecha tolerancia, buen acabado de la superficie y rápida velocidad de extrusión si el material es sometido a breves calentamientos.

Los materiales que son comúnmente tratados con extrusión fría son: plomo, estaño, aluminio, cobre, circonio, titanio, molibdeno, berilio, vanadio, niobio y acero.

Extrusión tibia

La extrusión tibia se hace por encima de la temperatura ambiente pero por debajo de la temperatura de recristalización del material, en el rango de temperaturas de 800 a 1800 °F (de 424 °C a 975 °C). Este proceso es usualmente usado para lograr el equilibrio apropiado en las fuerzas requeridas, ductilidad y propiedades finales de la extrusión.

La extrusión tibia tiene varias ventajas rentables comparada con la extrusión fría: reduce la presión que debe ser aplicada al material y aumenta la ductilidad del acero. La extrusión tibia incluso puede eliminar el tratamiento térmico requerido en la extrusión en frío.

Defectos de la extrusión

- Quebradura de superficie: cuando hay grietas en la superficie de extrusión. Esto se debe a la temperatura de extrusión, fricción, o velocidad muy alta. Esto puede pasar también a bajas temperaturas, si el producto temporalmente se pega al troquel.
- Defecto de tubo: Se crea una estructura de flujo que arrastra los óxidos de la superficie y las impurezas al centro del producto. Tales patrones que son frecuentemente causados por altas fricciones o enfriamiento de la parte externa de la barra.
- El agrietamiento interior o defecto *Chevron*: se produce cuando el centro de la expulsión desarrolla grietas o vacíos. Estas grietas son atribuidas fuerzas de tensión hidrostática en la línea central en la zona de deformación en el troquel. Aumenta al aumentar el ángulo de la matriz y la concentración de impurezas, y disminuye al aumentar la relación de extrusión y la fricción.

4.3.1.2. Forja

La forja, al igual que la laminación y la extrusión, es un proceso de conformado por deformación plástica que puede realizarse en caliente o en frío y en el que la deformación del material se produce por la aplicación de fuerzas de compresión. Este proceso de fabricación se utiliza para dar una forma y unas propiedades determinadas a los metales y aleaciones a los que se aplica mediante grandes presiones. La deformación se puede realizar de dos formas diferentes:

- Por presión, de forma continua utilizando prensas.

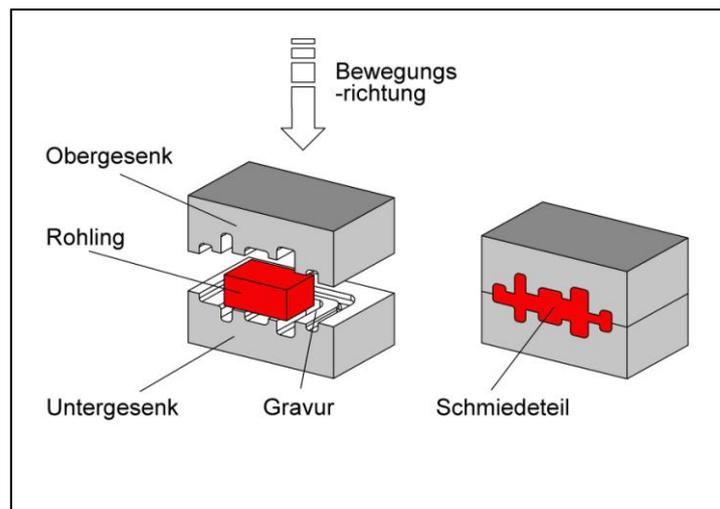


Ilustración 43. Forja

- Por impacto, de modo intermitente utilizando martillos pilones.

Hay que destacar que es un proceso de conformado de metales en el que no se produce arranque de viruta, con lo que se produce un importante ahorro de material respecto a otros procesos, como por ejemplo el mecanizado. Los principales tipos de forja que existen son:

- Forja libre.
- Forja con estampa
- Recalcado.
- Forja de borjonio

Efectos que produce la forja en caliente

- Orientación de la fibra: Las propiedades mecánicas del producto variarán, mejorándolas si el esfuerzo se aplica en la dirección de la fibra formada por el proceso y empeorándolas si se aplica en dirección perpendicular.
- Afinamiento del grano: Esto se produce a temperaturas superiores a la de recristalización pero inferiores a la de equicohesión y la forja se realiza con martillos pilones, de modo intermitente. En cambio, el afinamiento no se producirá si se supera la temperatura de equicohesión y la forja se realiza utilizando prensas, de forma continua.
- Eliminación de cavidades, poros, sopladuras, etc. Debido a las enormes presiones a las que el material es sometido en la operación, éste es compactado y desaparecen las cavidades, poros, etc.

4.3.1.3. Laminado

La laminación o laminado es un proceso de conformación plástica en el que el metal fluye de modo continuo y en una dirección preferente, mediante fuerzas de compresión. También se le considera un proceso de deformación volumétrica en el que se reduce el espesor inicial del material trabajado mediante las fuerzas de compresión que ejercen dos rodillos sobre la pieza de trabajo. Los rodillos giran en sentidos opuestos para que fluya el material entre ellos, ejerciendo fuerzas de compresión al pasar entre ellos y de cizallamiento originadas por el rozamiento que se produce entre los rodillos y el metal. Los procesos de laminado se realizan, en su gran mayoría, en caliente por la gran deformación ejercida sobre el material trabajado. Además, los materiales laminados en caliente tienen propiedades isotrópicas y carecen de tensiones residuales. Los principales inconvenientes que presenta el laminado en caliente son:

- El producto no puede mantenerse dentro de tolerancias adecuadas.
- La superficie de la pieza queda cubierta por una capa de óxido característica.

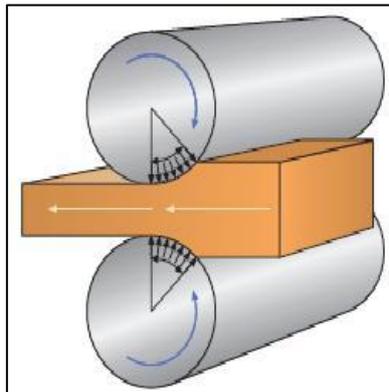


Ilustración 44. Laminado

Defectos del laminado

Estos defectos pueden presentarse en la superficie de las placas u hojas, o pueden darse en su estructura interna. Los defectos degradan la apariencia de la superficie y pueden afectar de manera adversa a la resistencia, la capacidad de formado y otras características de manufactura. Los defectos superficiales pueden ser: ralladuras, corrosión, cascarilla, picaduras, mordeduras y grietas causados por inclusiones e impurezas en el material fundido original o debido a otros procesos de preparación del material o a la misma operación de laminado. Los bordes ondulados en las hojas se forman debido a la flexión del rodillo. La tira es más delgada en los bordes que en el centro, ya que estos se alargan más y se tuercen debido a que están limitados en su libre expansión en la dirección longitudinal de laminado. Las grietas son el resultado de una deficiencia de ductilidad del material sometido a laminación a la temperatura en la que se realiza el proceso.

4.3.1.4. Fabricación por moldeo

La conformación por moldeo es la fabricación de piezas metálicas de una forma y tamaño definidos, fundiendo un metal o aleación y vertiéndolo en moldes contruidos previamente con la forma de la pieza que se pretende obtener. En la mayoría de los casos una vez ha solidificado el metal en el molde, al extraerlo de este, la pieza ya se puede dar por acabada.

Este proceso es excelente para dar formas complicadas a las piezas que serían imposibles o muy difíciles de realizar por otros tipos de procesos de fabricación, aunque siempre se tiene que cumplir unos criterios de diseño, para que la pieza se fabrique en buenas condiciones, sin grietas, porosidad, ni cualquier otro tipo de defecto de fabricación.

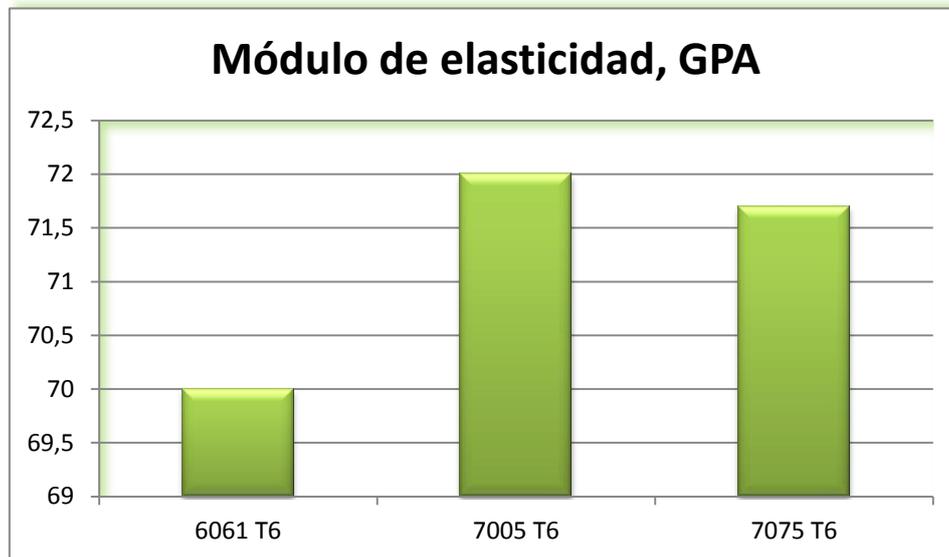
Existe una gran variedad de procesos de fabricación por moldeo, cada uno de ellos específico para obtener unos resultados concretos en función de la complejidad de la pieza, forma, etc.

Una vez que se ha realizado el diseño de la pieza que se desea fabricar, es necesario construir un modelo. Generalmente se elaboran en madera o yeso, de forma totalmente artesanal. A partir del modelo se construye el molde, que puede ser de arena o en coquilla; si la pieza es hueca es preciso fabricar también los machos o noyos, que son unas piezas que recubren los huecos interiores. En todos estos pasos se debe tener en cuenta el material elegido para la fabricación de la pieza. El proceso de llenado del molde se conoce como colada. El desmoldeo consiste en extraer la pieza del molde una vez solidificada. En muchos casos, y fundamentalmente cuando se requiere precisión, deben realizarse tratamientos de acabado sobre las piezas obtenidas. Los materiales con los que se construyen las piezas suelen ser metales y aleaciones, con una serie de características:

- Punto de fusión bajo (para ahorrar combustible).
- Baja tensión superficial (para reproducir fielmente el molde).
- Bajo coeficiente de dilatación en estado líquido (para que la contracción del metal sea pequeña).
- Bajo coeficiente de dilatación en estado sólido (para disminuir el peligro de formación de grietas durante el enfriamiento).
- Aptitud para el llenado del molde.

4.3.2. Rigidez: material y medidas de los tubos

La rigidez del cuadro afecta a la calidad de conducción de la bicicleta, dependerá del módulo de elasticidad del material y de la geometría.



Gráfica 5. Módulo de elasticidad

Si cogemos dos cuadros idénticos, uno de acero y otro de titanio, se observará que ambos tienen aproximadamente la misma resistencia, pero que el cuadro de titanio será la mitad de pesado y la mitad de rígido. Este cuadro de titanio tendrá una flexibilidad excesiva que no es del gusto de los ciclistas. Para compensar esto, se diseñan tubos de titanio de mayor diámetro para aumentar la rigidez. Esto tiende a aumentar un poco el peso de la bicicleta, pero haciendo los tubos más finos se consiguen aun cuadros más ligeros que los de acero. Cuadros rígidos de titanio necesitan tubos de mayor diámetro que los de acero, en el caso del aluminio y el magnesio los diámetros son aún mayores. Este es motivo de los grandes tubos de aluminio, que resultan en un cuadro de adecuada rigidez y todavía más ligeras que el acero.

El objetivo de los últimos diseños es hacer un cuadro que sea rígido lateralmente y confortable. La rigidez lateral es necesaria en el pedaleo para transmitir toda la energía a la rueda cuando pedaleamos levantados del sillín. Para conseguir una conducción confortable el cuadro debe absorber, en la medida de lo posible, las irregularidades del terreno. Estas dos características se pueden conseguir con cualquier material haciendo un adecuado diseño de la geometría y diámetros de los tubos, pero en algunos casos esto supondrá un aumento significativo del peso.

Gran diámetro – pequeño espesor

Las ventajas de los tubos de gran diámetro pueden ser teóricamente aplicadas al acero, pero hay un límite práctico. Se puede construir un cuadro de acero con tubos de 2 pulgadas de diámetro, y será más rígido que cualquier otro cuadro, más rígido de lo que nadie necesita o pueda llegar a necesitar. Haciendo las paredes más finas y de mayor diámetro se puede conseguir con el aluminio un cuadro muy ligero, a la vez que resistente. La problemática de llevar a cabo este tipo de perfiles son:

- Cuanto más finas sean las paredes, más difícil será realizar una buena unión. Esta es una de las razones de los tubos embutidos, cuyo espesor es mayor en los extremos.
- Si las paredes son demasiado finas serán fácilmente abolladas por el impacto de piedras y las caídas. Además, los puntos de unión para los soportes de la cantimplora, cables, etc., tendrán una resistencia insuficiente.
- Resistencia al pandeo insuficiente.

4.3.3. Proceso de pintado

Para conseguir un buen acabado superficial de la bicicleta se deberán realizar los siguientes trabajos y aplicar los siguientes productos. Es de vital importancia ver los datos técnicos de las fichas técnicas que proporciona el fabricante de cada producto para de ese modo conocer sus tiempos de secado adecuados, presiones de aplicación de producto con la pistola, preparación de las mezclas, distancia de aplicación, etc. El proceso de pintura se divide en las siguientes fases:

- Aparejado
- Pintura de acabado
- Barnizado
- Pulido

Aparejos

Los aparejos son pinturas de fondo que tienen la misión de nivelar y aislar las superficies debido a los defectos de fabricación, a la vez que sirven de soporte a las pinturas de acabado. Los aparejos tienen un alto contenido de pigmentos de carga, esto les permite rellenar sin dificultad las imperfecciones ocasionadas del proceso de fabricación.

Con la aplicación de los aparejos conseguimos un soporte óptimo, ya que se adhiere y aísla a las pinturas de fondo, a la vez que proporciona una superficie adecuada a las pinturas de acabado, desarrollando sus propiedades de extensibilidad y brillo

Pintura de acabado

Son las pinturas que se aplican especialmente para embellecer la pieza, dándole un aspecto estético. Tipos de pintura de acabado básicos:

- Monocapa o brillo directo: es el método de aplicación con un solo tipo de pintura para todas las manos.
- Bicapa: sistema de aplicación en el cual se distinguen dos fases o capas distintas, una capa de color metalizado y otra de barniz que sella.

Proceso de pintado

La primera mano se aplica una mano rápida por toda la bicicleta, para que de ese modo en la segunda capa la pintura se sujete mejor.

- Entre mano y mano de pintura esperaremos 5 minutos.
- La segunda mano se aplica una mano más cargada para ir igualando las superficies pintadas y de ese modo se vea una capa más uniforme de pintura.
- La tercera mano se realiza una pasada general de retoque a toda la bicicleta
- Una vez seca la tercera mano aplicaremos dos capas de barniz a toda la zona pintada, que será la encargada de crear una capa hermética a la pintura, a la vez que le proporciona brillo y resistencia a la pintura.

Pulido

Una vez terminada la aplicación de la pintura de acabado, a veces pueden aparecer algunos defectos leves por diversas causas, ya sea por suciedad, por pulverización de la pintura, etc., estos pueden ser corregidos con un pulido de la superficie. Para la realización de este proceso, antiguamente se realizaba a mano, mientras que en la actualidad se utilizan máquinas para agilizar el proceso y conseguir un mejor acabado. En el proceso de pulido se pueden utilizar diversos productos, como son las máquinas neumáticas roto-orbitales, máquinas neumáticas de pulido, máquinas eléctricas de pulido y abrasivos superfinos.

4.4. Geometría del cuadro

La geometría del cuadro, longitud de los tubos y el ángulo en el que se unen, es el aspecto a determinar. Dependiendo del uso al que se destine cada bicicleta la geometría será diferente.

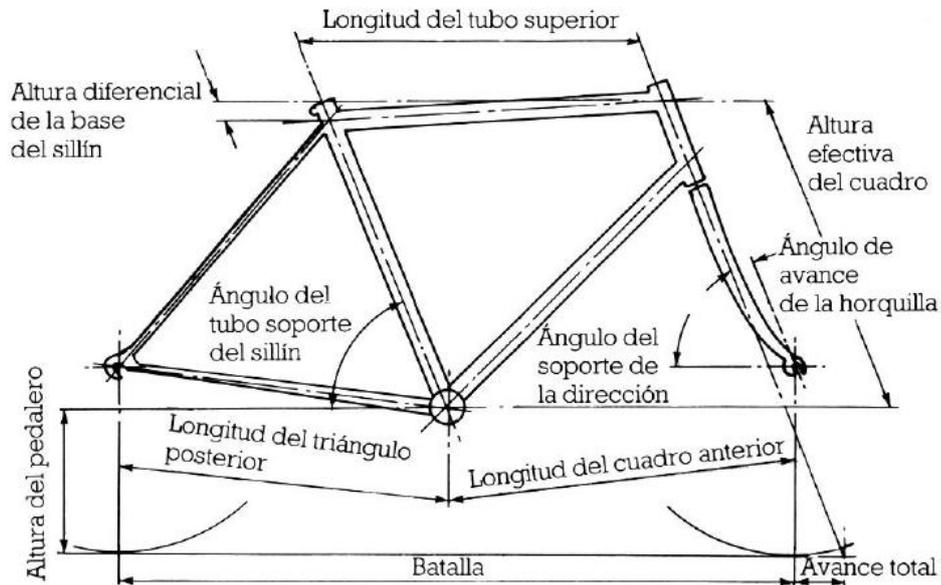


Ilustración 45. Ángulos y medidas a tener en cuenta

4.4.1. Medidas del cuadro, especificaciones y características

Para empezar a diseñar el cuadro adaptable de nuestra bicicleta, es necesario conocer cuáles son las medidas que definen un cuadro estándar.

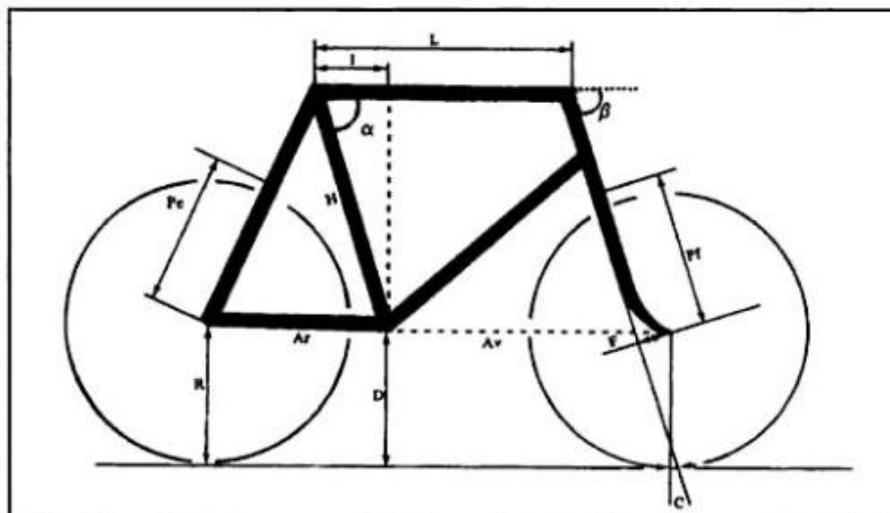


Ilustración 46. Medidas de un cuadro

- [H]: Altura del cuadro. Se mide a lo largo del tubo del sillín, desde el eje del pedalier hasta la intersección de los ejes del tubo del sillín y del tubo horizontal.
- $[\alpha]$: Inclinación del tubo del sillín. Está definida por el ángulo agudo comprendido entre el eje del tubo del sillín y una línea horizontal.
- [I]: Retraso del tubo del sillín. Es la distancia desde el eje del tubo del sillín hasta la línea vertical que pasa por el eje del pedalier, medida a lo largo del eje del tubo horizontal.
- [D]: Altura del pedalier. Es la distancia desde el eje del pedalier hasta el suelo.
- [R]: Radio de la rueda. Se mide desde el eje de la rueda hasta el suelo, con el neumático inflado.
- [Ar]: El entre-eje trasero. Es la distancia entre el eje del pedalier y el eje de la rueda trasera.
- [Pe]: Paso por debajo de los puentes. Se mide desde el eje de la rueda trasera hasta uno de los dos puentes.
- [Av]: El entre-eje-delantero. Es la distancia entre el eje del pedalier y el eje de la rueda delantera.
- [Pf]: El paso por debajo de la cabeza de horquilla. Es la distancia desde la rueda delantera hasta la cabeza de horquilla.
- La flecha de la horquilla (F). Es la distancia más corta entre el eje de la rueda delantera y el eje del tubo de dirección (o pipa).
- [C]: El avance de la dirección. Es la distancia medida en el suelo, entre la proyección vertical del eje de la rueda delantera y el eje del tubo de dirección. Si este eje pasa por delante de la línea vertical del eje de rueda, se dice que el avance de la dirección es positivo y en caso contrario, negativo.
- [L]: La longitud del cuadro. Es la distancia medida a lo largo del tubo horizontal desde el eje del tubo del sillín hasta el eje de la pipa de dirección.
- $[\beta]$: La inclinación de la pipa de dirección está definida por el ángulo agudo comprendido entre el eje de la pipa y una línea horizontal.

Especificaciones de cada uno de los elementos

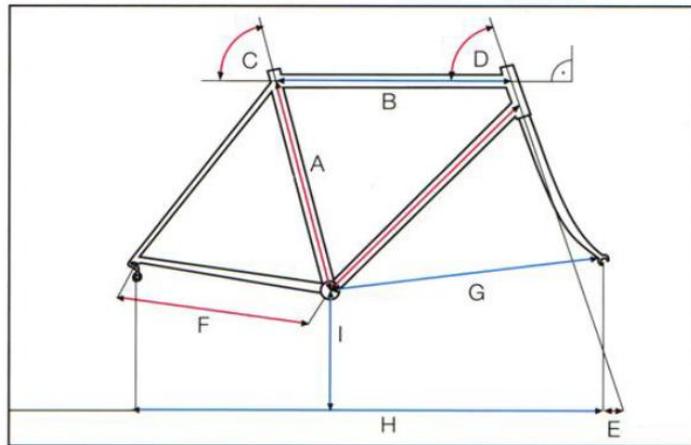


Ilustración 47. Especificaciones de los elementos

Longitud del tubo del sillín [A]

Se mide desde el centro del pedalier hasta el punto de corte del propio tubo del sillín con la prolongación, en un plano horizontal, del centro del tubo horizontal a partir de su unión con el tubo de dirección. Define la talla de la bicicleta, en relación con la longitud de la entrepierna.

Longitud del tubo superior u horizontal [B]

En las bicicletas de carretera suele corresponderse con la longitud del tronco, aunque en las de montaña es unos centímetros más largo (mayor distancia entre ejes mayor confortabilidad en el manejo). En las bicicletas de montaña en pedalier también está unos 3 centímetros más alto que en las de carretera. La inclinación hacia atrás o también llamado slooping permite una mayor facilidad para poner el pie en tierra en cualquier momento. Con un tubo superior largo, el ciclista alcanzara una posición alargada y plana sobre la bici para conseguir máxima efectividad de pedaleo. Un tubo horizontal corto supone comodidad, manejabilidad y control.

Ángulo del sillín o tubo vertical [C]

Sobre un suelo completamente plano, representa el ángulo que forma el plano del sillín (en condiciones normales debería ser paralelo al suelo) con la prolongación del eje longitudinal del tubo del sillín (el ángulo debe tomarse hacia la parte trasera y superior de la bicicleta). El ángulo del sillín afecta en cómo se distribuye el peso del ciclista en la bicicleta, y también en la posición que adopta el cuerpo del ciclista al pedalear. El ángulo del tubo vertical o ángulo del sillín, suele estar comprendido entre 68° y 75° . Un ángulo más plano entre los 68° y 71° proporciona un comportamiento más cómodo (echado hacia atrás),

mientras que uno más vertical cercano a los 75° beneficia la escalada (al adelantar la posición). Un usuario con muslos cortos se beneficiará de un ángulo más vertical, mientras que un ángulo más plano beneficiará a un usuario de muslos más largos.

Ángulo de dirección [D]

Sobre un suelo completamente plano, representa el ángulo que forma la prolongación del eje longitudinal del tubo de dirección con el eje longitudinal del tubo horizontal. Marca de una manera importante el uso al que se destina la bicicleta y afecta de una forma definitiva al resto de la geometría. Este ángulo en general depende de los fabricantes, pero las diferencias suelen ser pequeñas. En las bicicletas de montaña suele oscilar entre los 68 y los 72 grados, y junto con el avance de la horquilla influye decisivamente en el avance efectivo de la rueda, del cual depende la característica de guiado. Dependiendo del ángulo de inclinación definiremos las diferencias:

- Menor ángulo, cercano a los 68 grados: mayor estabilidad, comportamiento menos sensible de la dirección.
- Mayor ángulo, más vertical, cercano a los 71 grados: mejoría en ascensos, mayor manejabilidad, mayor control directo de la dirección.

Trail [E]

El avance o también llamado 'trail', es la distancia medida en el suelo, entre el punto de contacto de la rueda delantera con el suelo (o lo que es lo mismo la prolongación vertical del eje delantero con el suelo) y la prolongación inferior del eje longitudinal del tubo de dirección. Junto con el ángulo de dirección determina el comportamiento de la bicicleta. En las bicicletas de montaña oscilará entre los 4 y los 7 cm, dependiendo tanto de la horquilla como del ángulo de dirección. Un avance largo hace la conducción más lenta, mientras que un avance corto provoca una reacción más rápida de la rueda a los movimientos del manillar. Cuanto más peso carguemos sobre la rueda delantera, mayor será el efecto del trail. Así si se tiene una bicicleta de dirección ligera, se puede comprobar cómo se hace más pesada al cargar más peso sobre el manillar. De igual modo, si se tiene una bicicleta de dirección pesada y el peso del ciclista se deja caer sobre la rueda trasera (como ocurre en ascensos o al conducir sin manos) el manillar girará con mayor suavidad. Con un trail demasiado pequeño la rueda delantera no podrá sortear con facilidad los obstáculos (piedras, surcos, etc), siendo más severos los impactos con estos. Al incrementar el trail, la rueda delantera tendrá mayor facilidad en sortear las irregularidades de la superficie, siendo menor la fuerza que se transmite a los brazos del ciclista. La fórmula siguiente se puede emplear para el cálculo del avance:

Longitud de las vainas o distancia entre ejes traseros [F]

Es la distancia entre el eje del buje del pedalier y el buje del eje de la rueda trasera. En bicicletas de montaña, esta longitud siempre ha sido superior a las de carretera (42-44cm por 39-42 cm respectivamente). A menor longitud más escaladora es la bicicleta pero menos estable en curvas rápidas, y a mayor longitud más estabilidad. A menor longitud de vainas, se ejercerá mayor tracción sobre la rueda trasera ya que recae más peso sobre esta, además la bicicleta será más rígida, ya que la longitud del tubo es menor, de esta forma se consigue menor pérdida en la transmisión de la fuerza de pedaleo. En la actualidad la distancia tiende a acortarse, pese a perder comodidad, aumenta la velocidad de reacción y mejora la capacidad de escalada.

Altura del eje de pedalier [I]

La altura del eje de pedalier es crítica en la claridad de paso de los platos al sortear obstáculos y evitar que el pedal toque el suelo al dar una curva suave, en la cual no se deja de pedalear. Una menor altura hace la bicicleta más manejable, mientras que una mayor altura produce estabilidad en línea recta, con una rodadura más tranquila sin manos y un aumento de la capacidad para franquear obstáculos sin golpearlos con el cuadro.

Distancia entre ejes delanteros [G]

Desde el punto central del eje del buje de la rueda delantera hasta el punto central del buje de la rueda trasera. Su principal función es guardar la suficiente distancia para no tocar con los pies la rueda delantera al tomar una curva. Hay que prestar atención en este efecto especialmente en cuadros de tallas pequeñas. También influye en la distribución del peso del ciclista.

Distancia entre los ejes de las ruedas [H]

La distancia entre los ejes de las ruedas es el resultado de las demás longitudes y ángulos del cuadro y la horquilla. A menor longitud más manejable y nerviosa se vuelve la bicicleta. Una distancia mayor aumenta la estabilidad con una conducción más relajada, disminuyendo la manejabilidad.

Angulo de la potencia

Se mide el ángulo que forman por la parte delantera e inferior de la bicicleta los dos elementos de la potencia (en el caso de la direcciones con rosca) o el de la potencia con el eje longitudinal del tubo de

dirección (en el caso de las direcciones sin rosca), una vez montada sobre éste. En ambos casos se descuentan 90° . El resultado es un ángulo que oscila entre los 0 y los 15° para la mayoría de las bicicletas de montaña, siendo tanto más deportiva la posición del conductor cuanto menor es el ángulo, que puede llegar incluso a ser negativo (-5°), en los casos más extremos. Un ángulo pequeño también permitirá una mayor fijación al suelo de la rueda delantera en subidas muy pronunciadas, mientras que la ventaja de un ángulo mayor es una posición más erguida y, por lo tanto, más cómoda, además de un mayor control en descensos comprometidos.

Longitud de la potencia

Se mide la distancia entre el punto central del perno de sujeción a la horquilla y el punto central del manillar. Oscila entre 10-12 cm para una potencia corta y entre 13-15 cm para una potencia larga, aunque los modelos destinados a las modalidades de dual y descenso suelen tener una longitud inferior a los 10 cm. Cuanto más corta más precisa es la dirección, mientras que una potencia larga permite una conducción más tranquila pero con menor control en las maniobras finas.

4.4.2. Tallaje

Una vez analizado el uso para el cual se destina la bicicleta, son cinco las medidas que deben tenerse en cuenta para la adecuación del cuadro al ciclista:

- El tamaño del cuadro.
- La distancia entre el plano del sillín y el centro del pedalier.
- La distancia entre la nariz (la punta) del sillín y el centro del manillar.
- La altura entre el plano del sillín y el plano del manillar.
- La longitud de las bielas.

Todas ellas pueden variarse mediante el ajuste de parte móviles y/o la sustitución de las que no lo son, consiguiendo así que un cuadro con una geometría adecuada se monte en una bici lo más personalizada posible.

El tamaño del cuadro correcto

La altura del cuadro no dependerá de la talla del ciclista, si no que esta se determina en función de la longitud de sus miembros inferiores y es proporcional a los mismos. Una fórmula muy simple de la altura correcta del cuadro en función de la entrepierna del ciclista es: $H = \frac{2}{3} EP$. Es importante entender que la altura tiene que estar directamente relacionada con la entrepierna.

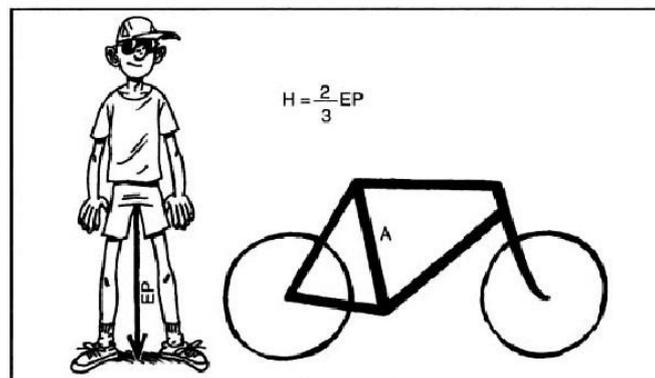


Ilustración 48. Altura del cuadro

No se pueden dar datos exactos que sean aplicables a todas las personas ya que las medidas corporales varían. Una persona puede tener una altura total idéntica a otra, pero sus medidas de piernas, brazos, tronco, etc, ser muy diferentes, por lo que dar unas pautas absolutas no es posible, ni tampoco

recomendable. No obstante, sí se pueden dar algunos valores que al menos ayudarán a acercarnos a nuestra talla ideal teniendo en cuenta nuestra altura total.

Altura del ciclista (cm)	Talla (pulgadas)
160-165	14
165-170	16-17
170-175	18
175-180	18-19
180-185	20
185-190	20-22

Tabla 23. Tallas

La elección correcta de talla de bicicleta que nos corresponde es una de las cosas más importantes que hay que tener en cuenta a la hora de adquirir una bicicleta nueva, ya que el uso de una bici que nos quede grande o pequeña puede acarrear molestias o lesiones físicas y por supuesto incomodidades. Encontraremos la talla expresada en pulgadas o en centímetros, normalmente lo primero en las bicicletas de montaña y lo segundo en las de carretera.

Pulgadas	Centímetros
13	33
14	35.6 (36)
15	38.1 (38)
16	40.6 (41)
17	43.2 (43)
18	45.7 (46)
19	48.6 (49)
20	50.8 (51)
21	53.3 (53)
22	55.9 (56)

Tabla 24. Tabla de conversión

También cabe destacar que algunos fabricantes toman la medida para determinar la talla midiendo desde el centro del eje de pedalier hasta el final del tubo de sillín, lo que se denomina centro-extremo, mientras que otros lo hacen hasta el centro del cruce entre el tubo vertical, el superior y los tirantes, llamado centro a centro. Es importante porque un cuadro en talla 19" medido centro-extremo sería una talla 18" si lo

midiésemos de centro a centro. Tener en cuenta el slooping, ya que es la inclinación del tubo superior, y si se incrementa esta inclinación disminuye la distancia centro a centro y por lo tanto la talla.

Ante la duda es mejor decidirse por un cuadro pequeño que por uno grande. Un cuadro más pequeño resulta más fácil de controlar que otro mayor. Por regla general, con los dos pies en el suelo y el cuerpo por delante del sillín, debemos ser capaces de levantar la bicicleta y que el tubo horizontal tenga un recorrido vertical de entre 8 y 18 centímetros, aproximadamente, antes de tocar en la entrepierna.

Finalidad	Geometría del cuadro
Conducción cómoda	<ul style="list-style-type: none"> • Ángulo del sillín plano 70° / 71° • Ángulo de dirección plano 68° / 69° • Distancia entre ejes traseros 44 cm • Mucho avance (más de 6 cm)
Conducción deportiva	<ul style="list-style-type: none"> • Ángulo del sillín medio 72° / 73° • Ángulo de dirección medio 70° / 71° • Distancia entre ejes traseros media 43 / 42 cm • Avance mediano (5-6 cm)
Competición (montaña)	<ul style="list-style-type: none"> • Ángulo del sillín vertical 74° • Ángulo de dirección vertical 72° • Distancia entre ejes trasera corta 42 cm • Avance mediano (5 cm)
Competición (montaña y valle)	<ul style="list-style-type: none"> • Ángulo del sillín vertical 73° • Ángulo de dirección vertical 71° • Distancia entre ejes trasera corta 42 cm • Avance guiado fácil (4-5 cm)
Competición descenso	<ul style="list-style-type: none"> • Ángulo del sillín medio 72° • Ángulo de dirección plano 69° / 70° • Distancia entre ejes trasera larga 43 cm • Avance grande (6-7 cm)

Tabla 25. Posiciones en la bicicleta

La longitud de las bielas

Determina el brazo de palanca con el que ejercemos la fuerza de nuestros músculos sobre el eje del pedalier. A mayor longitud, mayor ahorro de fuerza (bielas de 180 mm y desarrollo de 48 / 13 se necesita el mismo gasto energético que con bielas de 170 mm y desarrollo de 48 / 14), que puede emplearse tanto para obtener mayor velocidad con el mismo esfuerzo como para obtener la misma velocidad con menor esfuerzo. Actualmente las bicicletas de montaña montan bielas más largas que las de carretera, habiéndose impuesto la medida de 175 mm. Las bielas de mayor longitud (hasta 186) se reservan para el mundo de la competición.

Como se hacen las mediciones	
Talla del cuadro	Distancia suelo-entrepierna x 0.61cm
Altura correcta del sillín	Distancia suelo-entrepierna x 0.885 cm
Distancia planos sillín-manillar	Entre 5 y 11 cm.
Distancia punta sillín-manillar	Distancia suelo-entrepierna x 0.66 cm
Longitud de las bielas	De 170 a190 mm

Tabla 26. Mediciones

4.4.3. Dimensionado tubos del cuadro

El cuadro que disponemos a diseñar, pretendemos que tenga unas características en cuanto a ligereza, solidez y rigidez óptimas. Las dimensiones del mismo deberán permitir que la potencia a transmitir por el ciclista no se vea perjudicada.

En un primer dimensionado de los tubos del cuadro, tomaremos como referencia los tubos que fabrican Easton, Columbus, Fairing y Kona en aluminio 7005-T6. Un mismo tubo suele presentar varios espesores, nosotros comenzaremos nuestro diseño con tubos de espesor constante. En las tablas aparece el mayor espesor de cada tubo en el caso de que sea embutido, también se han obtenido el módulo resistente (W) y el área (A).

Marca	Diámetro ext. (mm)	Diámetro int. (mm)	Espesor (mm)	W (mm ³)	A (mm ²)
Easton-elite	44.50	39.50	2.50	2596.14	329.87
Easton-elite	44.50	38.90	2.80	2867.21	366.81
Easton-ultra	44.50	39.70	2.40	2503.93	317.43
Easton-ultra	44.50	39.12	2.69	2768.78	353.33
Columbus	42.00	37.60	2.20	2051.20	275.08
Columbus	50.00	47.20	1.40	1944.90	213.75
Kona caldera	44.00	39.60	2.20	2262.32	288.90
Kona kula	44.50	39.70	2.40	2503.93	317.43

Tabla 27. Tubos oblicuos

Marca	Diámetro ext. (mm)	Diámetro int. (mm)	Espesor (mm)	W (mm ³)	A (mm ²)
Easton-elite	38.10	34.70	1.70	1325.39	194.40
Easton-elite	34.90	31.70	1.60	1044.05	167.38
Easton-ultra	38.10	35.10	1.50	1182.15	172.47
Easton-ultra	34.90	31.70	1.60	1044.05	167.38
Columbus	35.00	32.60	1.20	806.44	127.42
Columbus	35.00	32.20	1.40	929.90	147.78
Columbus	35.00	32.00	1.50	990.49	157.87
Kona caldera	35.00	31.40	1.80	1167.75	187.74
Kona kula	35.00	31.80	1.60	1050.32	167.89

Tabla 28. Tubos horizontales

Marca	Diámetro ext. (mm)	Diámetro int. (mm)	Espesor (mm)	W (mm ³)	A (mm ²)
Easton-elite	31.80	26.80	2.50	1265.04	230.12
Easton-elite	34.90	31.50	1.70	1102.76	177.31
Easton-ultra	31.80	27.20	2.30	1179.31	213.16
Columbus	31.70	27.20	2.25	1149.67	208.17
Columbus	35.00	31.60	1.70	1109.41	177.85
Columbus	35.00	31.00	2.00	1282.23	207.35
Columbus	31.70	26.90	2.40	1214.21	220.92
Kona caldera	31.80	27.30	2.25	1157.48	208.88
Kona kula	31.80	26.80	2.50	1265.04	230.12

Tabla 29. Tubos verticales

Marca	Diámetro ext. (mm)	Diámetro int. (mm)	Espesor (mm)	W (mm ³)	A (mm ²)
Fairing	41.30	33.00	4.15	3381.78	484.35
Easton	41.28	33.28	4.00	3281.35	468.47
Easton	42.90	33.50	4.70	4053.10	564.04
Kona	41.00	33.95	3.525	2919.43	415.00

Tabla 30. Tubo dirección

Marca	Diámetro ext. (mm)	Diámetro int. (mm)	Espesor (mm)	W (mm ³)	A (mm ²)
Fairing	41.00	34.00	3.50	2902.47	412.33
Fairing	44.00	34.00	5.00	4496.24	612.61
Easton	41.28	33.88	3.70	3082.43	436.83

Tabla 31. Tubos pedalier

En el caso de los tirantes y las vainas lo más normal es que el diámetro exterior varíe, siendo menor en la unión con las punteras. Las vainas, en la unión con el tubo de pedalier tienen siempre forma ovalada o rectangular, esto es debido al escaso espacio que queda entre la rueda y los platos, y la necesidad de dejar a la rueda suficiente claridad de paso.

En los tirantes y vainas el espesor también puede variar al o largo del tubo, de forma simplificada podemos tomar los siguientes valores para el diámetro exterior en los extremos del tubo y el espesor de la pared:

Marca	D1 (mm)	D2 (mm)	Espesor (mm)
Easton	19.05	14.3	1.9
Columbus	19	16	1.4
kona	19	16	1.8

Tabla 32. Tirantes

Marca	D1 (mm)	D2 (mm)	Espesor (mm)
Easton	31/19	15.9	2.3
Columbus	31.5-18	16	1.45
Kona	29.5/18	16	1.5

Tabla 33. Vainas

4.5. Unión entre tubos

Una vez fabricados los diferentes tubos de los que se compone nuestra bicicleta, será necesario ensamblarlos entre ellos mediante las diferentes piezas auxiliares o bien a través de soldaduras. En cuanto a estas últimas, el número de procedimientos estudiados para ser aplicados al soldeo de las aleaciones de aluminio es elevado, y de ellos más de treinta han sido considerados aptos para su aplicación industrial. Sin embargo puede estimarse que solamente alrededor de quince se emplean normalmente en la industria, y de estos últimos solo cuatro o cinco son de utilización general.

Según la técnica empleada, los procedimientos de soldeo pueden dividirse en cuatro grupos:

- Soldadura por fusión (llama oxiacetilénica, arco eléctrico, resistencia y bombardeo con partículas de alta resistencia).
- Soldadura sin fusión (ultrasonidos, presión en frío, fricción y explosión).
- Soldadura fuerte.
- Soldadura blanda.

Para las aleaciones objeto de nuestro estudio la Tabla 10 muestra la soldabilidad según el método utilizado.

ALEACIÓN	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 25°C, [W/MXK]	RANGO DE FUSIÓN, [°C]	SOLDABILIDAD				
			Gas	Arco, flux	Arco, gas inerte	Resistencia	Presión
6061	167	582-652	A	A	A	A	B
7005	137	607-646	X	X	A	A	B
7075	130	477-635	X	X	C	B	C
	A: Fácilmente soldable						
	B: Soldable en la mayoría de los casos, pero requiere una técnica especial						
	C: Soldabilidad limitada						

Tabla 34. Soldabilidad aleaciones de aluminio

Metalurgia de la soldadura de las aleaciones de aluminio

En el caso de las aleaciones bonificables se consideran cinco zonas en la ZAT (zona afectada térmicamente). En la mayoría de los casos se acepta 25 mm como el ancho de la zona afectada en la soldadura por arco.

- Zona con estructura de fundición. El enfriamiento de de la zona fundida puede dar lugar a la segregación en los bordes de los granos de los elementos de más bajo punto de fusión que estaban en solución sólida con anterioridad al soldeo. La importancia de esta segregación, depende de la composición de la aleación y de la velocidad de solidificación.
- Zona de fusión parcial. Es esta zona la que determina la soldabilidad d la aleación. La soldadura en aleaciones de mediana resistencia, tales como la 6061, presentan una zona parcialmente fundida, dúctil y resistente, que responde bien a los tratamientos térmicos posteriores. Las aleaciones con altos contenidos de cobre, como la 7075, presentan una precipitación de Cu-Al₂, no solamente en el metal depositado y en la zona parcialmente fundida sino, también, en la zona sobrecalentada del metal base, situándose estos precipitados entre los granos y originando grietas si la contracción del metal está dificultada, por lo que los problemas de agrietamiento son normales en estas aleaciones.

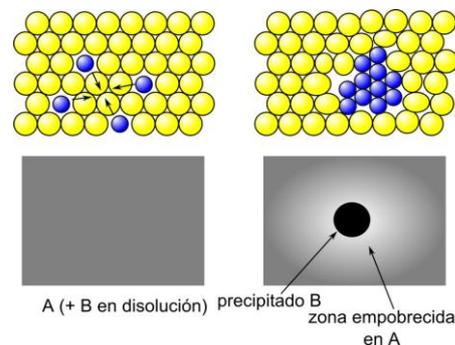


Ilustración 49. Formación de precipitados

- Zona de solubilización sólida. Solución sólida más rica en elementos de aleación, con precipitación de compuestos intermetálicos en los bordes de grano. Esta fase es complemento de la anterior de solubilización parcial y sus consecuencias son dos: por una parte, una mayor facilidad para posterior tratamiento de bonificación por estar ya solubilizados parte de los elementos aleantes y, por otra parte, el mayor riesgo de agrietamiento cuando los compuestos precipitados son frágiles.
- Zona de recocido (tratamiento térmico cuya finalidad es el ablandamiento, la recuperación de la estructura o la eliminación de tensiones internas) y maduración (precipitación de pequeñas partículas de material de la aleación, ya sea a temperatura ambiente o artificial). En las aleaciones tratadas mecánicamente se considera zona de recocido la parte del metal en que se han alcanzado

temperaturas entre 250 y 400° C, perdiendo acritud en grado proporcional a la temperatura alcanzada. Además, el calentamiento causa una precipitación y eventual coalescencia de partículas o constituyentes solubles, lo que se traduce en un tratamiento de maduración.

Diseño de la unión

Las altas concentraciones de esfuerzos que se pueden dar a causa de la geometría del cordón de soldadura y del tipo de unión provocan un bajo límite de fatiga. Las uniones cuyo cordón de soldadura ha sido rebajado mecánicamente, presentan un mejor comportamiento a fatiga. En general, el tipo de metal de aportación y la preparación de la unión tienen poca influencia en el límite a fatiga.

Métodos de unión utilizados en los tubos del cuadro de una bicicleta

Actualmente el único y mejor método de unión utilizado en tubos de aluminio es por soldadura TIG. Anteriormente al desarrollo y perfeccionamiento de este método también se utilizó la unión mediante racores (*lugs*). En tubos de acero también se usa la unión con soldadura fuerte (*fillet brazed*). En los tubos de aluminio no se utiliza soldadura fuerte. Los racores pueden obtenerse mediante fundición en molde o conformados a partir de planchas, luego los tubos se fijan a los racores mediante adhesivos o soldadura fuerte (en aceros).

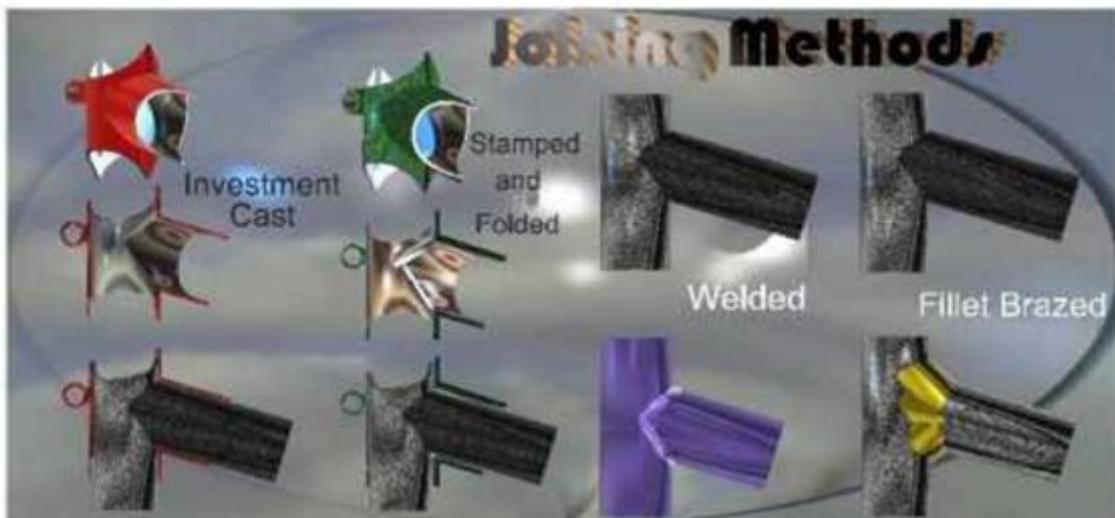


Ilustración 50. Métodos de unión

Protección superficial del aluminio

El aluminio, para protegerse de la acción de los agentes atmosféricos, se recubre de forma natural de una delgada película de óxido, esta capa de Al_2O_3 tiene un espesor más o menos regular del orden de 0,01 micras sobre el metal recientemente decapado y puede llegar a 0,2 o 0,4 micras sobre metal que haya permanecido en un horno de recocido. Para poder soldar es necesario eliminar previamente, por procedimientos químicos o mecánicos, dicha capa.

Se pueden obtener películas de óxido artificialmente mucho más gruesas y de características distintas a las de la capa natural, más protectoras, por procedimientos químicos y electrolíticos. El proceso de anodizado permite formar capas en las que el espesor puede, a voluntad, ser de algunas micras a 25/30 micras en los tratamientos de protección o decoración, llegando a las 100 micras y más por procesos de endurecimiento superficial, esto es el anodizado duro.

Anodizado duro

Con el anodizado pueden obtenerse capas considerablemente más duras que las clásicas en un medio sulfúrico puro (anodizado de protección), con la condición de que los porcentajes de disolución sean reducidos a un valor extremadamente pequeño. Las capas que actualmente se consiguen son de alrededor de 150 micras, según el proceso y la aleación. Todas las aleaciones son susceptibles del anodizado duro, salvo las que contienen cobre, porque éste tiende a disolverse a pesar de la baja temperatura y perturba el tratamiento. Las capas duras se obtienen a costa de una merma de flexibilidad, que limita en su utilización a aquellas aplicaciones en que no vayan a sufrir choques térmicos importantes, porque la película se rompería bajo el efecto de las dilataciones fuertes.

Propiedades del anodizado duro:

- Resistencia a la abrasión ya que la alúmina es un cuerpo extremadamente duro. Lo que permite que tenga una resistencia al desgaste superficial superior a muchos tipos de acero.
- Resistencia química. La capa anódica protege eficazmente el metal base contra la acción de numerosos medios agresivos. Por este motivo se utiliza cada vez más en ambientes navales e industriales para proteger ciertas piezas contra la corrosión.
- Porosidad secundaria o apertura más o menos acusada en la entrada de los poros debido al efecto de disolución del baño, porosidad que se manifiesta, sobre todo, en la parte exterior de la película y se aprovecha en las técnicas de coloreado e impregnación.

4.5.1. Soldadura del aluminio 6061

La influencia de la zona afectada por el calor es pequeña y con el tratamiento térmico posterior se recuperan las características mecánicas del metal base, sobre todo cuando se sueldan a gran velocidad espesores pequeños (hasta 3mm). Se usa para espesores de 0,7 a 10 mm pero no hay realmente un límite máximo, se puede robotizar. Los mejores resultados se obtienen con el procedimiento TIG, corriente continúa.

No debe emplearse nunca un metal de aporte de la misma composición que la del metal base, porque el riesgo de agrietamiento en caliente es muy grande.

Metal de aportación.

Unión entre tubos del mismo material 6061:

- 4043 se obtienen los mejores resultados en sensibilidad a las grietas.
- 4047 puede ser utilizado en algunas aplicaciones.
- 5xxx pueden ser utilizados. En algunos caso se mejoran la semejanza de color del tratamiento de anodinado, la calidad de la soldadura y la resistencia.

La aleación 4043 (5% Si) no es tratable térmicamente. Cuando es usada para soldar la aleación 6061, parte del magnesio procedente de esta se mezcla con el metal de aportación para formar una nueva aleación aluminio-silicio-magnesio. Esta nueva mezcla de metal fundido responderá al tratamiento térmico en solución posterior, y producirá un cordón de soldadura con un límite de rotura igual al del original 6061-T6.

Una ductilidad de un 50% mayor se obtiene con metales de aportación de la serie 5xxx respecto al 4043. Los metales de aportación 5183, 5356, 5556 y 5654 que contienen alrededor del 3% de magnesio, no son normalmente recomendadas cuando se ha de realizar un tratamiento térmico posterior a la soldadura. Estas aleaciones de alto contenido en magnesio pueden ser sensibles al agrietamiento por tensión-corrosión cuando son sometidas a un largo periodo de tratamiento térmico de precipitación (madurado artificial) bajo condiciones de elevadas tensiones residuales.

4.5.2. Soldadura del aluminio 7005

Presenta buenas características mecánicas antes del soldeo, pero además tiene la particularidad de que, tras el soldeo, temple al aire y posee maduración natural (los precipitados disueltos precipitarán), con lo que se consiguen las ventajas de un tratamiento térmico posterior al soldeo, sin necesidad de realizarlo. Los mejores resultados se obtienen con el procedimiento TIG, corriente continua. Se usa para espesores de 0,7 a 10 mm pero no hay realmente un límite máximo. En las aleaciones de la serie 6000 la influencia de la zona afectada por el calor es pequeña, y con el tratamiento térmico posterior se recuperan gran parte de las características mecánicas del metal base, sobre todo en espesores pequeños. Las aleaciones de la serie 7000 sin cobre, presentan buenas características mecánicas tras la soldadura. Las aleaciones 7003, 7005 y 7020 pertenecen a este grupo.

Metal de aportación

Las aleaciones de las series 7xxx (aluminio-zinc-magnesio) presentan mayor tendencia a la figuración en caliente, las aleaciones con bajo contenido en cobre (<0.1%) pueden evitar esta tendencia al ser soldadas con metales de aportación de la serie 5xxx con alto contenido en magnesio.

Unión entre tubos de la misma aleación 7005:

- 5356, 4043 se obtienen los mejores resultados en sensibilidad a las grietas.
- 5183, 5356, 5556 o 5554 pueden ser utilizados.

Una buena ductilidad de la zona soldada se obtiene al utilizar varillas 5183, 5356 y 5556.

Resistencia a la corrosión

Su resistencia a la corrosión se puede ver alterada por el calor de la soldadura. En este caso no es posible soldar con aleaciones del mismo potencial eléctrico, lo preferible es que el metal base sea anódico frente al metal de aportación, como el 7005-T6 soldado con 5356.

En las series 7xxx la ZAT es anódica frente al metal base, y suelen ser pintadas para evitar la corrosión galvánica.

4.5.3. Soldadura del aluminio 7075

Por su alto contenido en cobre es la más sensible al agrietamiento en caliente, lo que hace que su soldeo sea muy delicado. Para intentar reducir este riesgo se intenta recurrir a condiciones operatorias que reduzcan el calor aplicado y el empleo de sistemas que aumenten la velocidad de enfriamiento.

La soldadura de las aleaciones Al-Zn-Mg-Cu como la 7075 poseen una ductilidad muy baja (1% o menos), esto junto a su sensibilidad al agrietamiento cuando se suelda con arco hacen desaconsejable su uso.

4.5.4. Soldadura del magnesio

El magnesio puede ser soldado por varios de los procesos por arco y resistencia, también mediante soldadura oxiacetilénica y soldadura fuerte. La soldadura de los tubos de aleaciones de magnesio suele ser llevada a cabo mediante soldadura por arco, corriente continua y polaridad directa. El magnesio es producido en diferentes estados, basados en el tratamiento térmico y el trabajo de endurecimiento. En las aleaciones endurecidas en frío, hay una pérdida de resistencia en la zona afectada térmicamente por la soldadura debido a la recristalización y crecimiento del grano. Este efecto puede minimizarse aumentando la velocidad de pasada en el soldeo. Las aleaciones ZK60A y AZ80A son altamente susceptibles al agrietamiento en caliente, además debido a la alta conductividad y coeficiente de expansión térmica, se pueden producir mayores deformaciones en las zonas soldadas.

4.5.5. Soldadura del titanio

Los tubos de titanio 3-2.5 son soldables mediante soldadura TIG (corriente continua y polaridad directa). El proceso ha de ser meticuloso, en otro caso la soldadura puede contaminarse fácilmente resultando en un fallo catastrófico de la unión. Por ejemplo, el titanio no se puede cortar en esquina. La ductilidad de la zona afectada térmicamente puede verse disminuida, por lo que será conveniente un tratamiento térmico posterior. Los cuadros de titanio son caros no solo por el coste del material, sino también a causa del delicado proceso de soldadura y la necesaria precisión en el maquinado.

4.6. Elección del diseño, proceso de fabricación de los tubos, geometría, unión y conclusión.

4.6.1. Tubos del cuadro

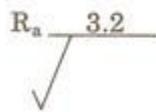
Proceso de conformado por fundición y moldeo

El proceso de fabricación que utilizaremos en la fabricación de las diferentes partes de la bicicleta será fundición por moldeo, ya que permite fabricar con mayor facilidad las diferentes piezas que debido a su geometría y diseño con otros procesos sería más complicado. Este tipo de fabricación resultará muy rentable a la hora de llevar a cabo la fabricación de piezas en serie. Especificar que en el tubo centrador de la horquilla se soldará la unión de las dos partes que componen la pieza.

Cabe destacar que las aleaciones de aluminio pueden ser extruidas en formas complejas con relativa facilidad. Esta flexibilidad en el diseño facilita, en muchos casos, superar el hecho que el aluminio y sus aleaciones sólo tienen un tercio del módulo elástico del acero. Dado que la rigidez depende no sólo del módulo elástico sino también de la geometría del perfil, es posible aumentando el grosor de un tubo de aluminio respecto al de acero que pretende reemplazar, poder llegar a obtener la misma rigidez del acero con la mitad de peso. Incluso se pueden añadir características a la forma del perfil, aumentando la rigidez de torsión.

Algunos procesos son intrínsecamente capaces de producir mejores superficies que otros. En general, el coste del proceso se incrementa con las mejoras en el acabado de la superficie. Esto se debe a las operaciones adicionales y al mayor tiempo requerido usualmente para obtener cada vez mejores superficies.

El proceso de fabricación por molde deja comúnmente un acabado de este tipo:



El proceso de moldeo proporciona un acabado semiliso que resulta cuando se usan velocidades de corte relativamente altas y avances pequeños con cortadores bien afilados.

4.6.2. Diseño de los elementos 1er esbozo

Comenzamos a diseñar la bicicleta respetando el valor de los datos de geometría previamente analizados. A partir del primer esbozo, se rediseñarán aquellas piezas o elementos en los que los resultados de su análisis nos indiquen que los datos no son válidos o consideremos excesivos.

Potencia o tubo centrador de la horquilla

El elemento del cuadro que se muestra a continuación corresponde al tubo centrador de la horquilla.

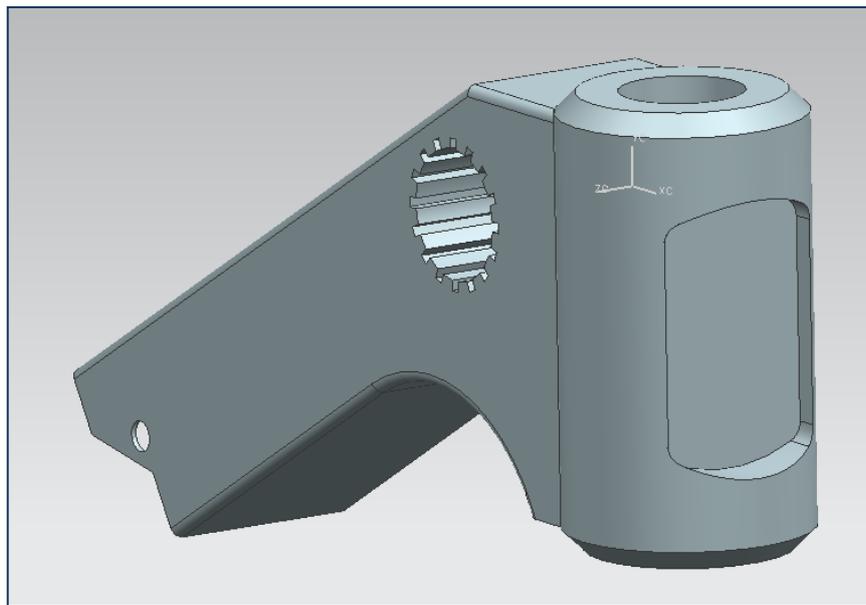


Ilustración 51. Centrador de la horquilla

Las figuras que se extraigan del molde de fabricación, soldadas, deberán proporcionar la imagen superior, a falta de realizar el mecanizado adecuado para obtener el acabado superficial. El agujero dentado central, permitirá la colocación de un pasador que fijará el tubo centrador de la horquilla con el perfil tubular del sillín. También será necesario mecanizar los taladros de en la parte inferior, que permitirán colocar el pasador encargado de fijar la barra alargadora que se ubicará en la parte interior.

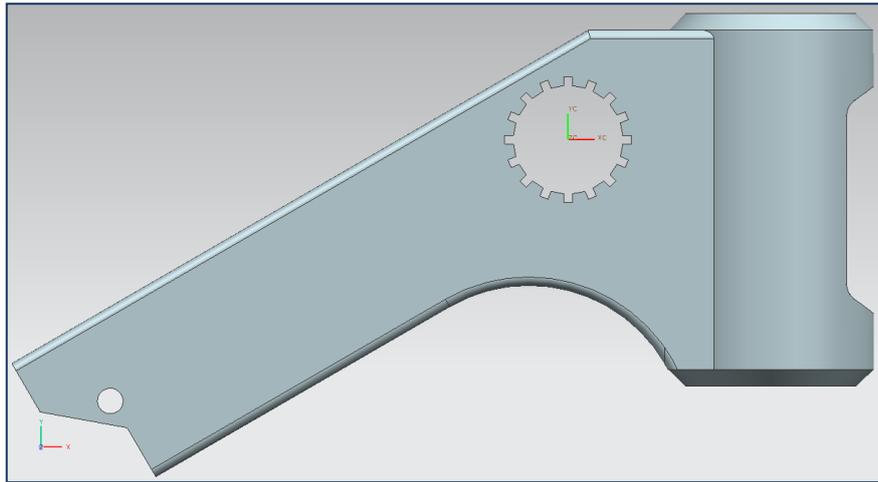


Ilustración 52. Centrador horquilla vista lateral

En la parte delantera, a la derecha de la imagen, estará ubicado el foco de la bicicleta. Será necesario obtener la cavidad para el mismo directamente a partir de la figura del molde, o bien mecanizando la cavidad una vez realizada la figura por fundición.

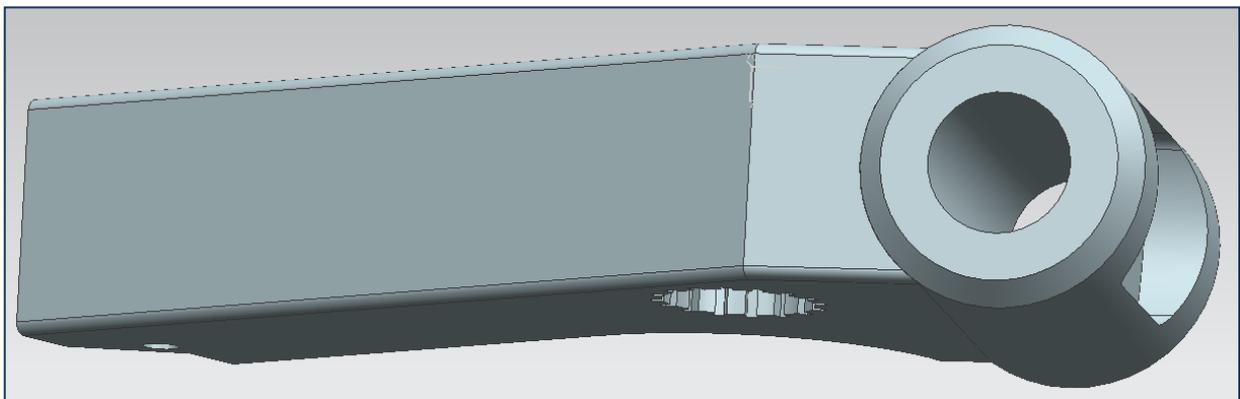


Ilustración 53. Centrador horquilla vista superior

Por el interior del agujero de $\phi 60$ mm, se situará el eje de la tija de la horquilla diseñada por nosotros mismos, también con el mismo diámetro.

La pieza será mecanizada en su totalidad para obtener el acabado superficial global de toda la bicicleta, exceptuando los acabados superficiales del interior del tubo dónde irá colocada la tija de la horquilla, ya que no es necesario un acabado tan preciso.

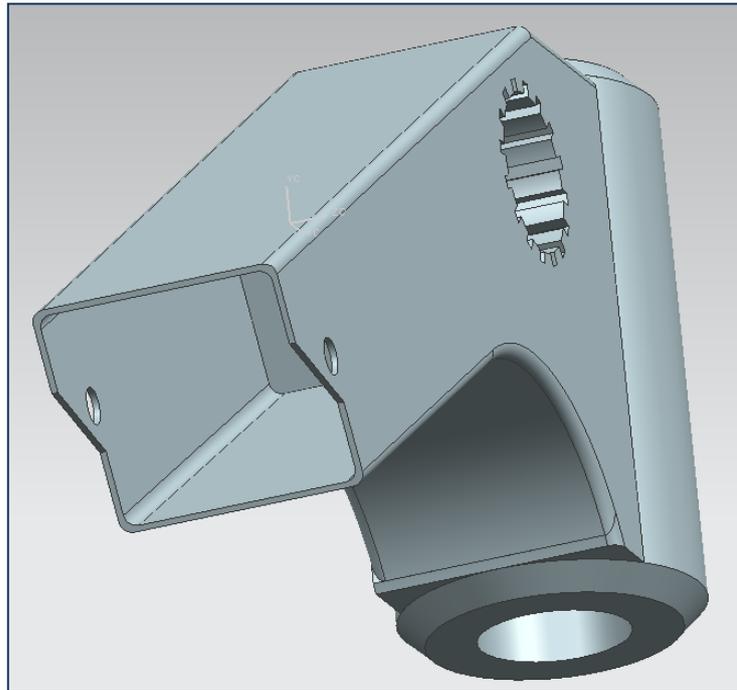


Ilustración 54. Centrador horquilla vista inferior

Tubo pedalier

Esta pieza corresponde a la parte posterior de la bicicleta, en el que irán emplazados tanto los pedales, como la batería, el eje cardan, el foco de posición y la rueda trasera.

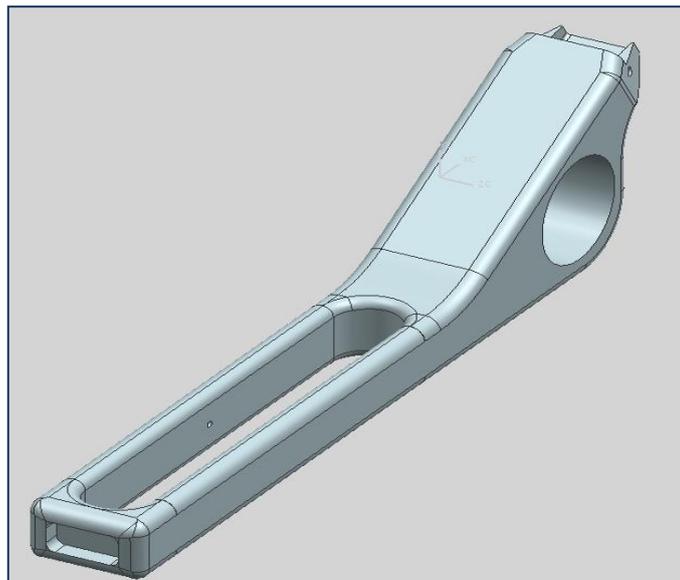


Ilustración 55. Tubo pedalier

Posteriormente se mecanizará el agujero del pedalier en el que irán situados los pedales, juntamente con el mecanismo de engranajes necesario para hacer funcionar el eje cardan, encargado de transmitir el movimiento a la rueda trasera. En la foto no puede observar, pero nuestra intención es situar el eje cardan por el interior del tubo lateral que es hueco parcialmente desde la parte trasera de la rueda hasta la curvatura de la pieza, motivo por el cual habría que mecanizar un agujero pasante solamente en una de las paredes laterales desde la curvatura central hasta la parte posterior.

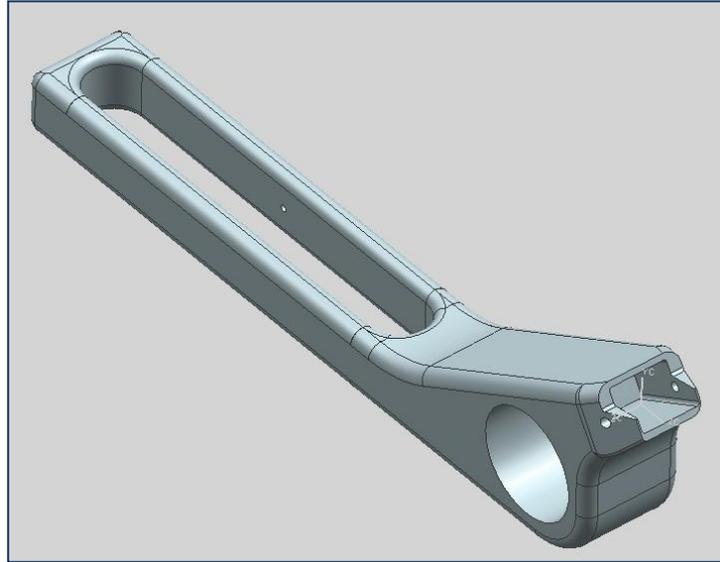


Ilustración 56. Tubo pedalier vista superior

Este agujero pasante tendrá una longitud de unos 240 mm tal como se puede observar en la imagen inferior. La batería estará ubicada en la parte interior, quedando a cubierto de las inclemencias climatológicas. Hemos prestado especial atención en dejar el espacio necesario para que tanto la batería, como el eje Cardan, dispongan del suficiente espacio para la colocación de los dos componentes.

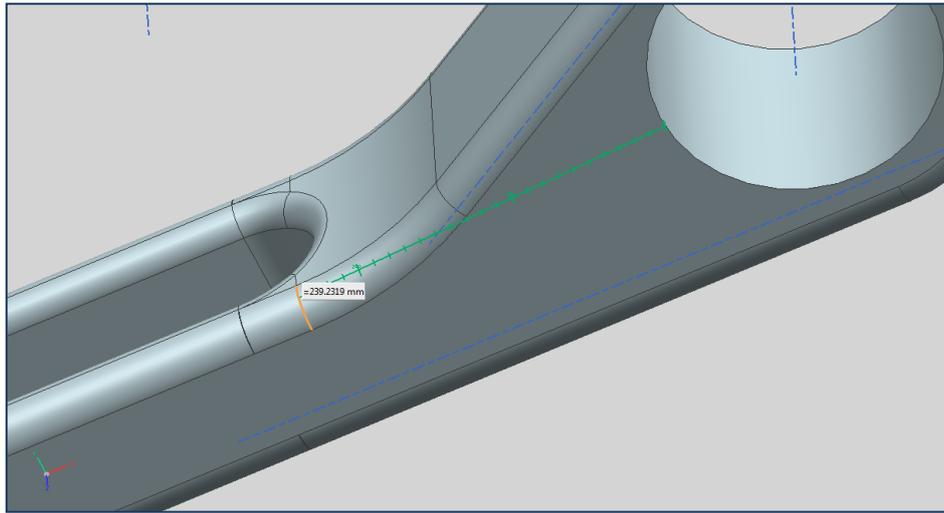


Ilustración 57. Tubo pedalier vista lateral

También se mecanizará el agujero que permita la colocación del foco trasero de luz, en la parte posterior de la bicicleta. Los radios de las esquinas de las paredes mecanizadas, se les ha aumentado el radio en aquellas zonas que lo permitían.

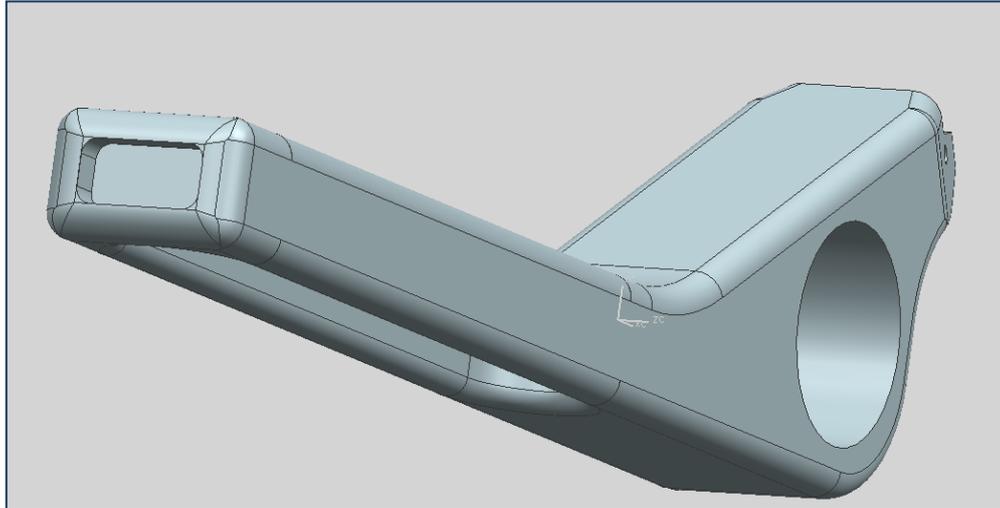


Ilustración 58. Tubo pedalier vista posterior

La parte superior al pedalier, está diseñado y adaptado para permitir la colocación del tubo interior que permite la adaptabilidad. En la figura inferior se puede observar como en la parte derecha de la pieza, existe una cara de apoyo, encima de la cual irá situado el tubo interior, en el cual se mecanizarán los taladros correspondientes para permitir que se pueda colocar un pasador, fijando las dos piezas.

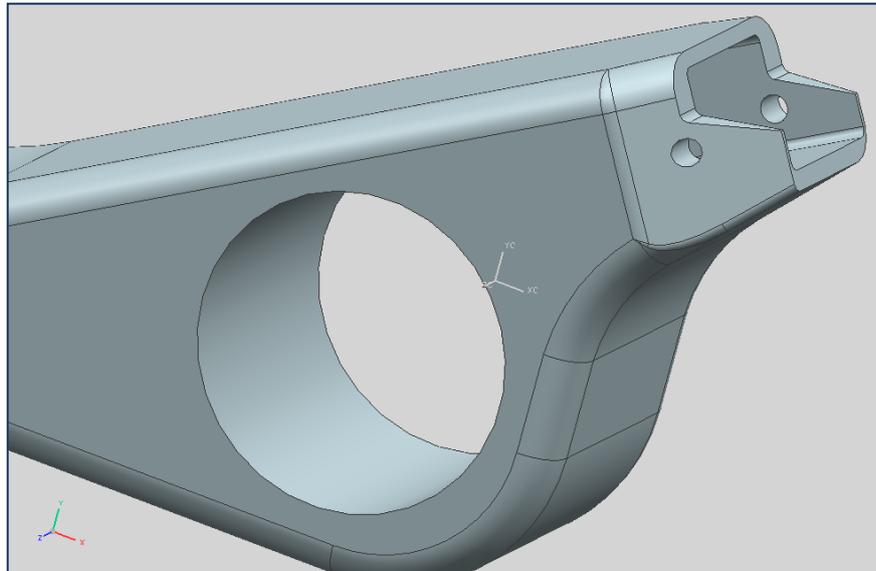


Ilustración 59. Tubo pedalier vista central

Tubo regulación altura del asiento.

1er Diseño realizado

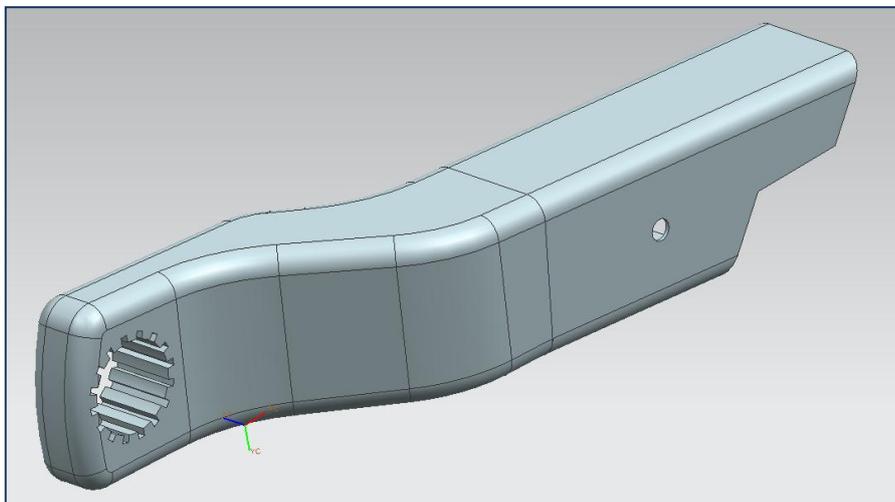


Ilustración 60. Tubo regulación altura asiento vista superior

Existe una parte de tramo de tubo hueco en la parte derecha de la imagen para que se fije con el tubo del asiento. En la parte izquierda en cambio se mecanizará el agujero pasante dentado. Este tramo será macizo aumentando la rigidez de la pieza.

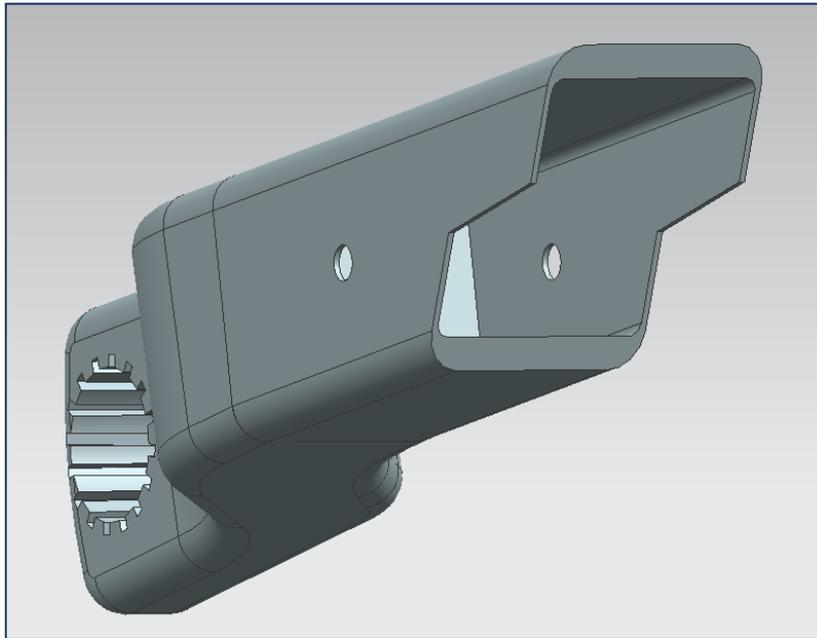


Ilustración 61. Tubo calibración altura asiento vista posterior

Como hemos comentado, la parte central de la bicicleta se ha diseñado realizando una curvatura, con tal de que el actual tubo de calibrage de la altura del asiento y el tubo centrador de la horquilla dispusieran de mayor recorrido en los movimientos de regulación de la altura del asiento, sin que se llegaran a tocar.

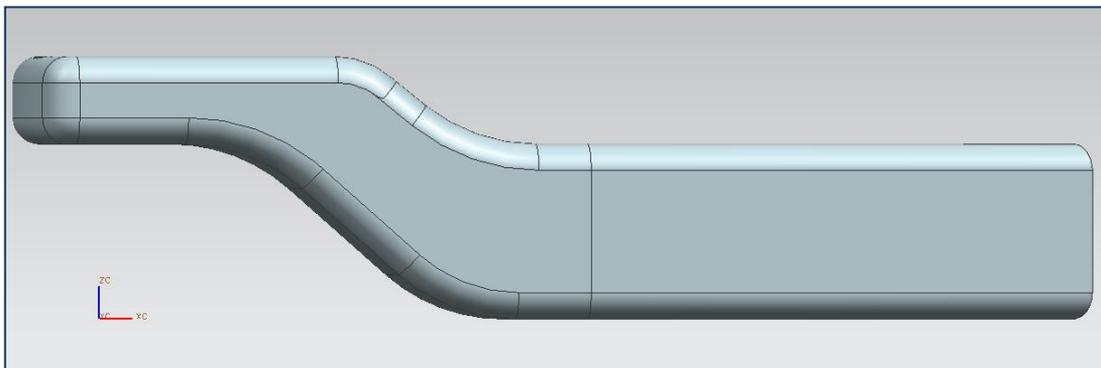


Ilustración 62. Tubo calibrage altura asiento vista superior

Esta pieza por la parte posterior, a la izquierda de la imagen, permite que se le pueda acoplar el tubo en el cual va colocado el asiento de la bicicleta. Permite que el tubo del asiento pueda acoplarse el tramo necesario por el interior de este, ya que los dos tubos disponen del mismo ángulo de inclinación, permitiendo que la pared inferior del tubo del asiento se vaya apoyando sobre la pared interior del tubo de

la imagen representada. Una vez los dos tubos han quedado acoplados, es cuestión de hacer pasar por ambos un pasador, el cual impedirá que se desacoplen.

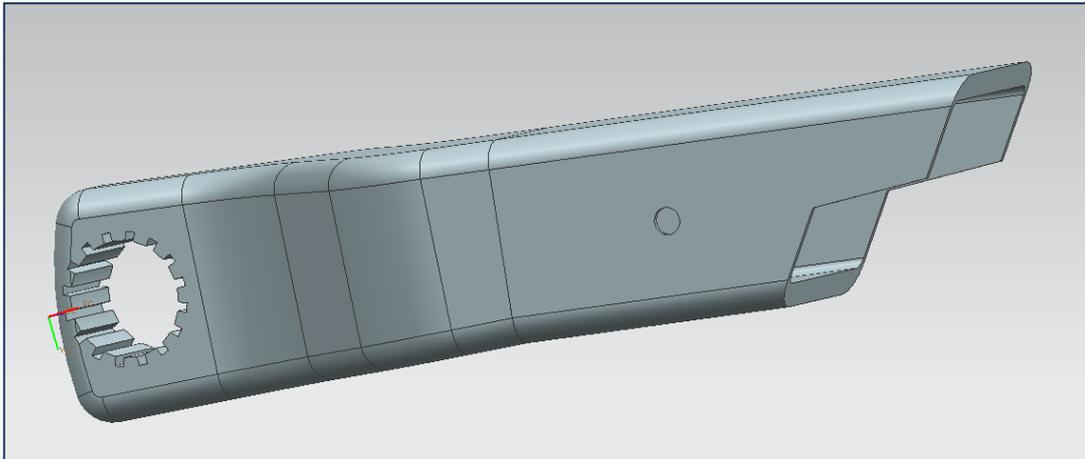


Ilustración 63. Tubo calibre altura asiento vista lateral

2º Diseño realizado

Una vez ensamblada el primer diseño de la pieza diseñada con el resto de los componentes, en el programa de diseño nos dimos cuenta de que esta pieza finalmente chocaba con el tubo centrador de la horquilla. Este inconveniente queríamos evitarlo con la deformación central que se le daba a la propia pieza, pero al llevarla a la práctica, no era suficientemente efectiva ya que al bajar el tubo hacia abajo no obteníamos el grado de inclinación que queríamos.

Es por ello que decidimos realizar un segundo diseño. En este, además de continuar manteniendo la deformación central, hemos modificado la parte inferior del tubo quitándole material a lo largo de una distancia de unos 200 mm longitudinalmente.

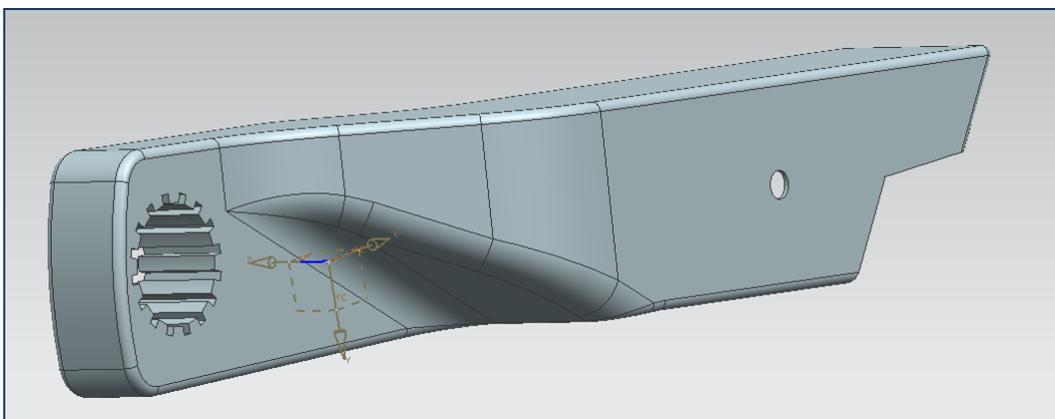


Ilustración 64. Tubo calibre altura asiento 2º diseño

Con este nuevo diseño, una vez ensamblado con el resto de la bicicleta conseguimos que al bajar el tubo hacia abajo, el grado de movimiento fuese suficiente.

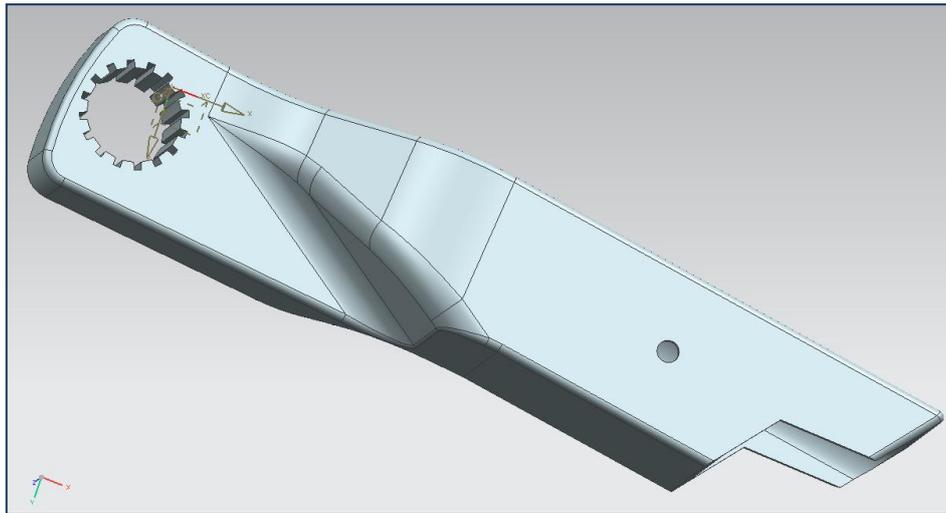


Ilustración 65. Tubo calibraje altura asiento vista lateral

Tubo asiento

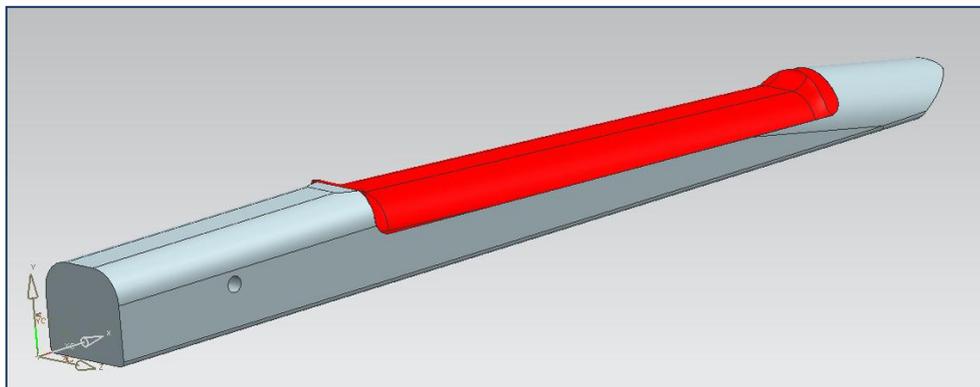


Ilustración 66. Tubo asiento vista superior

La parte delantera, a la derecha de la imagen, dispone de unas dimensiones mayores, a diferencia de la parte posterior, dónde la estrechez del tubo se hace evidente, consiguiendo así un diseño con un perfil menor.

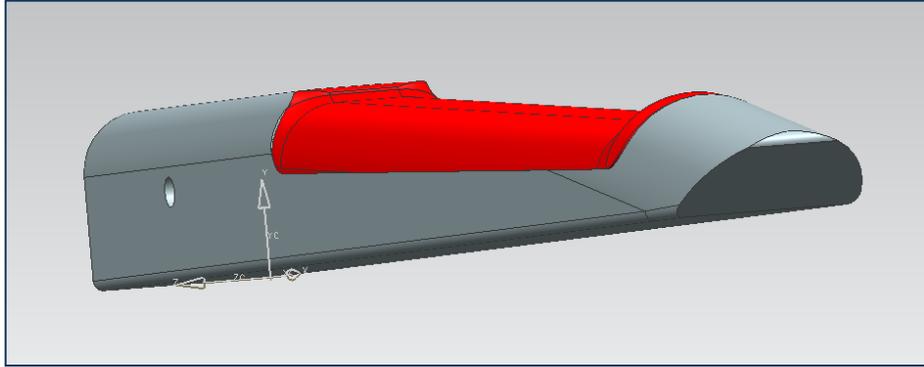


Ilustración 67. Tubo asiento vista posterior

Una vez obtenida la pieza, sería cuestión de llevar a cabo todo el proceso de mecanizado, obteniendo las calidades superficiales especificadas. Será necesario mecanizar el agujero pasante, tal como se ve en la figura. Este permitirá que una vez se coloque esta pieza dentro del tubo que calibra la altura del asiento, queden fijadas ambas figuras.

Potencia

Esta pieza es la encargada de sujetar el manillar apoyándose en la horquilla para que este se mantenga firme y quede fijado.

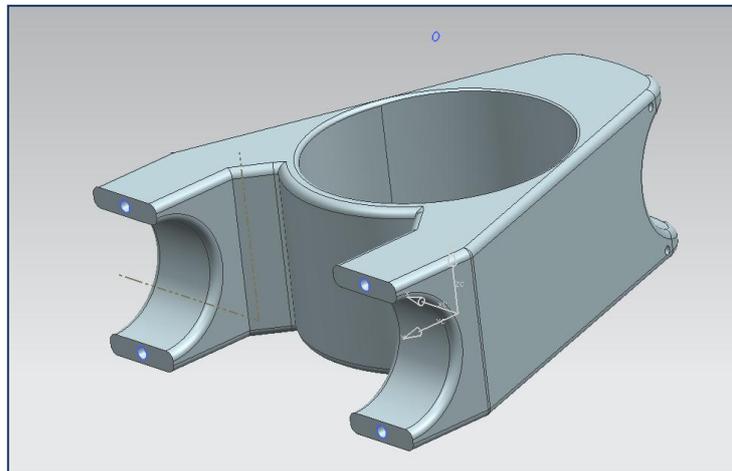


Ilustración 68. Potencia

La potencia queda montada sobre una serie de arandelas que regularán la altura del manillar. En la imagen inferior podemos ver las arandelas que en un apartado más adelante analizaremos.

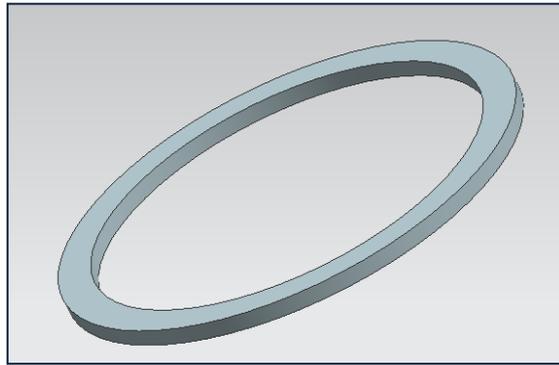


Ilustración 69. Arandela reguladora altura manillar

Pese a que en la imagen no se percibe, la potencia tiene un corte transversal, permitiendo que se unan ambas partes una vez se coloca la tija de la horquilla y fijando la misma con dos tornillos situados en la parte frontal. Se colocan también dos piezas de sujeción al manillar atornilladas a la potencia para que no haya juego.

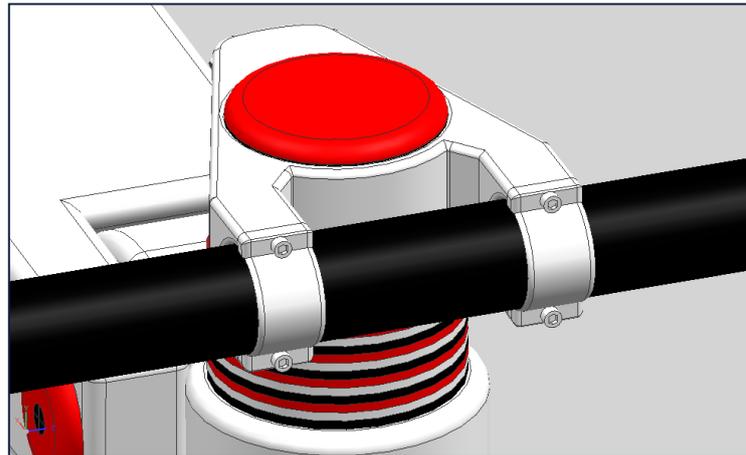


Ilustración 70. Sujeción manillar

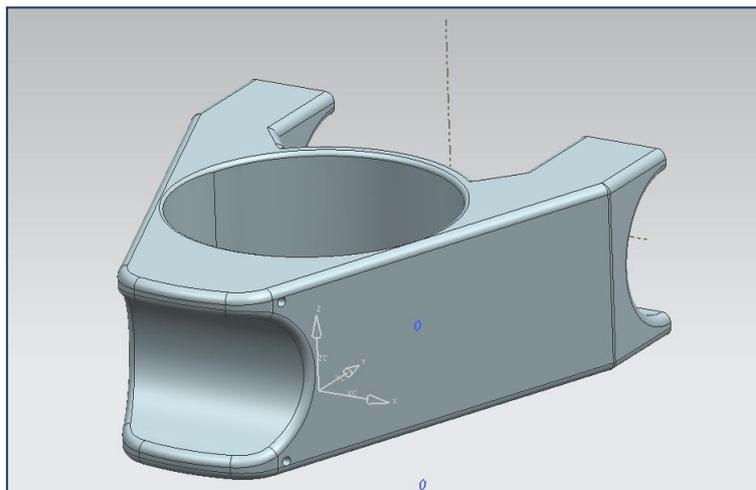


Ilustración 71. Potencia

Se fabricará por fundición de aluminio con la figura de molde adecuado. La siguiente es la tapa fijadora del manillar con la potencia.

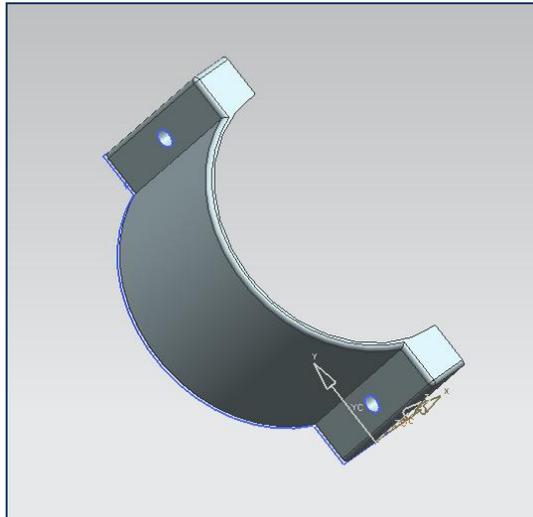


Ilustración 72. Tapa fijadora manillar

Barra alargamiento

Esta pieza podríamos decir que permite unir la parte delantera de la bicicleta con la posterior. Está barra se situará por el interior de la pieza que forman el tubo diagonal de la bicicleta. Permitirá el alargamiento del cuadro, ajustando la altura de la bicicleta. Se ha diseñado un tubo con nervios, reduciendo el material y en consecuencia el peso. El tubo dispone de 10 agujeros para ajustar la posición de los pasadores.

- Perfil: 100 x 95mm
- Maciza

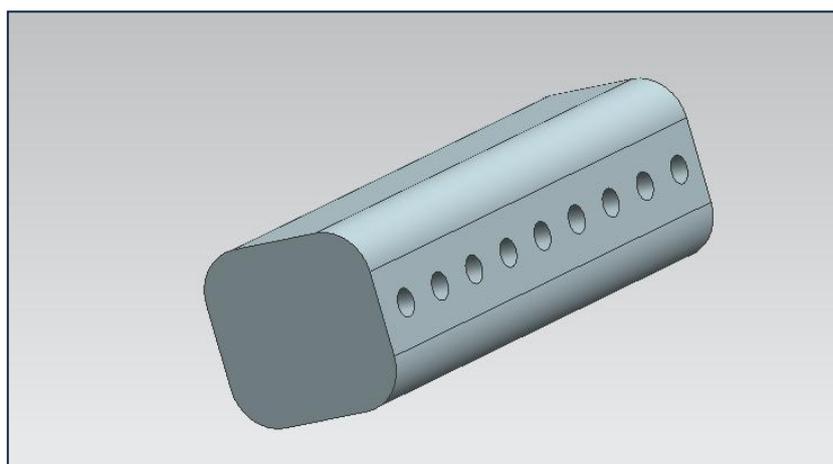


Ilustración 73. Barra alargamiento

4.6.3. Diseño elementos ensamblados 1er esbozo

Diferentes posiciones de la bicicleta

A continuación mostraremos las diferentes posiciones que podemos obtener con la bicicleta. Este punto tiene especial importancia ya que un objetivo del proyecto es conseguir que la bicicleta sea adaptable a usuarios a los que les correspondería diferentes tallas.

Tubo interior macizo - máxima posición

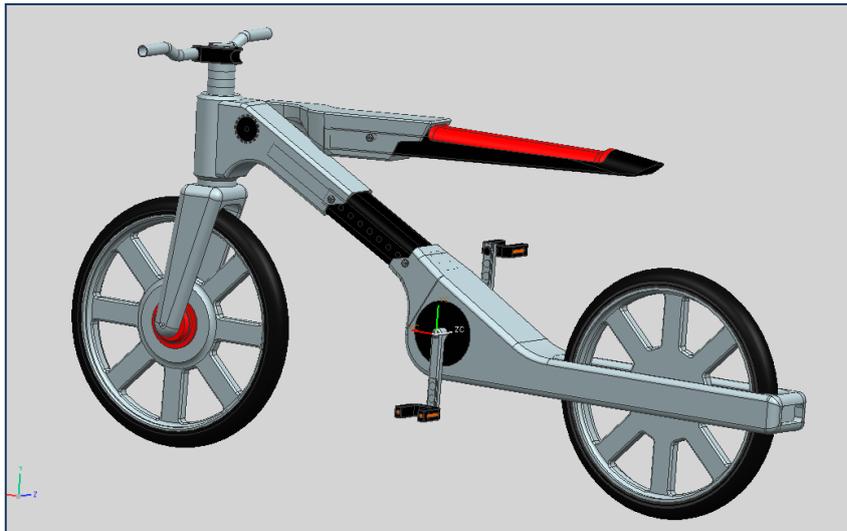


Ilustración 74. Tubo interior macizo - máxima posición

Posición de los tornillos de sujeción en la posición 1 y 9 de la barra maciza interior.

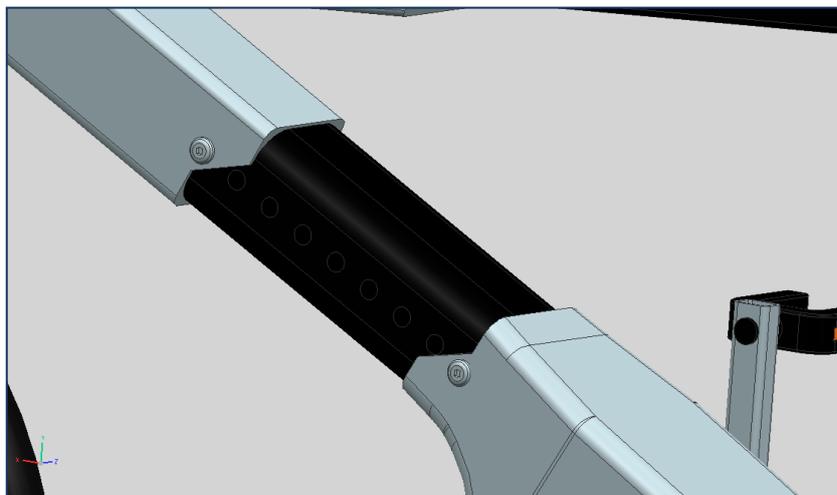


Ilustración 75. Extensión 1 y 9

Tubo interior macizo - media posición

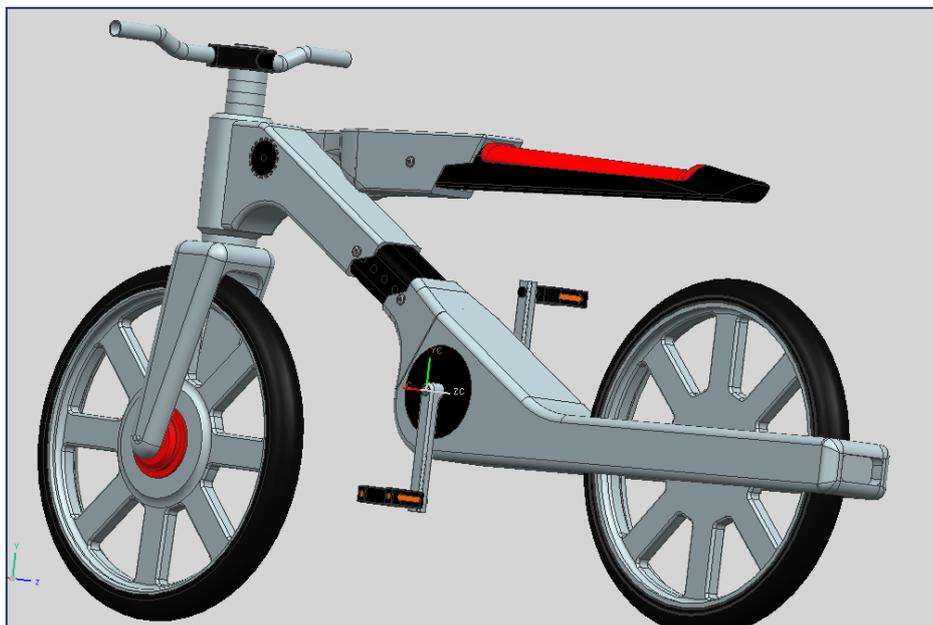


Ilustración 76. Vista media posición

Posición de los tornillos de sujeción en la posición 2 y 7 de la barra maciza interior.

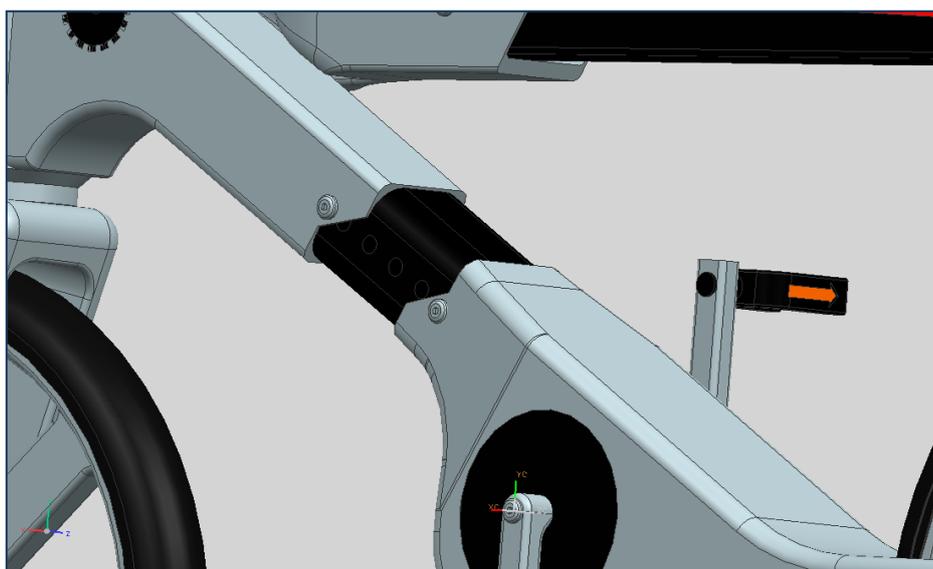


Ilustración 77. Posición 2 y 7

Tubo interior macizo - mínima posición



Ilustración 78. Tubo interior macizo - mínima posición

Posición de los tornillos de sujeción en la posición 4 y 5 de la barra maciza interior.

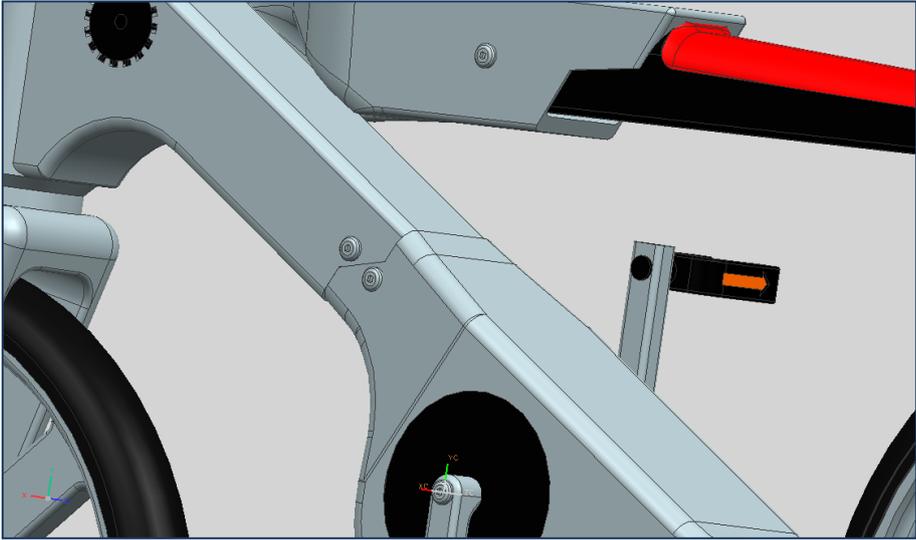


Ilustración 79. Posición 4 y 5

Conjunto vista lateral derecho

La bicicleta se ha diseñado con la ayuda del programa Unigraphics. Para hacerlo, hemos ido diseñando cada una de las partes por separado, y una vez realizadas las hemos juntado formando el conjunto de la imagen. Una vez ensambladas hemos pintado las piezas de la bicicleta. Se han pintado los pedales de color negro y los elementos reflectantes e intermitentes amarillo anaranjado.

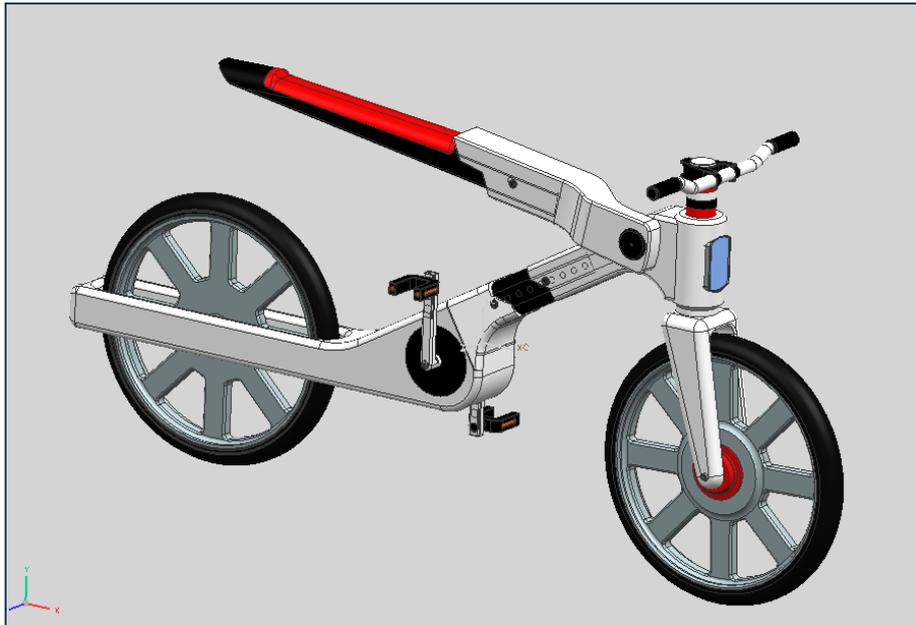


Ilustración 80. Conjunto vista lateral

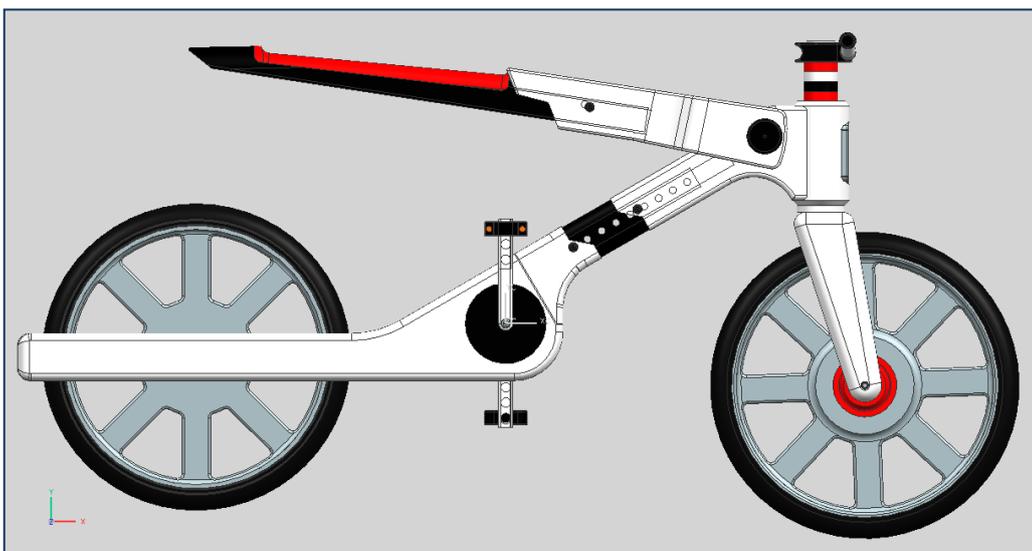


Ilustración 81. Conjunto vista lateral derecho 1er esbozo

Conjunto vista lateral izquierda

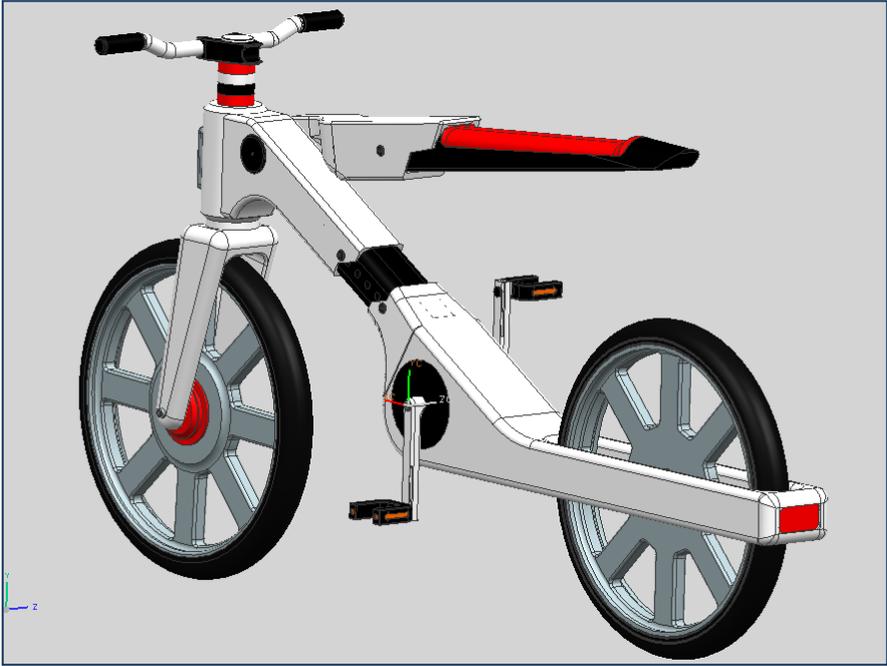


Ilustración 82. Conjunto vista posterior lateral 1er esbozo

Conjunto vista superior e inferior

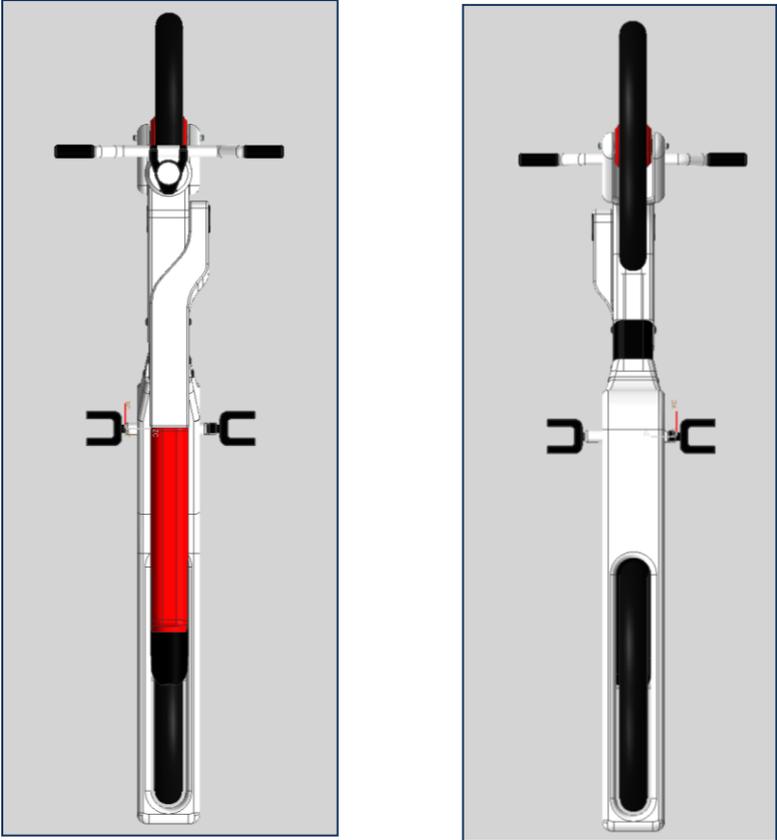


Ilustración 83. Vista superior e inferior

Conjunto vista frontal y posterior

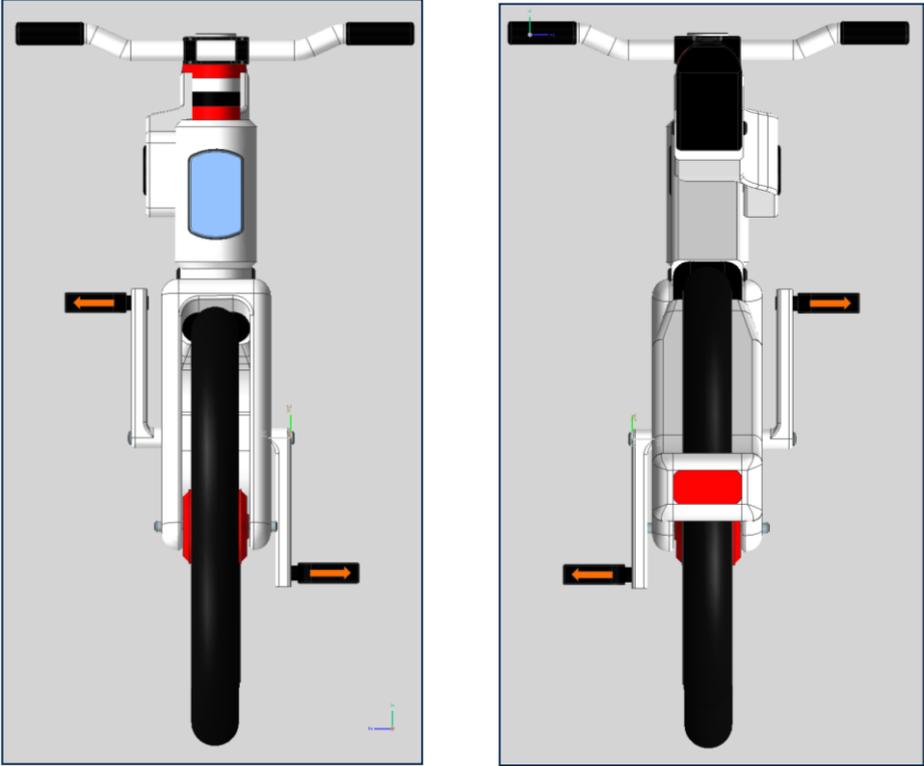


Ilustración 84. Vista delantera y posterior 1er esbozo

Conclusión del 1er esbozo del cuadro

Durante la realización del diseño de las diferentes piezas de aluminio que componen la bicicleta, nos hemos encontrado que una vez realizado el diseño de las piezas y analizadas, las piezas eran demasiado grandes, es decir, estaban sobredimensionadas. En especial la pieza posterior de la bicicleta, donde va situada la rueda trasera. El motivo fue que era especialmente importante dejar el hueco vacío suficientemente grande en el que ubicar la batería, situada entre el pedalier y la rueda trasera, así como disponer de las dimensiones necesarias para que el eje Cardan pudiese ser situado por el interior del tubo lateral, transcurriendo desde el pedalier hasta la rueda trasera disponiendo de los engranajes necesarios para su correcto funcionamiento.

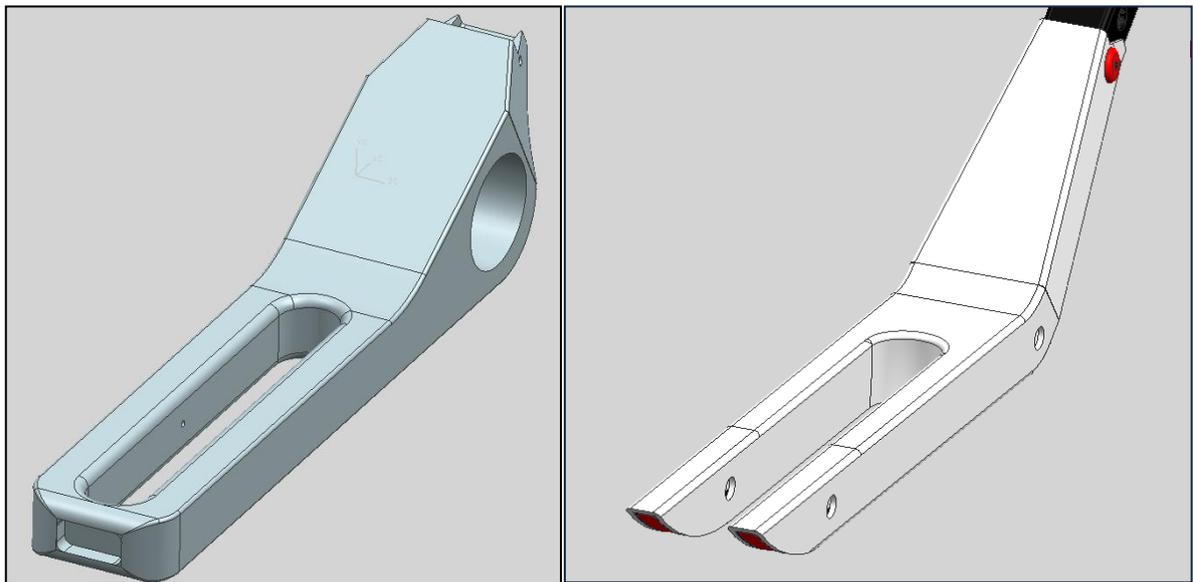


Ilustración 85. Comparación tubos pedaliers

En la imagen superior izquierda, está representado el diseño inicial. A la derecha en cambio, se puede observar como una vez se han realizado las modificaciones, toda la pieza en general se ha reducido considerablemente reduciendo el peso de la bicicleta. Mejoramos aspectos como la agilidad y facilidad de movimientos para su conducción. Se ha reducido el ancho de los tubos laterales y también la parte central del eje del pedalier se ha reducido notablemente.

4.6.4. Diseño de los elementos final

Tubo del asiento

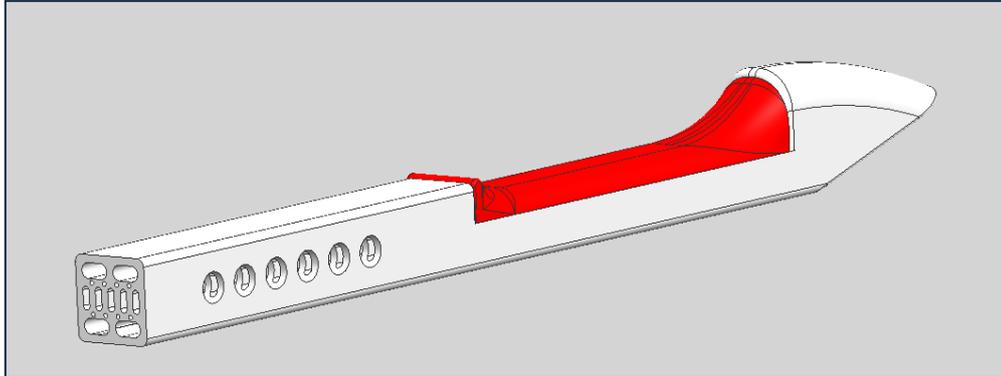


Ilustración 86. Tubo asiento

Finalmente el tubo del asiento se ha diseñado situando la luz de posición en la parte posterior de este, ya que en la pieza del tubo del pedaliar en el que se fija la rueda y el cambio NEXUS se suprime el tramo que unía ambas paredes laterales. El tramo del asiento donde se sentará el ciclista se ha reducido para que quede mejor situado encima de la bici. Aún así, en una fabricación final de la bicicleta se debería determinar en mejor medida mediante pruebas empíricas la mejor medida para un mejor confort.

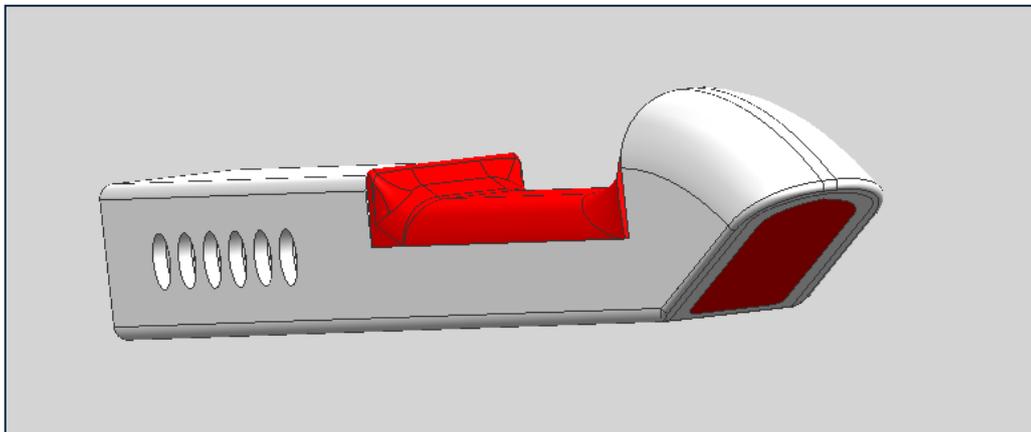


Ilustración 87. Tubo asiento vista lateral

Tubo centrador horquilla (cuadro parte delantera)

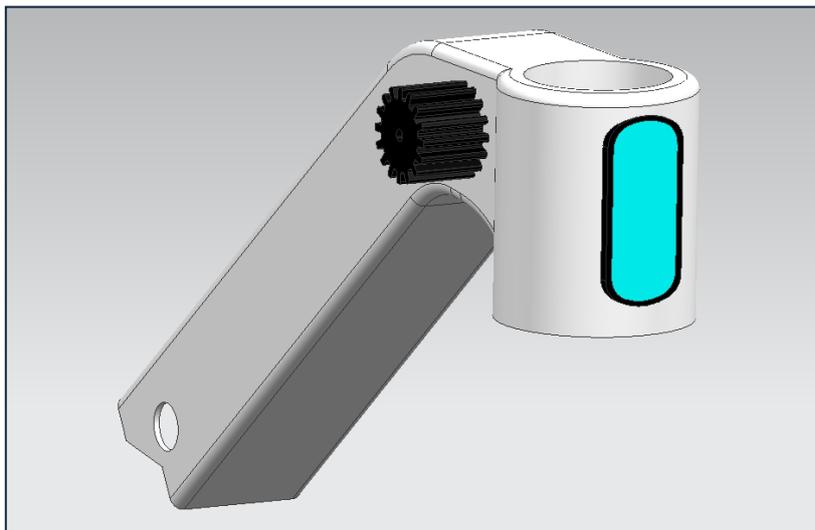


Ilustración 88. Tubo centrador horquilla

En la imagen superior se puede ver cómo queda situado el pasador dentado encargado de fijar la pieza, que centra y fija el tubo del asiento al cuadro.

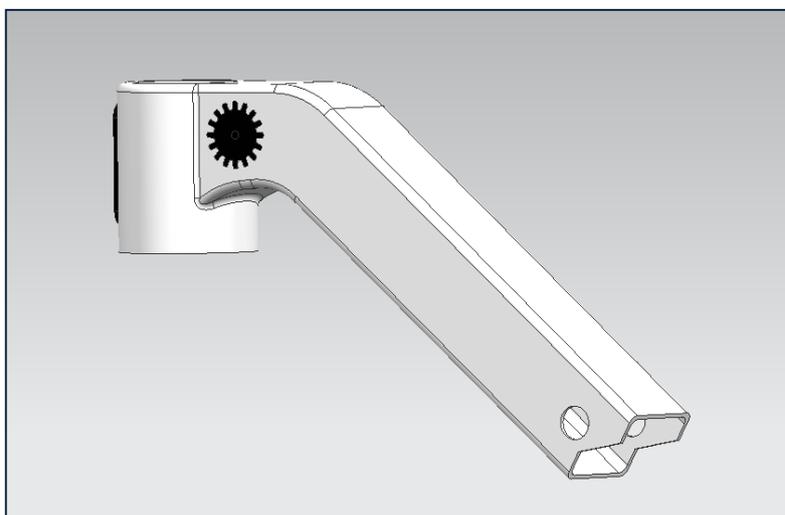


Ilustración 89. Potencia o tubo centrador de la horquilla 1

Tubo soporte pedalier (cuadro parte inferior)

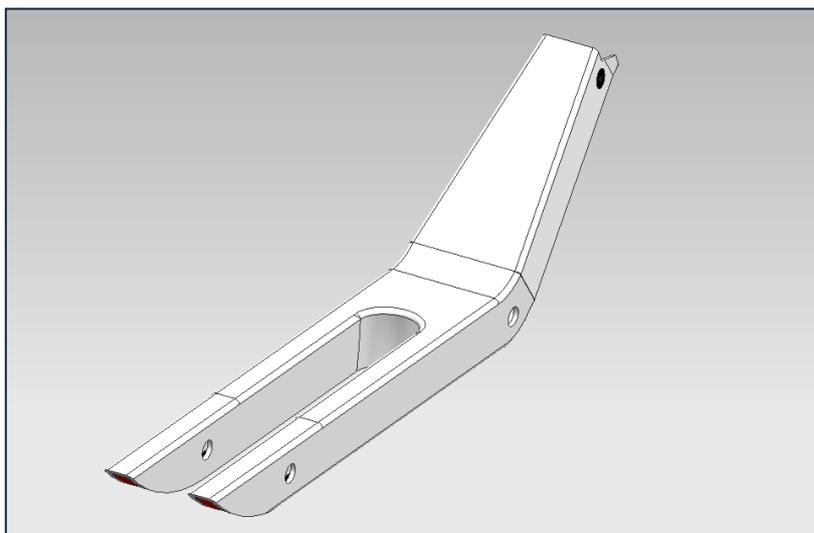


Ilustración 90. Tubo soporte pedalier

En la parte inferior del tubo de soporte, quedará fijada la tapa del cuadro que tapa la batería y el Cardán para el montaje de estos elementos así como su posterior mantenimiento.

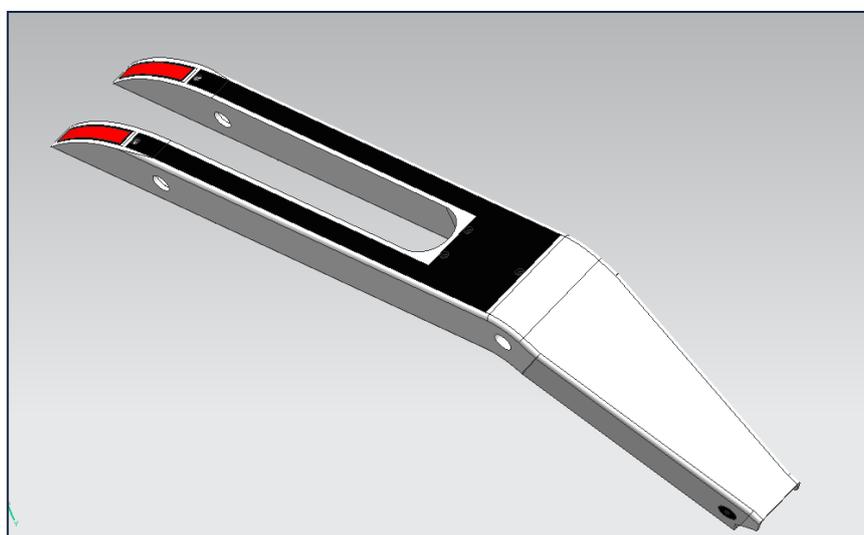


Ilustración 91. Tapa Cardán y batería

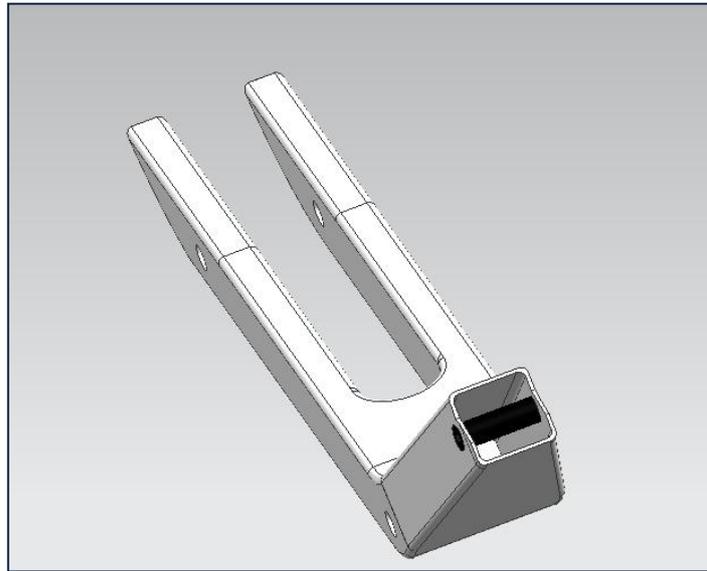


Ilustración 92. Tubo pedalier 1

A modo de representación, se han dibujado situados el eje Cardán, la batería y el controlador. El eje Cardan de color azul transcurrirá por el lado derecho de la pieza del pedalier. La batería de color rojo se fijará en la ubicación previamente mecanizada u obtenida por el molde (dependiendo del coste de cada uno). El elemento verde representa el controlador. Los diferentes dispositivos se sujetarán por bridas metálicas.

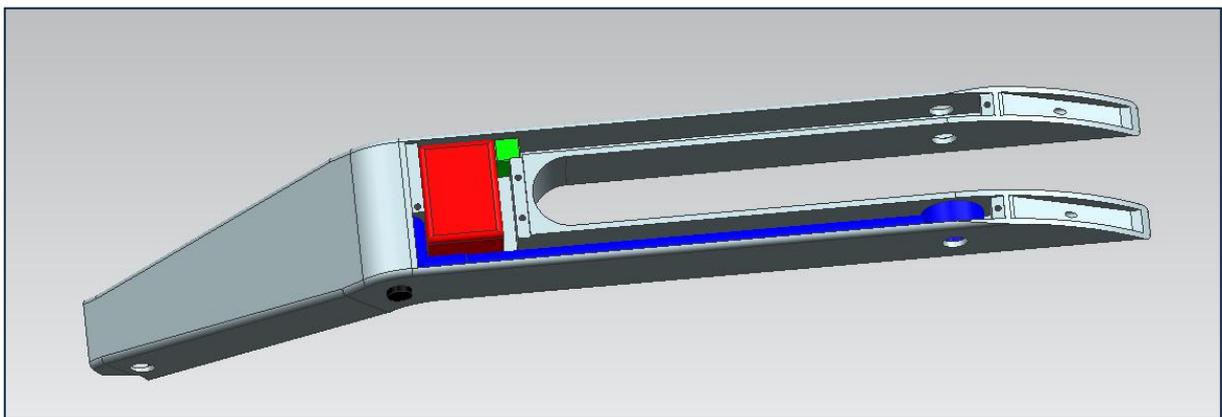


Ilustración 93. Posición Cardán, batería, controlador en tubo pedalier vista 1

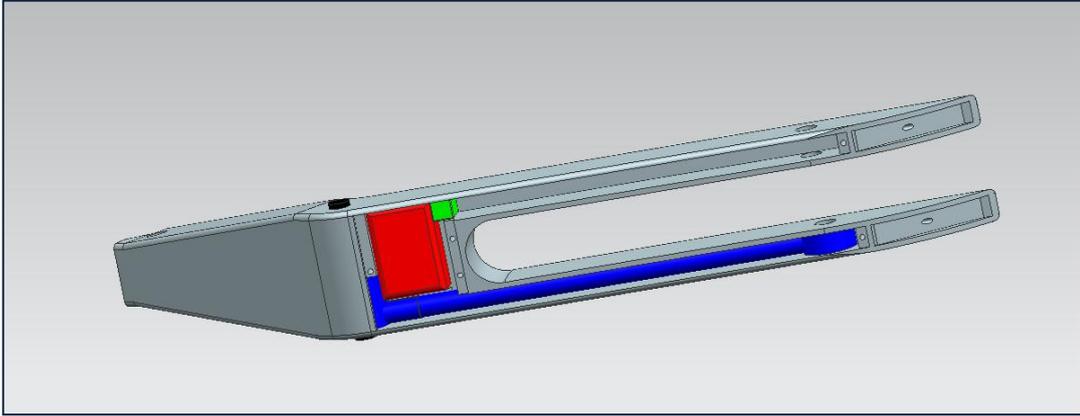


Ilustración 94. Posición Cardán, batería, controlador en tubo pedalier vista 2

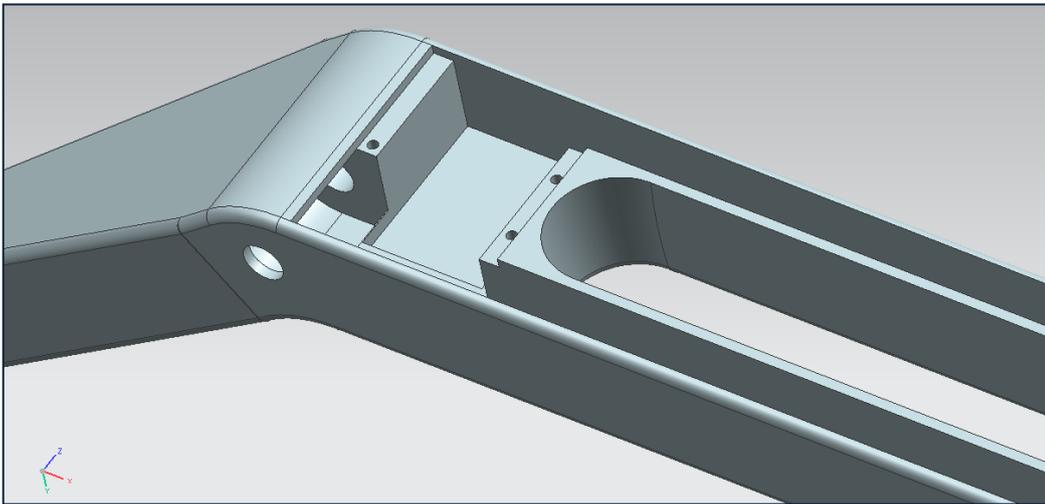


Ilustración 95. Vista cavidad Cardán y batería

Otros elementos

Diseño del foco delantero

Hemos diseñado un tipo de foco para el montaje en la bicicleta. Este quedará fijado en el hueco mecanizado en la parte delantera del tubo centrador de la horquilla.

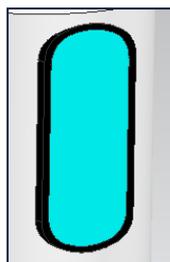


Ilustración 96. Foco delantero

Motor montado en la rueda delantera

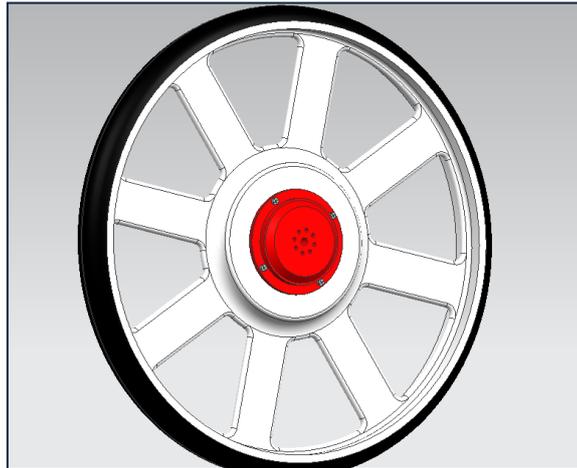


Ilustración 97. Rueda con motor

El motor se fijará a la llanta por cuatro tornillos en cada una de las caras laterales de la llanta.

Cambio Nexus montado en la rueda trasera



Ilustración 98. Rueda con cambio NEXUS

El cambio Nexus se fijará a la llanta por ocho tornillos M6 en cada una de las caras laterales de la llanta.

Puños del manillar



Ilustración 99. Puño del manillar

Se han diseñado un juego de puños para el manillar.

Disco de freno delantero

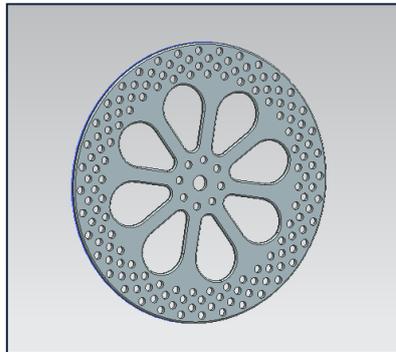


Ilustración 100. Disco de freno

El disco de freno se fijará en la carcasa del motor situado en la rueda delantera.

Indicador intermitencia y luces

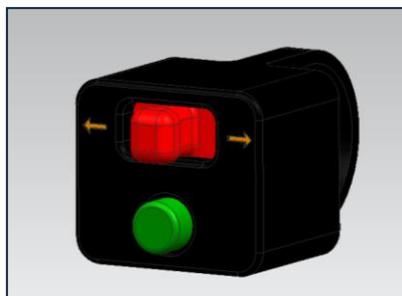


Ilustración 101. Indicador intermitencia y luces

El botón verde realizará funciones de encender y apagar luces. El interruptor rojo se utilizará para accionar los intermitentes de la bicicleta.

Indicador batería y kilometraje



Ilustración 102. Indicador batería y kilometraje

Este mecanismo nos indicará el nivel de batería y realizará funciones de cuentaquilómetros.

Pasador dentado

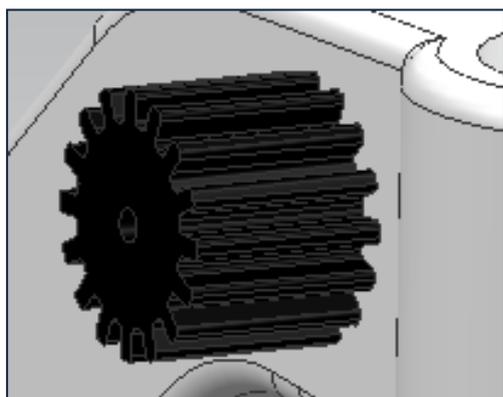


Ilustración 103. Pasador dentado

PARÁMETROS DEL PIÑÓN	
Dientes	16
Módulo	2,5
Diámetro primitivo	35
Diámetro interior	40
Diámetro exterior	40
Ancho de diente	3,2

Se han diseñado dos modelos:

- De 90mm (modelo nº2) de longitud
- De 120 mm (modelo nº1) de longitud.

El modelo nº2 se utilizará para sujetar la pieza que sujeta el asiento al cuadro nº2 (mono brazo) y el de 120 mm para el modelo nº1, es decir el que sujeta el asiento al cuadro por dos brazos y por ambos lados. El engranaje dentado, además de sujetar el asiento al cuadro, también permitirá variar la inclinación del asiento en función del cliente, avanzando o retrasando los dientes, variando de este modo la inclinación de la pieza que sujeta el asiento al cuadro.

4.6.5. Diseño elementos ensamblados final

Los diseño de las piezas siguientes se fabricarán de la misma manera que el 1er diseño realizado explicado en el apartado 4.6.2.

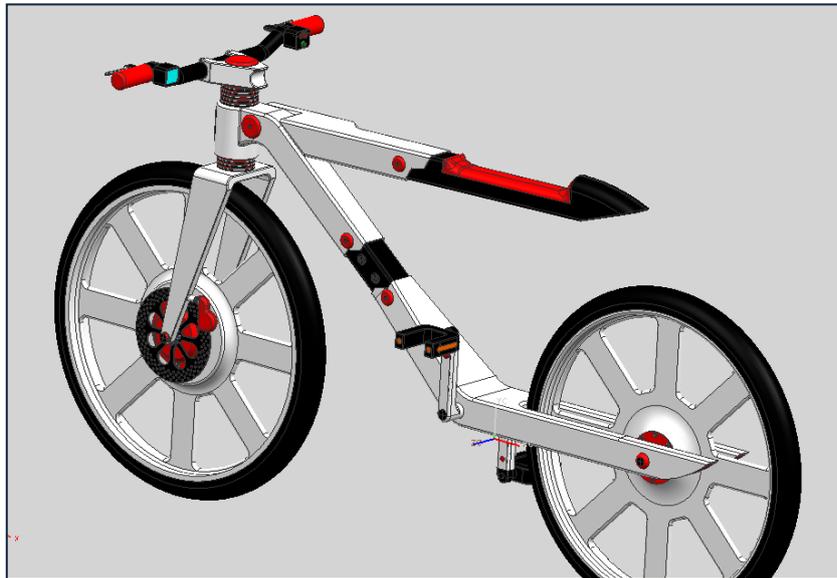


Ilustración 104. Vista lateral

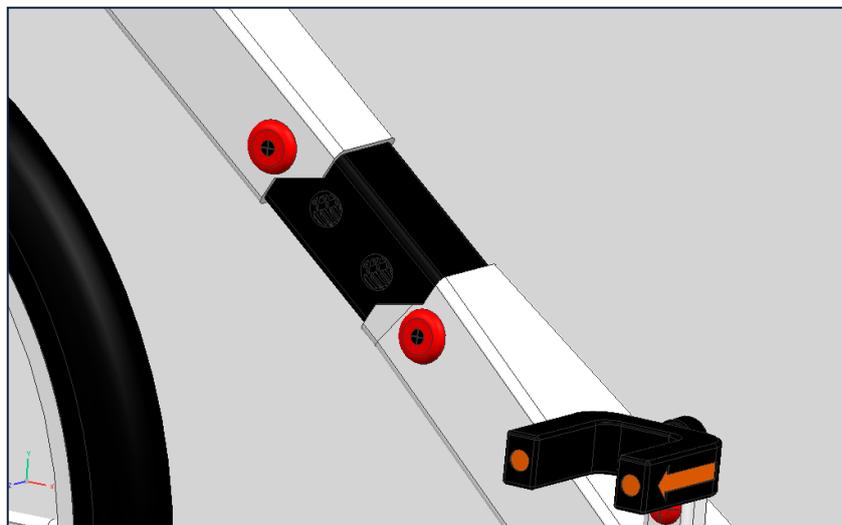


Ilustración 105. Vista extensión

Conjunto vista lateral derecho e izquierdo.

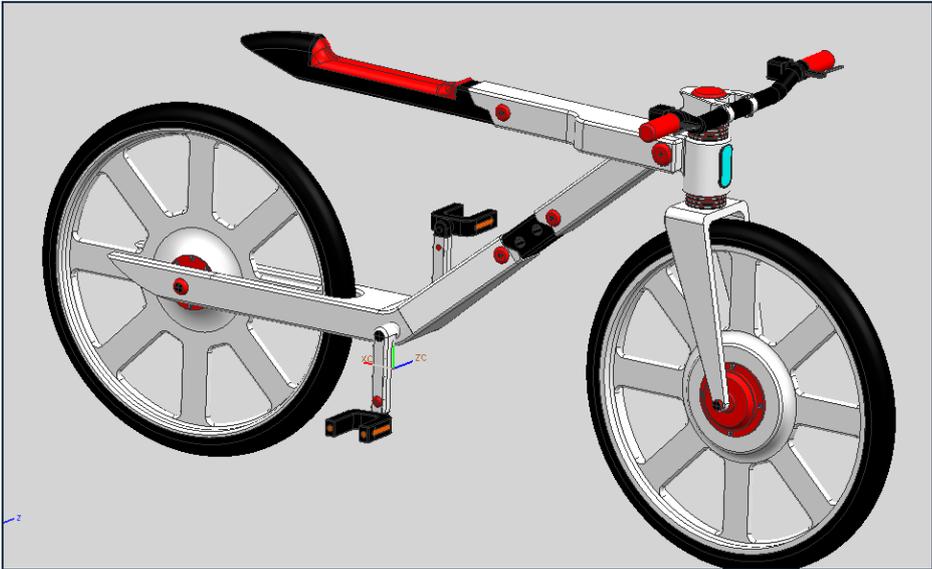


Ilustración 106. Vista lateral

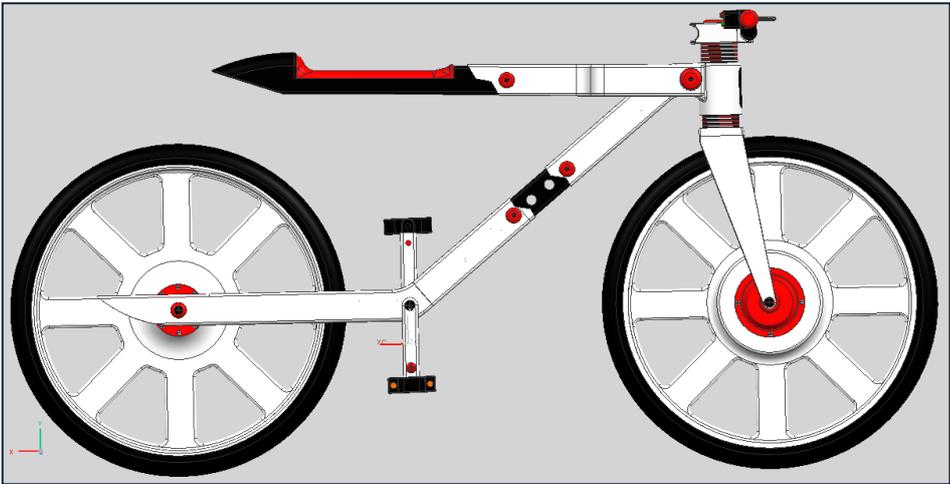


Ilustración 107. Perfil derecho

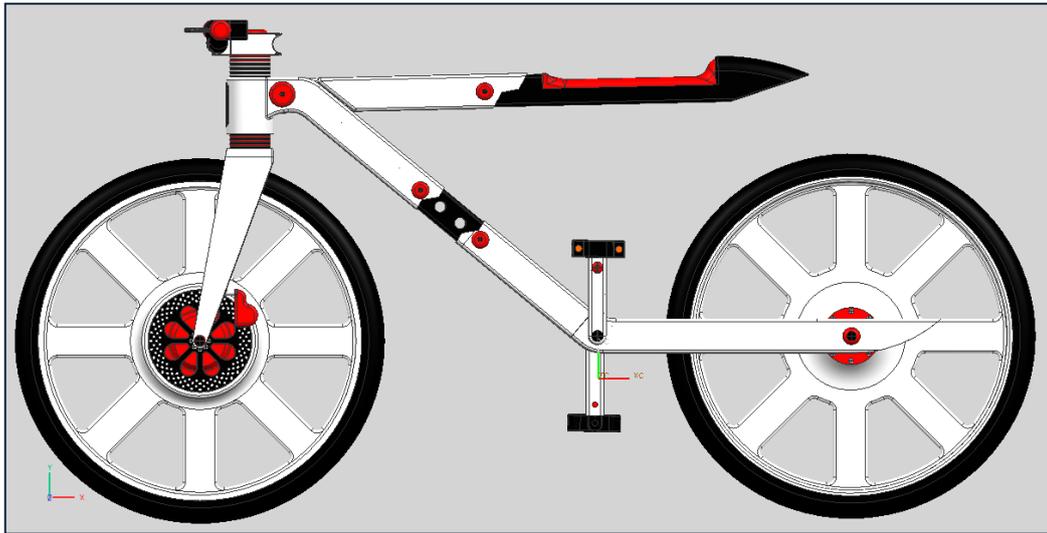


Ilustración 108. Perfil izquierdo

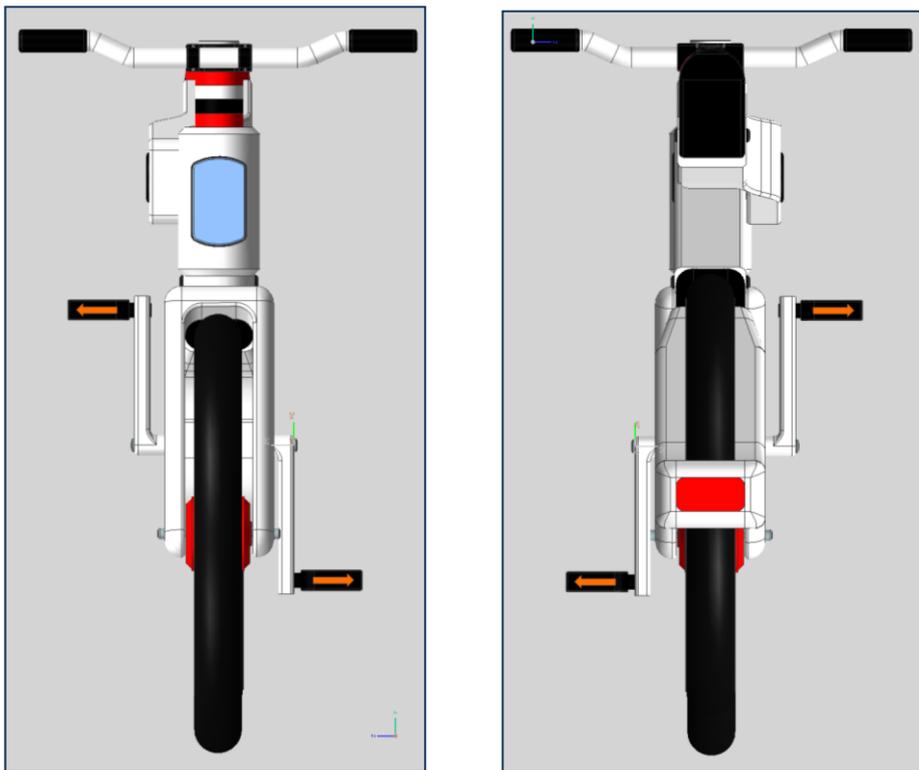


Ilustración 109. Vista frontal y posterior

Horquilla

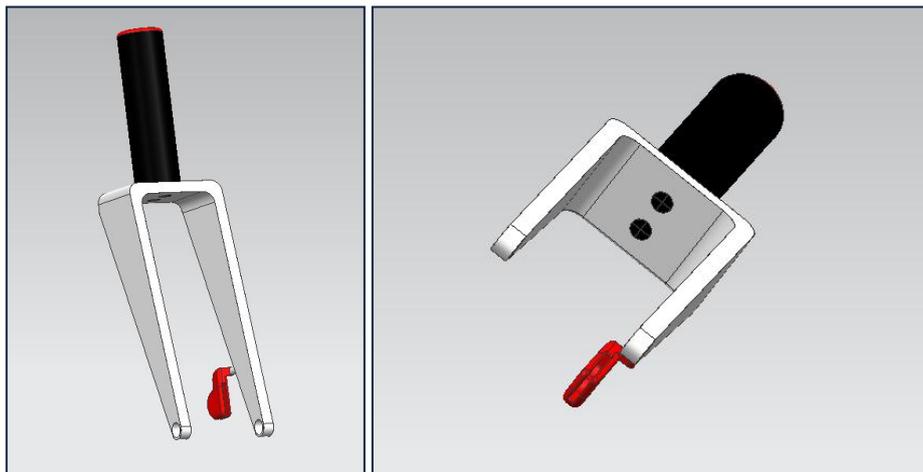


Ilustración 110. Horquilla

Tubo regulador altura asiento (soporte del asiento al cuadro)

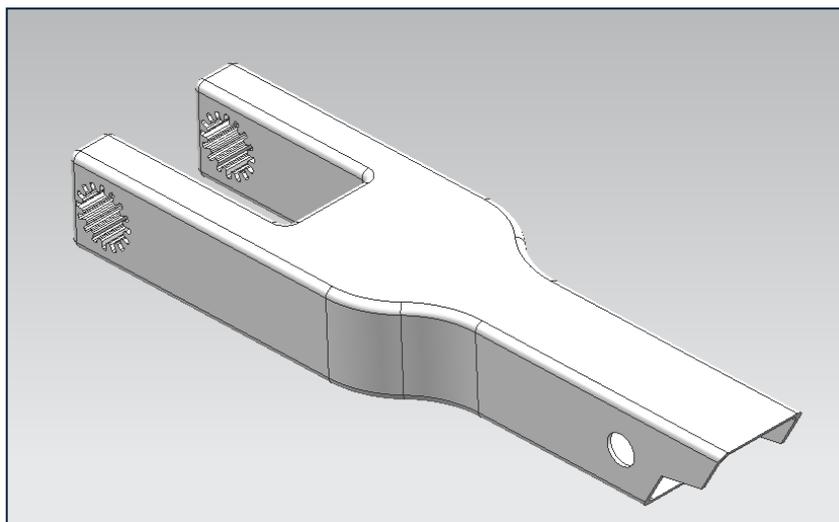


Ilustración 111. Vista tubo regulador

Arandela que posiciona el manillar

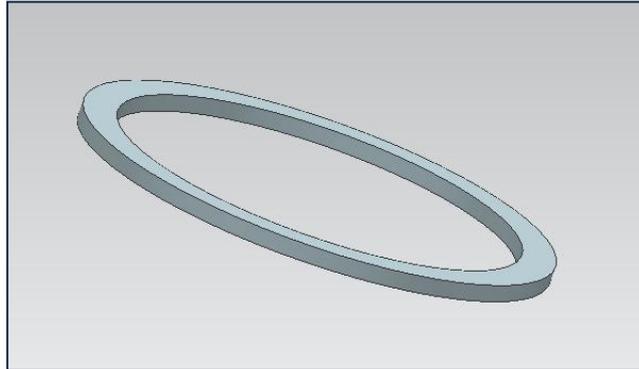


Ilustración 112. Aro regulador altura manillar

Gracias a los aros reguladores de altura, el cliente podrá adaptar la altura tanto del cuadro de la bicicleta, así como la altura del manillar en función del gusto y necesidades del usuario.

La bicicleta incorpora 104 unidades. Las dimensiones de los aros tienen un diámetro externo de 70mm, un diámetro interno de 60mm y 2,5mm de altura. Dichos aros están fabricados con polietileno, que es un plástico que soporta muy bien los esfuerzos de compresión y que a su vez es un material muy ligero.

- El tubo corto de la horquilla permite utilizar 24 aros.
- El tubo mediano de la horquilla permite utilizar 64 aros.
- El tubo largo permite utilizar 104 aros.

En función del tipo de tubo se podrá modificar más o menos la altura del cuadro y manillar ya que el tubo largo permite la adaptabilidad de más regulaciones de altura debido a su longitud.

Pasador fijador del cuadro

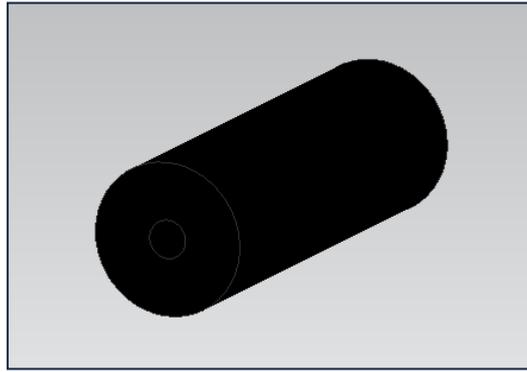


Ilustración 113. Pasador fijador del cuadro

- Diámetro exterior de 20mm
- Parte central: rosca de M6
- Material: aluminio 7005

Tapones de los pasadores del cuadro y del pasador dentado

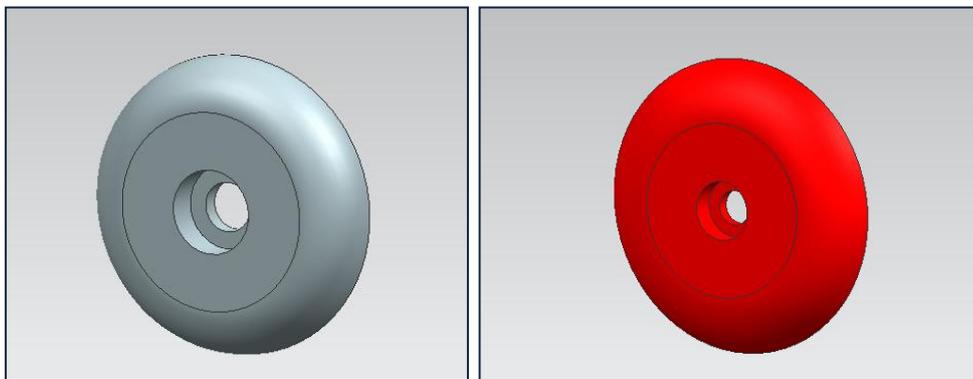


Ilustración 114. Tapone de los pasadores

- Diámetro exterior de 30mm (tapón pasador del cuadro).
- Diámetro exterior de 42,5 mm (tapón pasador dentado).
- Material: polietileno

Posiciones de la bicicleta

Posición	Altura del centro del asiento al suelo	Distancia del centro del manillar al centro del asiento	Aro posicionador de altura	Tubo horquilla	Distancia entre ejes de las ruedas
Nº1	683mm	763 mm	24 unidades	Corto	1086 mm
Nº2	733 mm	793 mm	24 unidades	Corto	1121 mm
Nº3	762 mm	823 mm	24 unidades	Corto	1155 mm
Nº4	791 mm	853 mm	64 unidades	Mediano	1189 mm
Nº5	820 mm	883 mm	64 unidades	Mediano	1224 mm
Nº6	849 mm	914 mm	64 unidades	Mediano	1258 mm

Tabla 35. Posiciones de la bicicleta

Medidas

- Aro posicionador de altura: Diámetro ext. 70mm, diámetro int. 60 mm, altura 2.5mm.
- Tubo horquilla corto: 202.5x60 mm de diámetro.
- Tubo horquilla mediano: 302.5x60 mm de diámetro.
- Tubo horquilla largo: 402,5x60mm de diámetro.

Posiciones biela pedal

Posición	Medida
Nº1	125 mm
Nº2	146 mm
Nº3	158 mm
Nº4	173 mm
Nº5	190 mm

Tabla 36. Posiciones biela pedal

Diferentes diseños de bicicletas

Se han realizado 4 tipos posibles de bicicleta, combinando únicamente dos piezas de la bicicleta. Una de ellas es la pieza que sujeta y fija el asiento al cuadro, de la cual se han diseñado dos modelos distintos:

- Modelo nº1 que dispone de “2 brazos” de sujeción, los cuales se unirían a la pieza que forma el cuadro delantero a través de un engranaje dentado de 120 mm de longitud, quedando sujeta la pieza de sujeción del asiento en ambos lados del cuadro.
- Modelo nº2 con sujeción mono brazo, la cual incorporaría un engranaje dentado de 90mm de largo, que sería el encargado de sujetar dicha pieza en el lado derecho del cuadro.

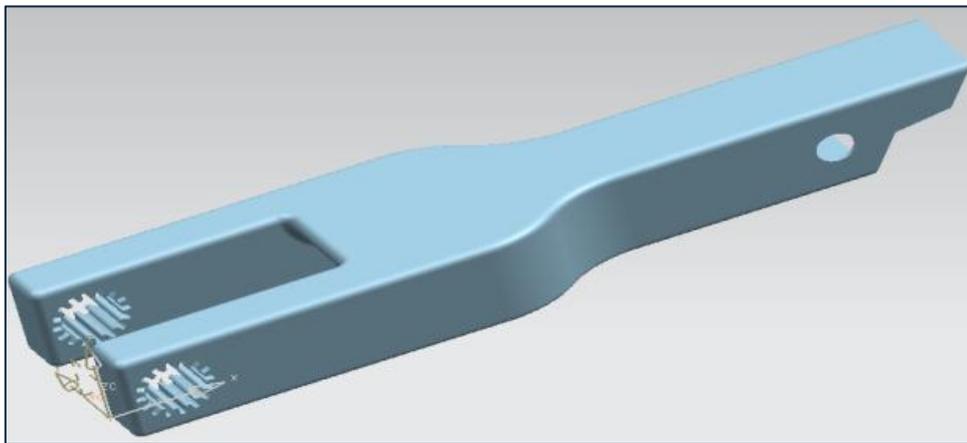


Ilustración 115. Modelo nº1

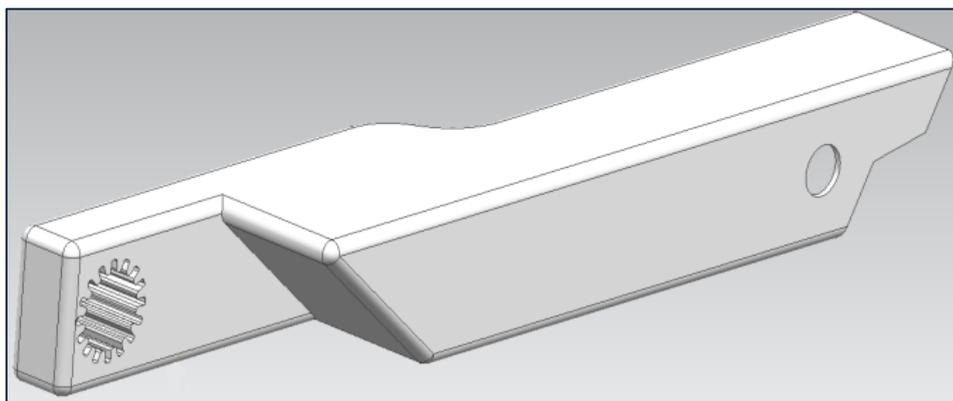


Ilustración 116. Modelo nº2

Otra pieza de la cual se han diseñado dos variantes distintas es la pieza que forma el cuadro parte inferior. Es decir, la pieza donde irían ubicados el pedalier, pedales, bielas, batería, cardan, etc. y que se encarga de sujetar a su vez la rueda trasera.

Las diferencias entre ambas modalidades son:

- Modelo n°1, que dispone dos brazos traseros en los cuales quedaría sujeta la rueda trasera al cuadro, y que también incorpora un foco de freno trasero en cada extremo de dichos brazos.
- Modelo n°2, variante de similares dimensiones que como diferencia del modelo n°1, esta incorpora un sistema mono brazo, el cual sujetaría la rueda trasera por un único lado, siendo este el lado derecho. Esta modalidad con el fin de abaratar el coste de dicha pieza, no incorporaría luz de freno en el extremo trasero, al contrario que el modelo n°1.

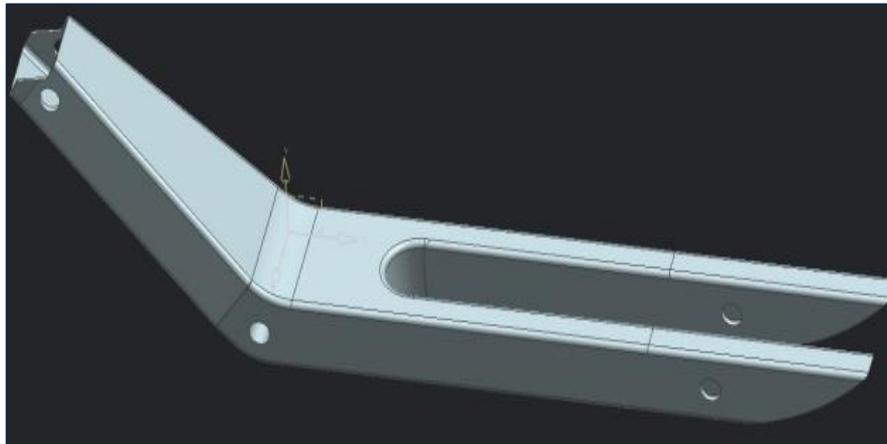


Ilustración 117. Modelo n°1

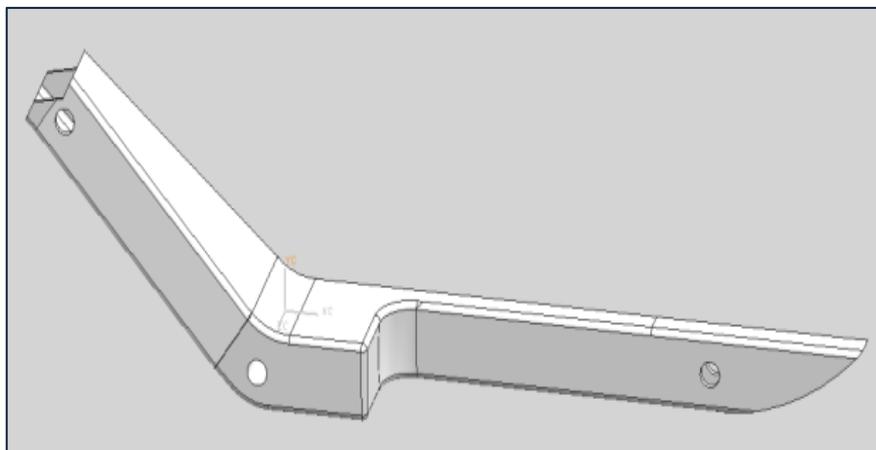


Ilustración 118. Modelo n°2

Con estas cuatro variantes se pueden obtener distintos tipos de bicicleta:

- Bicicleta n°1: mono brazo para sujetar el asiento al cuadro. Dos brazos para sujetar la rueda trasera al cuadro.

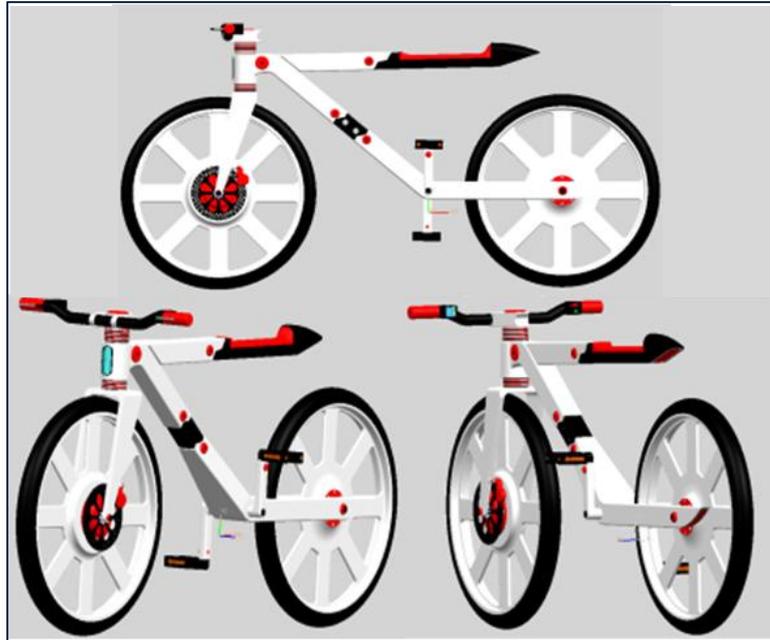


Ilustración 119. Bicicleta n°1

- Bicicleta n°2: dos brazos de sujeción del asiento al cuadro y dos brazos de sujeción de la rueda trasera al cuadro.

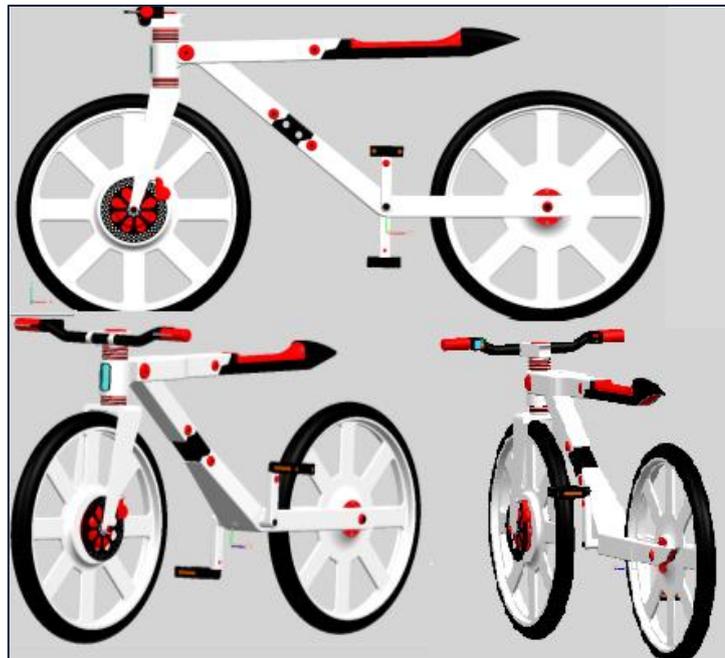


Ilustración 120. Bicicleta n°2

- Bicicleta nº3: mono brazo para sujetar el asiento al cuadro y mono brazo para sujetar la rueda trasera al cuadro.

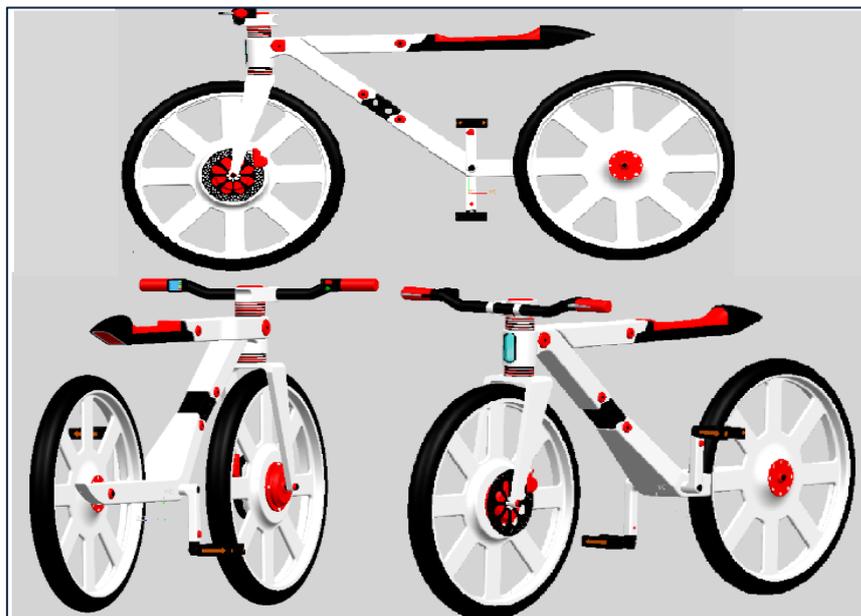


Ilustración 121. Bicicleta nº3

- Bicicleta nº4: 2 brazos de sujeción del asiento al cuadro y un mono brazo de sujeción de la rueda trasera.

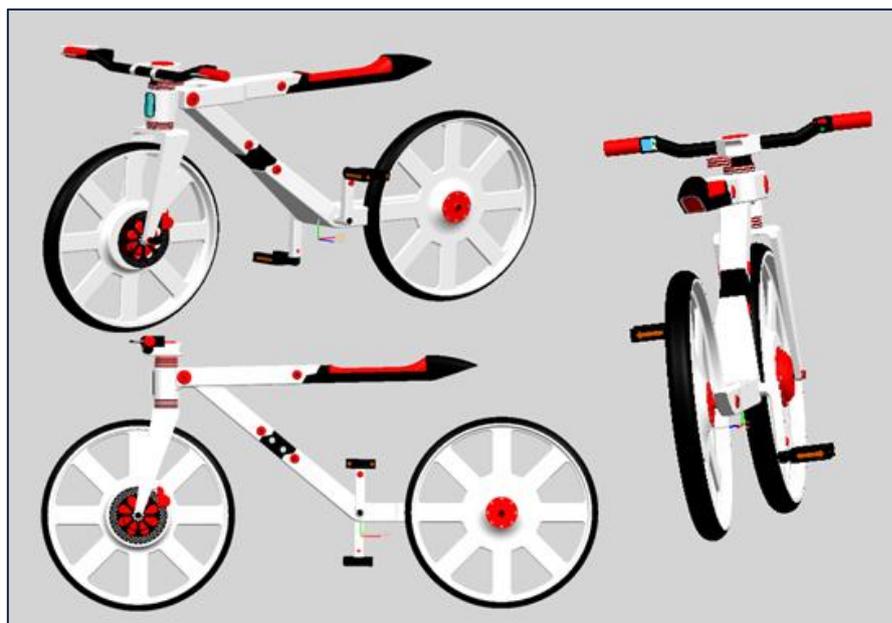


Ilustración 122. Bicicleta nº4

Al realizar estos 4 modelos de bicicletas, se pretende que el cliente pueda personalizar su bicicleta como más le guste, pudiendo adquirir ambas modalidades de cada pieza. De ese modo se podría transformar la bicicleta como más le convenga, de una forma sencilla y rápida.

5. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DEL CUADRO

5.1. Introducción

Este apartado debido a la complejidad de los cálculos, ya sea por las deformaciones provocadas por las cargas a soportar por el cuadro, así como a las diferentes posibilidades en cuanto al diseño del cuadro, etc, podría llegar a dar un estudio de tal magnitud que abarcase más de un proyecto.

Es por ello que se decidió desde un principio apoyarse en el programa de diseño industrial Unigraphics NX7, mediante el cual veremos reflejado las deformaciones provocadas por las diferentes cargas a las cuales se verá expuesto el cuadro, y con el que se reducirá el tiempo necesario para observar las deformaciones provocadas en los diferentes diseños. A partir de un primer estudio, se rediseñarán aquellos elementos que así lo requieran.

El material utilizado en la realización de las pruebas de carga ha sido el aluminio 6061, debido al número limitado de materiales del que dispone la base de datos del propio programa. Los datos con este material no contemplan el tratamiento térmico T6.

5.2. Estudio de cargas y deformaciones

El estudio de las deformaciones en las diferentes piezas de aluminio que compondrán el cuadro se realizarán aplicando unas fuerzas de 1000N sobre las superficies deseadas.

$$P = m * g = 100 \text{ Kg} * 9,8 (10) \text{ m/s}^2 = \mathbf{1000N}$$

Los resultados de la simulación nos darán los desplazamientos nodales y los valores de Von-Mises que deberán ser capaces de resistir las diferentes piezas de la bicicleta antes de entrar en la zona de fluencia.

En caso de querer realizar los diferentes cálculos en cuanto al cálculo de los desplazamientos se realizaría a partir de la siguiente fórmula:

$$\Delta L = \frac{F * L}{S * E}$$

Se hace evidente de la dificultad de realizar el cálculo del incremento de longitud que se produce en cada una de los perfiles tubulares sin la ayuda del programa Unigraphics, ya que las diferentes piezas están diseñadas con varios espesores, diferentes geometrías, etc, lo que provoca que la realización de los cálculos sin la ayuda de un programa informático sea realmente difícil.

5.2.1. Análisis del 1er esbozo de cuadro

5.2.1.1. Cuadro

Características y resultados de la prueba realizada:

	DATOS
Carga [N]	1000N
Superficie de acción de las fuerzas	Zona de apoyo del ciclista en el asiento, aplicando la fuerza repartida en la superficie del asiento.
Desplazamiento Max [mm]	2,189e+00
Desplazamiento Min [mm]	00e+00
Von-Mises Max [kPa]	3,378e+04
Peso [Kg]	84

Análisis de los resultados

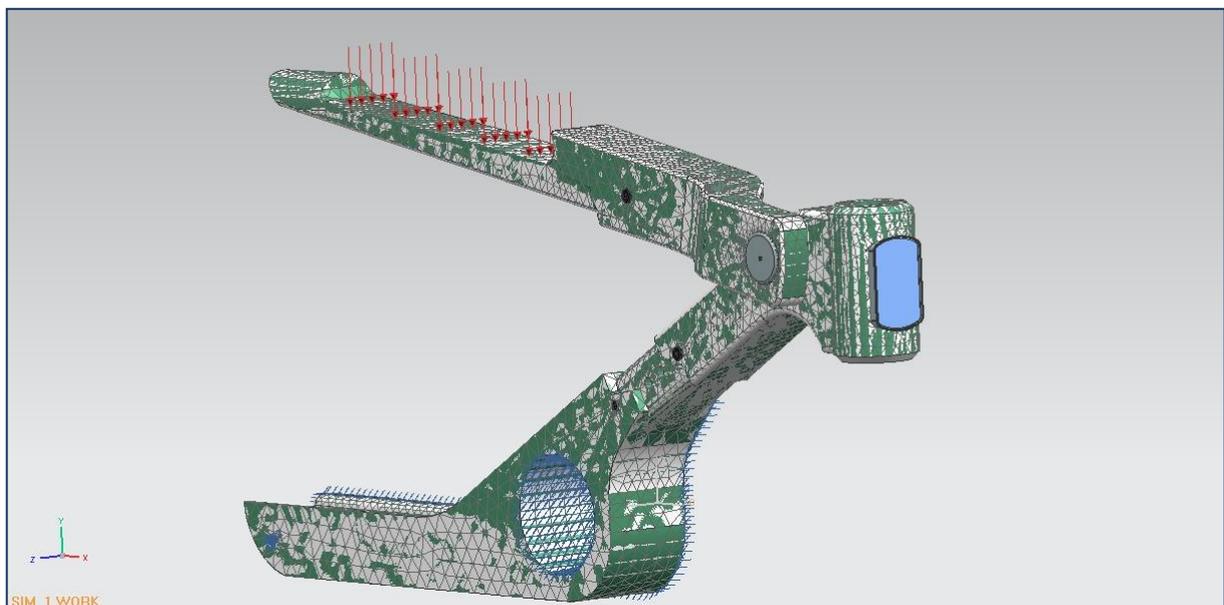


Ilustración 123. Fuerzas aplicadas al cuadro

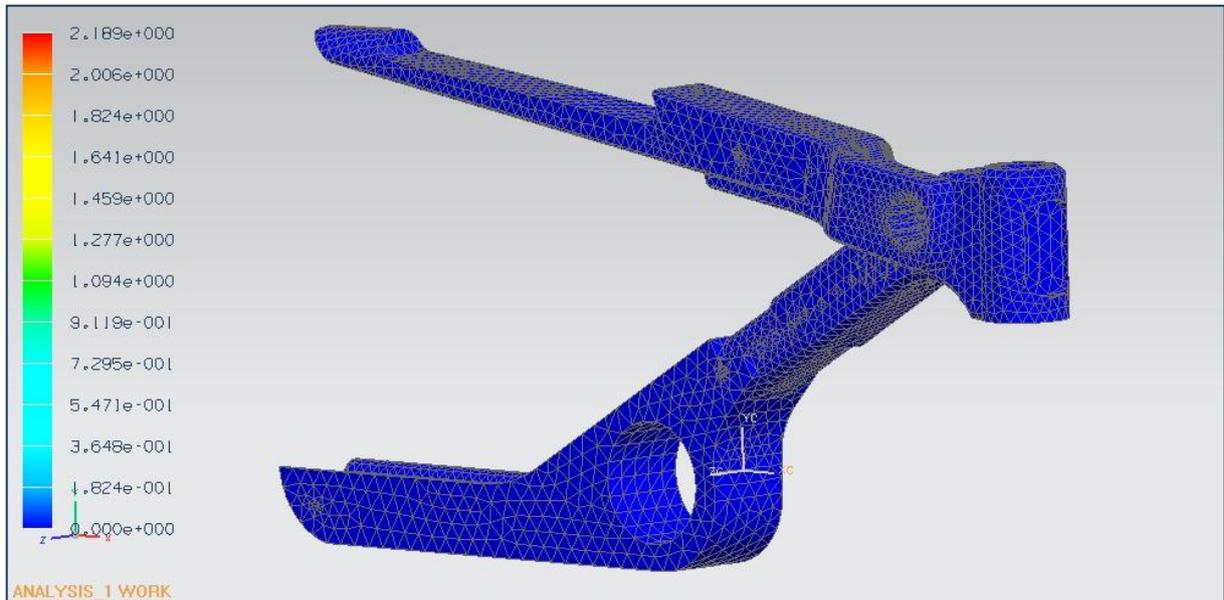


Ilustración 124. Desplazamiento nodal 1er esbozo, estado inicial

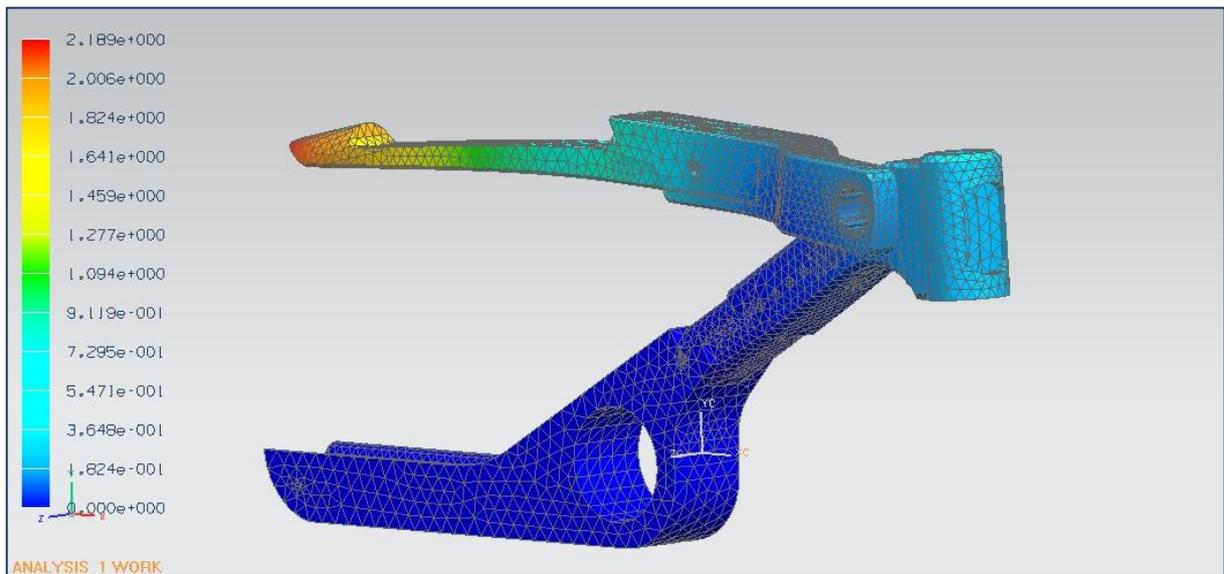


Ilustración 125. Desplazamiento nodal del 1er esbozo, estado final

Resultados estructurales

Caso de carga 1 : Number of Iterations = 1								
	Desplazamiento (mm)				Esfuerzo (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitude	Von-Mises	Min Principal	Max Principal	Max Shear
Paso estático 1								
Max	2.093e-002	2.861e-001	7.960e-003	2.189e+000	3.378e+004	3.546e+003	2.408e+004	1.950e+004
Min	-4.565e-001	-2.141e+000	-1.316e-001	0.000e+000	1.483e-009	-3.439e+004	-3.208e+003	7.998e-010

Conclusiones

- En la prueba de cargas realizada, observamos como en el conjunto del cuadro la deformación se acentúa en el tramo trasero del tubo del asiento, con un desplazamiento máximo de 2,189mm.
- El resultado de Von-Mises da como valor 33,78 MPa. En relación al valor máximo de límite de fluencia del aluminio 6061-T6 que es de 276 Mpa, la pieza se encuentra sobredimensionada alrededor de 8 veces, con lo cual para llegar a la deformación plástica necesitaríamos unos 8170N.
- Para llegar a la rotura de la pieza, se debería aplicar 9177N para poder llegar de este modo a los 310 MPa, siendo este el límite de rotura del aluminio 6061-T6.

5.2.1.2. Perfil tubular asiento

Características y resultados de la prueba realizada:

	DATOS
Carga [N]	1000N
Superficie de acción de las fuerzas	Zona de apoyo del asiento, aplicando la fuerza repartida en la superficie del mismo.
Desplazamiento Max [mm]	1,21e+00
Desplazamiento Min [mm]	00e+00
Von-Mises Max [kPa]	1,015e+04
Peso [Kg]	12,4675

Análisis de los resultados

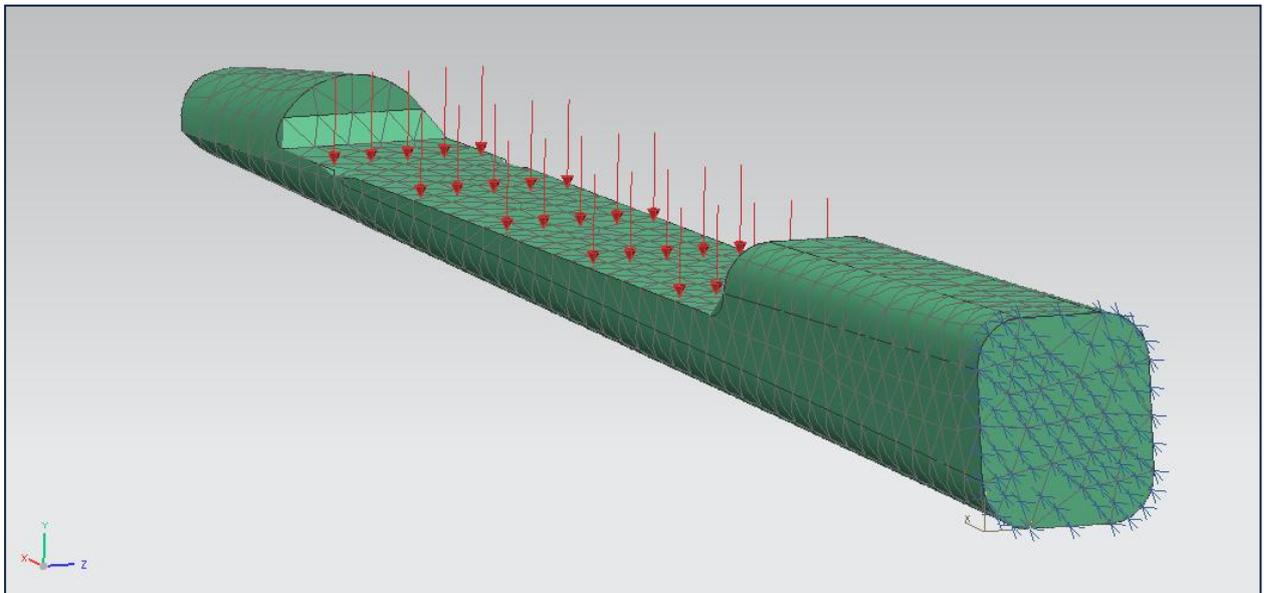


Ilustración 126. Fuerzas aplicadas al tubo del asiento

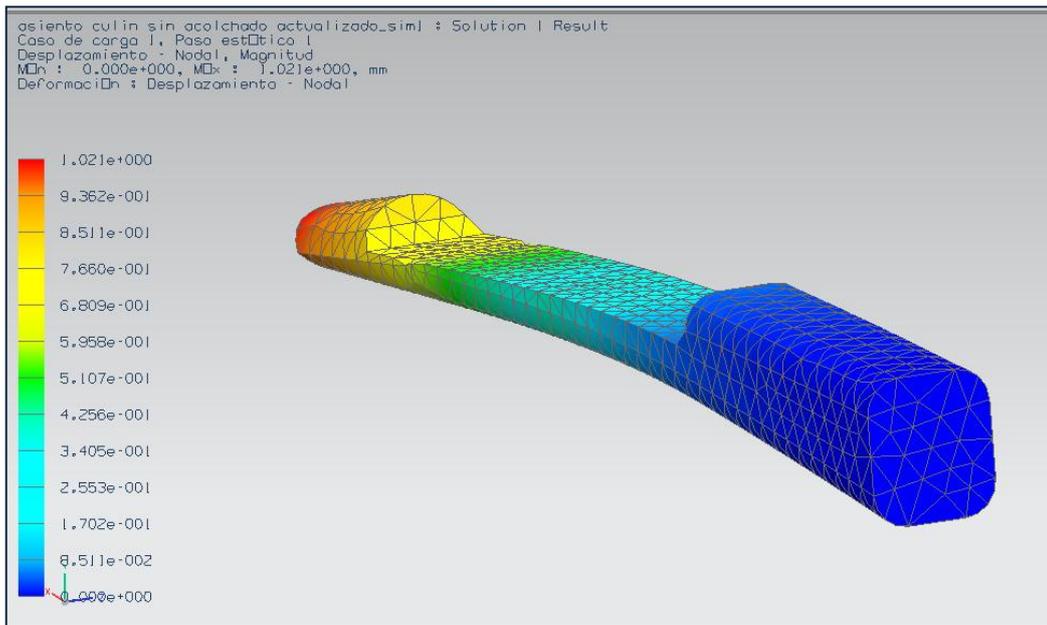


Ilustración 127. Desplazamiento nodal

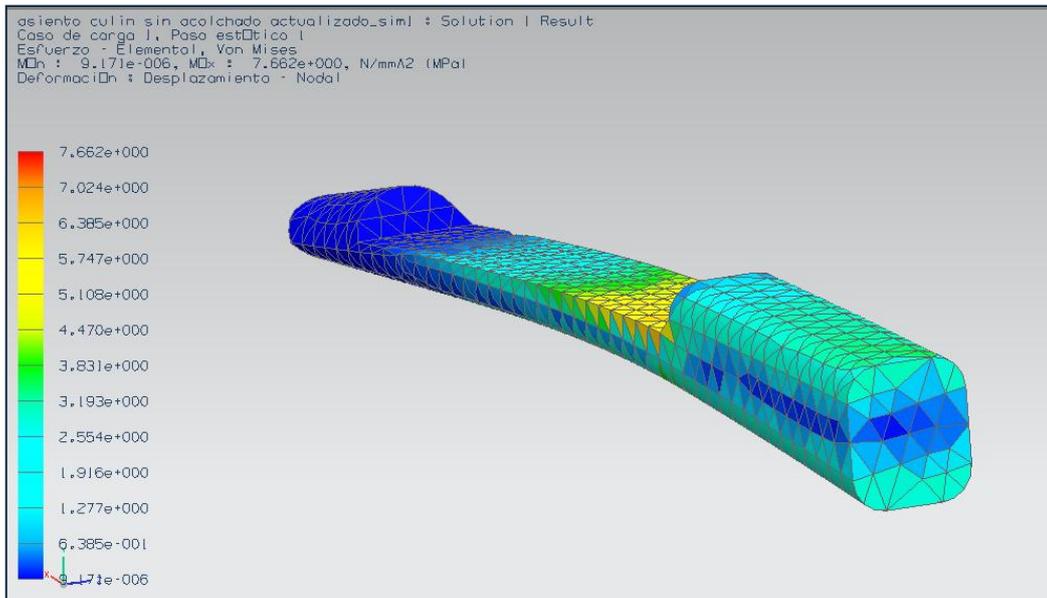


Ilustración 128. Von-Mises

Resultados estructurales

Caso de carga 1 : Number of Iterations = 1								
	Desplazamiento (mm)				Esfuerzo (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von-Mises	Min Principal	Max Principal	Max Shear
Paso estático 1								
Max	6.110e-002	9.085e-005	1.731e-003	1.021e+000	1.015e+004	2.494e+003	1.272e+004	5.230e+003
Mín	-4.643e-002	-1.021e+000	-1.719e-003	0.000e+000	4.696e-003	-8.943e+003	-9.857e+002	2.517e-003

5.2.1.3. Perfil tubular para regular la altura del asiento

Características y resultados de la prueba realizada:

	DATOS
Carga [N]	1000N
Superficie de acción de las fuerzas	Zona superior de la barra del asiento
Desplazamiento Max [mm]	8,138e-01
Desplazamiento Min [mm]	00e+00
Von-Mises Max [kPa]	7,479e+03

Análisis de los resultados

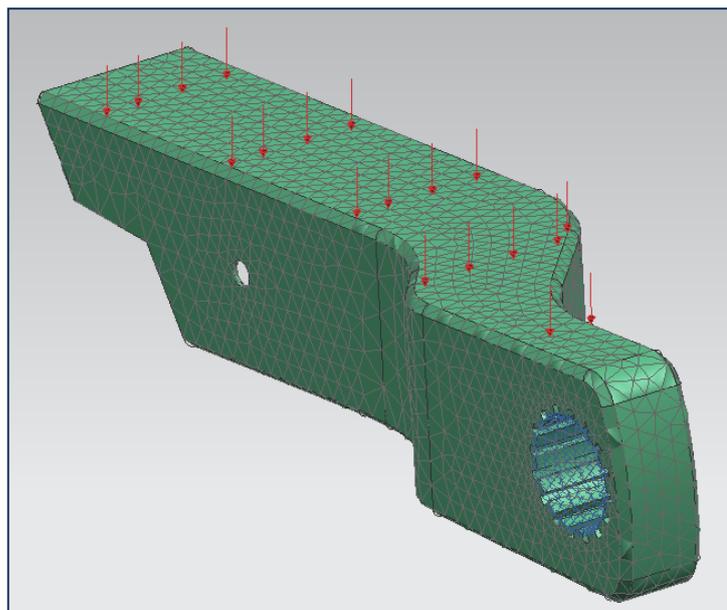


Ilustración 129. Fuerzas aplicadas al tubo de regulación

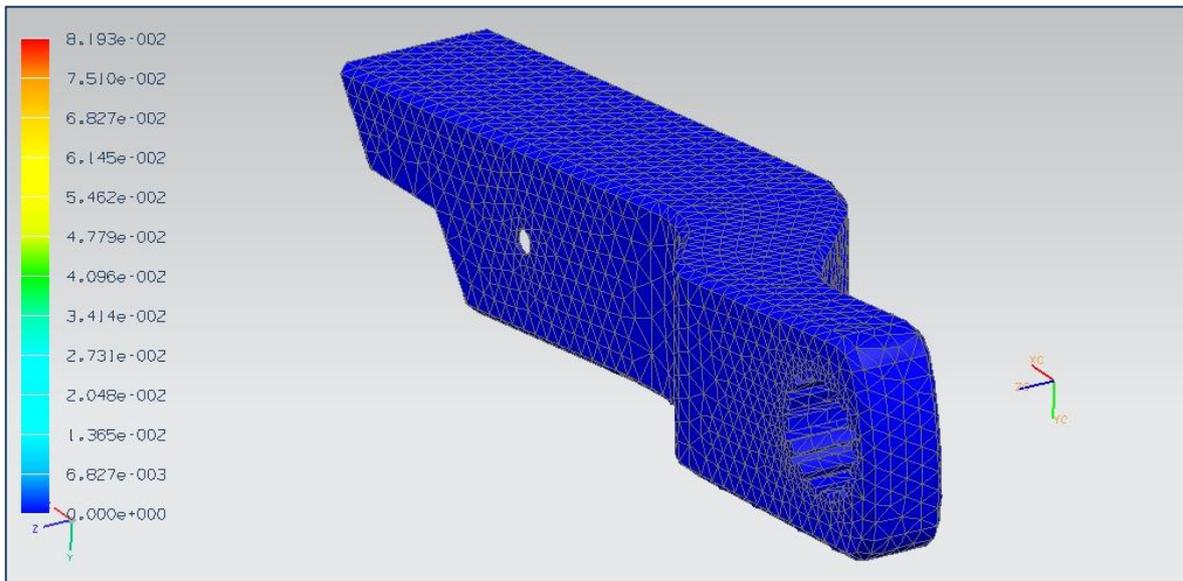


Ilustración 130. Estado inicial

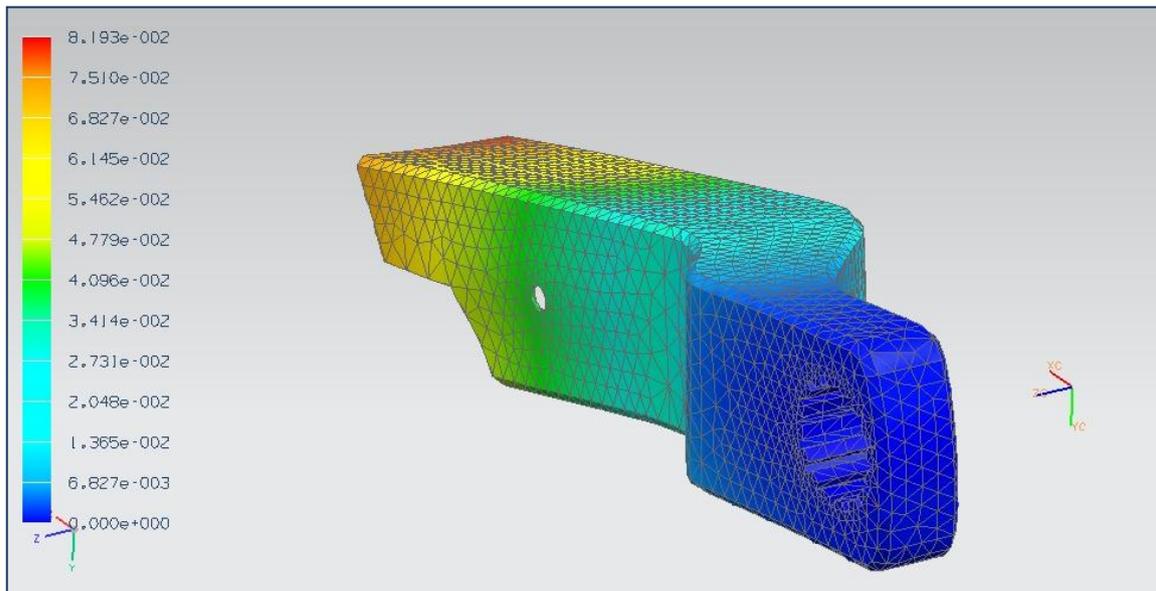


Ilustración 131. Estado final

Resultados estructurales

Caso de carga 1 : Number of Iterations = 1								
	Desplazamiento (mm)				Esfuerzo (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitudo	Von-Mises	Min Principal	Max Principal	Max Shear
Paso estático 1								
Max	3.585e-003	8.118e-002	3.321e-003	8.193e-002	7.479e+003	1.809e+003	9.446e+003	4.100e+003
Min	-1.893e-002	-5.690e-004	-1.028e-002	0.000e+000	2.070e+001	-1.003e+004	-1.833e+003	1.189e+001

5.2.1.4. Perfil tubular soporte pedalier

Características y resultados de la deformación mostrada:

	DATOS
Carga [N]	1000N
Superficie de acción de las fuerzas	Cara superior de los tubos laterales de la pieza posterior de apoyo de la rueda.
Desplazamiento Max [mm]	8,193e-02
Desplazamiento Min [mm]	00e+00
Von-Mises Max [kPa]	3,246e+03

Análisis de los resultados

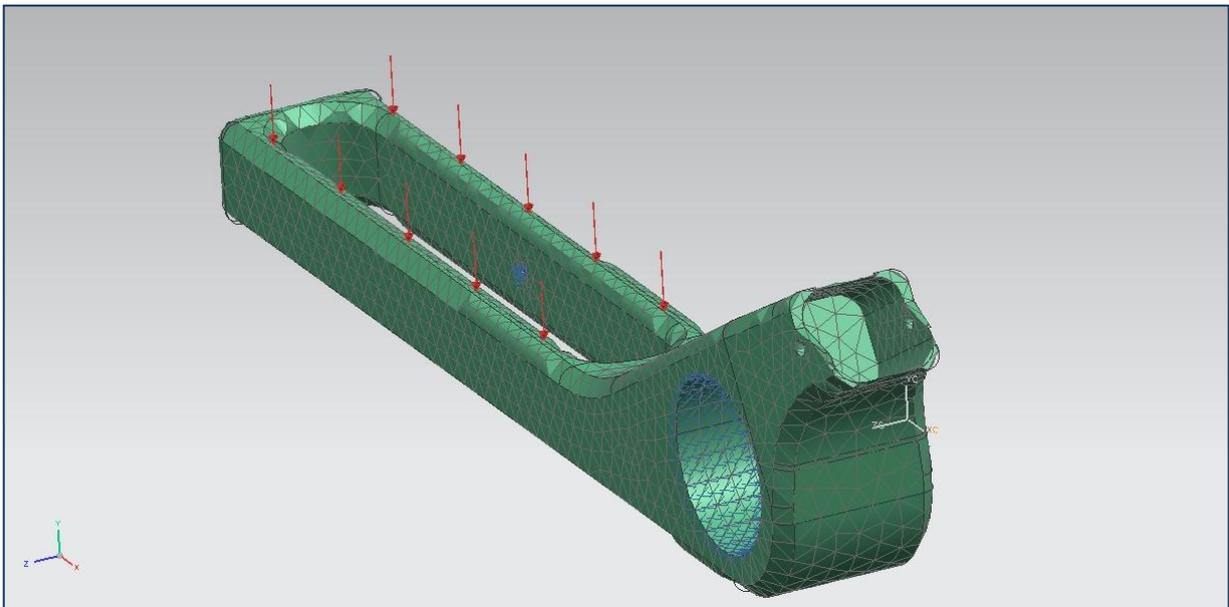


Ilustración 132. Fuerzas aplicadas soporte pedalier

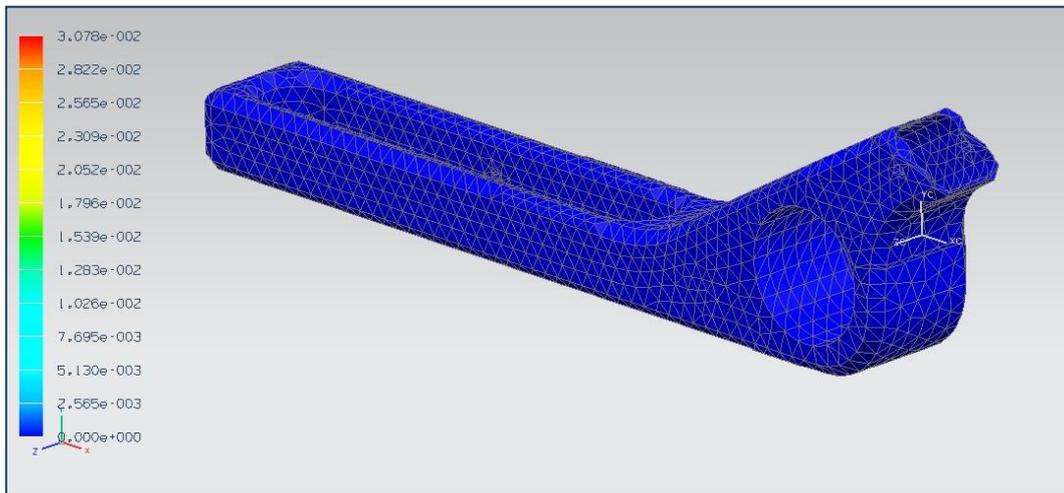


Ilustración 133. Estado inicial

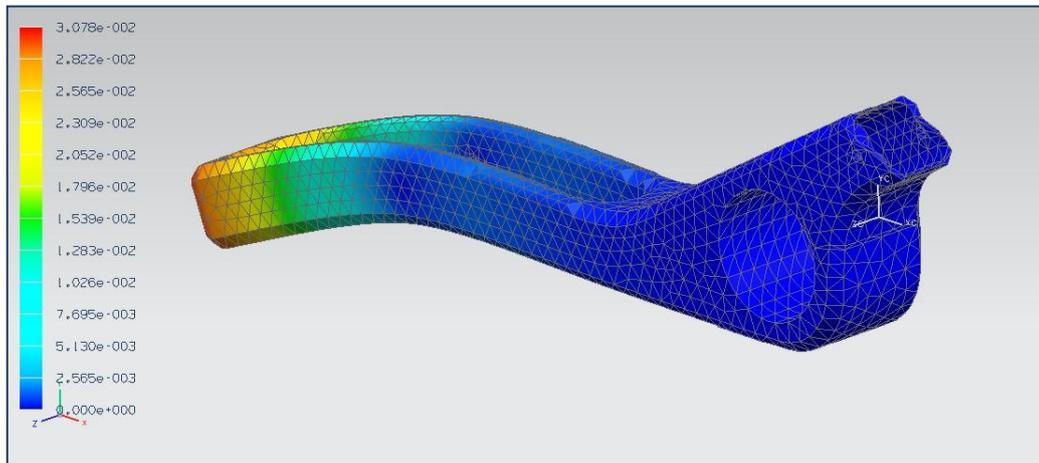


Ilustración 134. Estado final

Resultados estructurales

Caso de carga 1 : Number of Iterations = 1								
	Desplazamiento (mm)				Esfuerzo (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitudo	Von-Mises	Min Principal	Max Principal	Max Shear
Paso estático 1								
Max	4.777e-003	1.659e-003	1.559e-004	3.078e-002	3.246e+003	1.589e+002	2.674e+003	1.858e+003
Min	-4.825e-003	-3.068e-002	-1.623e-004	0.000e+000	4.530e-003	-3.102e+003	-8.398e+001	2.615e-003

5.2.2. Análisis del cuadro correcto

Con el objetivo de analizar correctamente y con mayor precisión las diferentes piezas, se estudiarán cada una de ellas por separado. Des este modo intentamos conseguir unos resultados lo más fiables posible.

5.2.2.1. Perfil tubular asiento

Características y resultados de la deformación mostrada:

	DATOS
Carga [N]	1000N
Superficie de acción de las fuerzas	Asiento
Desplazamiento Max [mm]	2,639e+00
Desplazamiento Min [mm]	00e+00
Von-Mises Max [kPa]	2,774e+04
Peso [Kg]	3,4489

Análisis de los resultados

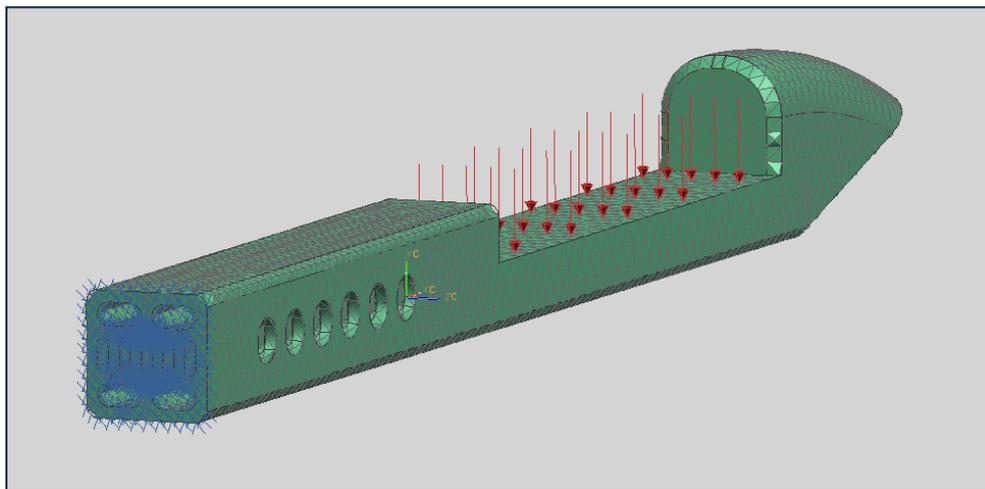


Ilustración 135. Fuerzas aplicadas en el asiento

El desplazamiento máximo que se obtiene en este modelo de asiento es de 2,64mm. En comparación a los resultados obtenidos en las otras piezas consideramos que es un valor de desplazamiento alto, ya que los demás valores promedian valores entorno a centésimas de milímetro (10^{-2} mm). Aún así, es un valor coherente ya que la restricción del movimiento está situado justo en la pared lateral en el que el perfil

quedará situado dentro del tubo regulador de altura (zona azul). Debido al peso del usuario 100 Kg, cargados por completo en el asiento, el desplazamiento máximo de un par de milímetros en la zona más alejada de la sujeción es correcto.

Por el contrario el valor de Von-Mises resultado se encuentra por debajo de la zona de fluencia del material, con lo que damos el resultado como correcto.

En un segundo diseño del cuadro que se realiza más adelante, todavía se mejora más el diseño del cuadro aumentando el número de nervios del tubo del asiento, reduciendo el material necesario.

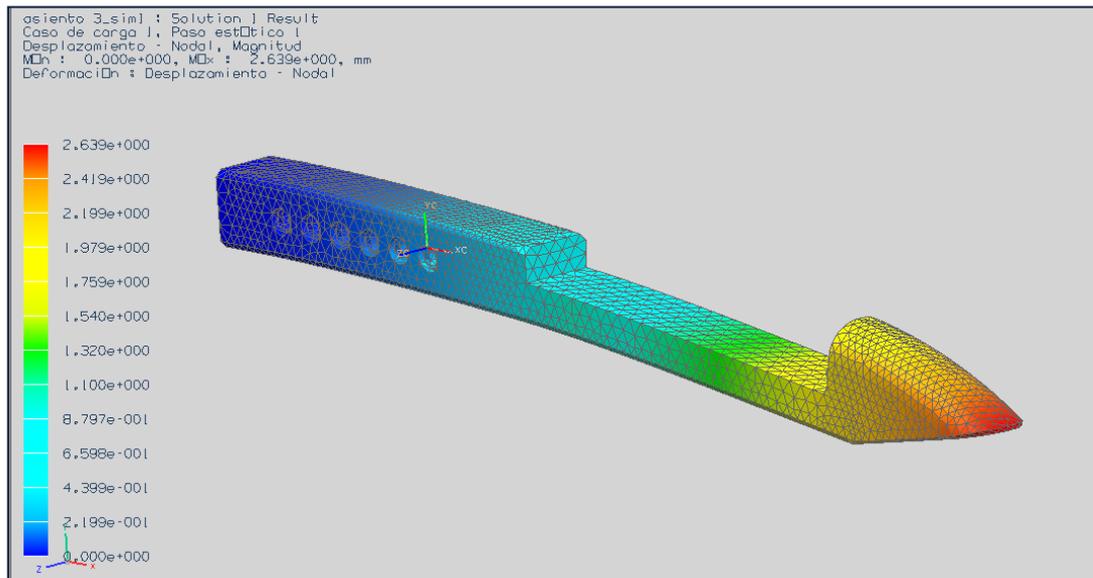


Ilustración 136. Tubo asiento desplazamiento nodal

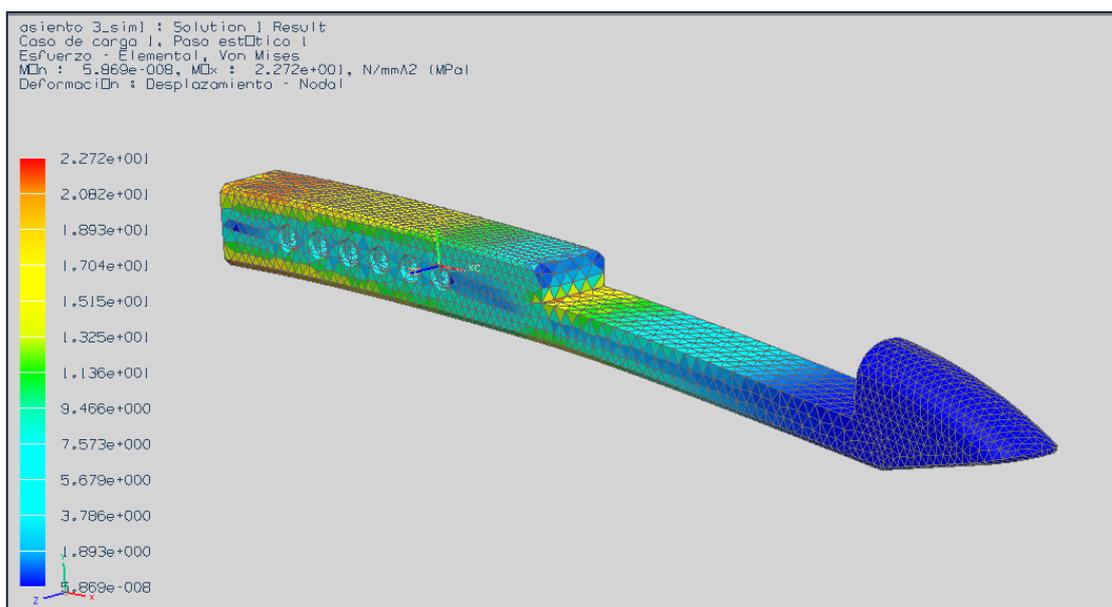


Ilustración 137. Tubo asiento Von-Mises

Resultados estructurales

Caso de carga 1 : Number of Iterations = 1								
	Desplazamiento (mm)				Esfuerzo (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von-Mises	Min Principal	Max Principal	Max Shear
Paso estático 1								
Max	2.852e-001	2.173e-004	9.421e-003	2.639e+000	2.774e+004	1.315e+004	3.867e+004	1.470e+004
Min	-1.113e-001	-2.637e+000	-2.530e-003	0.000e+000	2.783e-005	-3.492e+004	-1.377e+004	1.589e-005

5.2.2.2. Perfil tubular para regular la altura del asiento

Características y resultados de la deformación mostrada:

	DATOS
Carga [N]	1000N
Superficie de acción de las fuerzas	Parte interior de la pieza a compresión
Desplazamiento Max [mm]	6,994e-03
Desplazamiento Min [mm]	00e+00
Von-Mises Max [kPa]	2,163e+03
Peso [Kg]	1,80

Análisis de los resultados

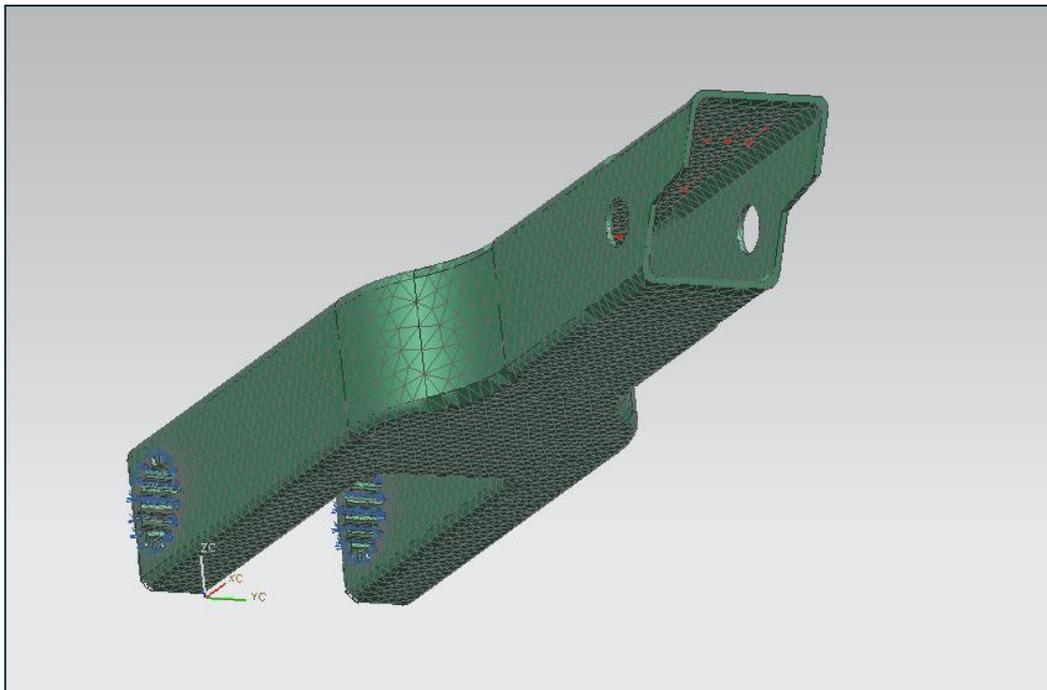


Ilustración 138. Fuerzas aplicadas

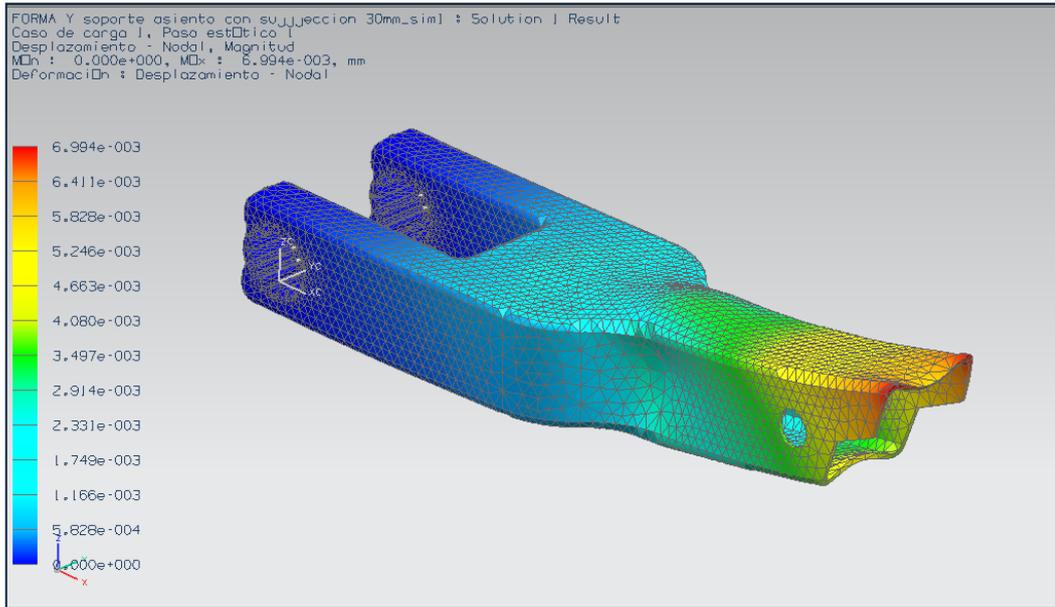


Ilustración 139. Desplazamiento nodal

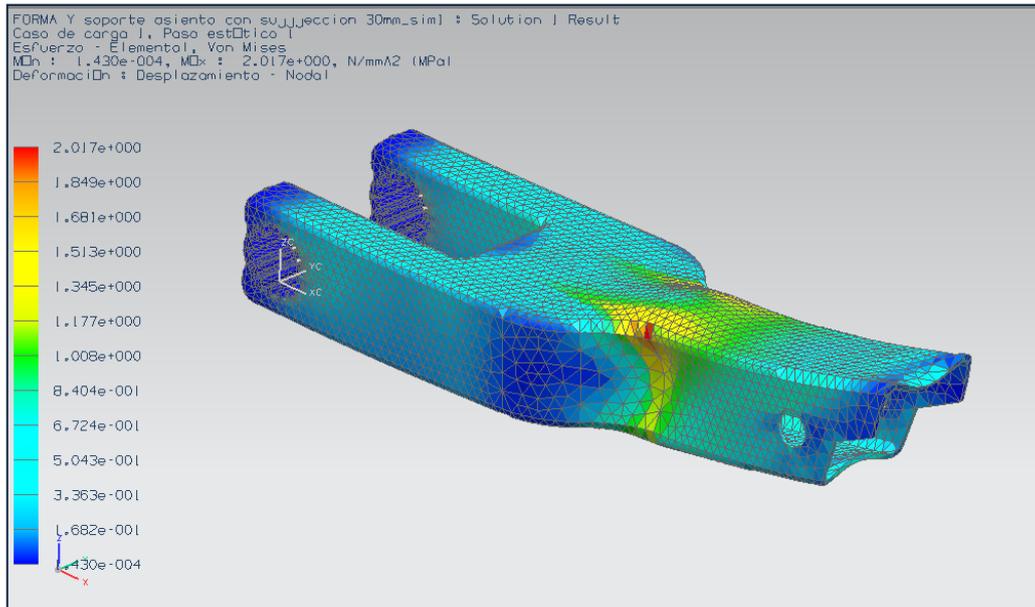


Ilustración 140. Valores de Von-Mises

Resultados estructurales

Caso de carga 1 : Number of Iterations = 1								
	Desplazamiento (mm)				Esfuerzo (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von-Mises	Min Principal	Max Principal	Max Shear
Paso estático 1								
Max	3.879e-006	1.402e-003	6.041e-003	6.994e-003	2.163e+003	1.783e+002	1.101e+003	1.124e+003
Min	-3.715e-003	-1.404e-003	-2.668e-005	0.000e+000	1.025e-001	-2.264e+003	-5.284e+002	5.900e-002

5.2.2.3. Perfil tubular soporte pedalier

Prueba 1

Características y resultados de la deformación mostrada:

	DATOS
Carga [N]	1000N
Superficie de acción de las fuerzas	Cara superior del tubo trasero
Desplazamiento Max [mm]	2.298e-02
Desplazamiento Min [mm]	00e+00
Von-Mises Max [kPa]	4.879+03
Peso [Kg]	5,5540

Análisis de los resultados

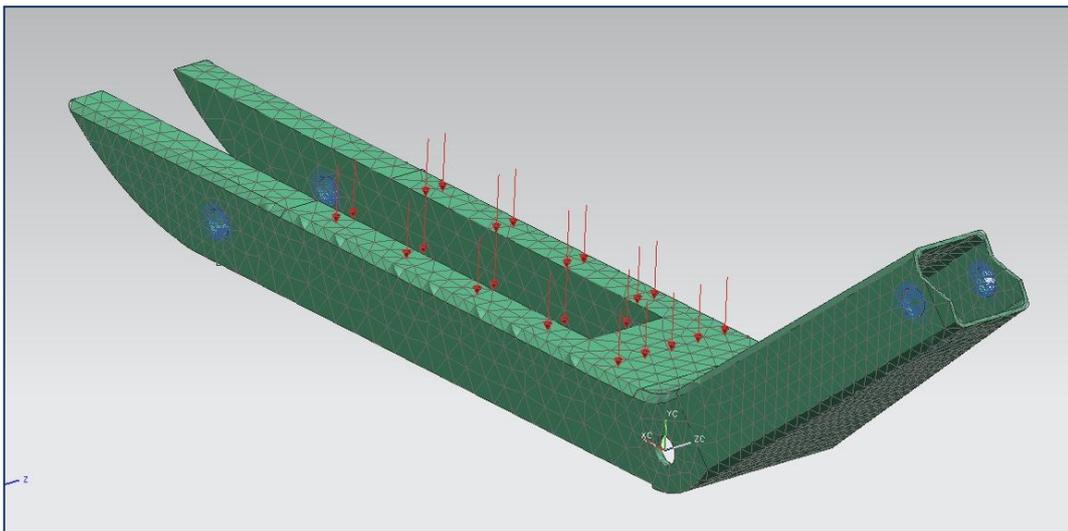


Ilustración 141. Soporte pedalier fuerzas

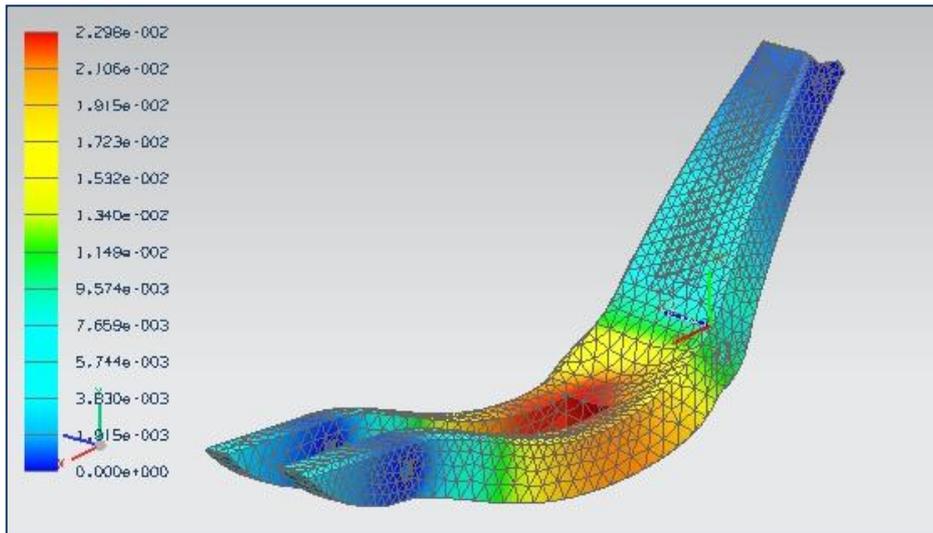


Ilustración 142. Soporte pedalier desplazamiento nodal

Resultados estructurales

Caso de carga 1 : Number of Iterations = 1								
	Desplazamiento (mm)				Esfuerzo (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitudo	Von-Mises	Min Principal	Max Principal	Max Shear
Paso estático 1								
Max	2.768e-003	3.952e-003	3.365e-003	2.298e-002	4.879e+003	1.730e+003	5.648e+003	2.800e+003
Min	-7.199e-003	-2.284e-002	-3.779e-003	0.000e+000	8.092e-005	-5.206e+003	-6.470e+002	4.351e-005

Prueba 2

Características y resultados de la deformación mostrada:

	DATOS
Carga [N]	1000
Superficie de acción de las fuerzas	Caras interiores del tubo
Desplazamiento Max [mm]	5,442e-03
Desplazamiento Min [mm]	00e+00
Von-Mises Max [kPa]	1,093e+04
Peso [Kg]	5,5540

Análisis de los resultados

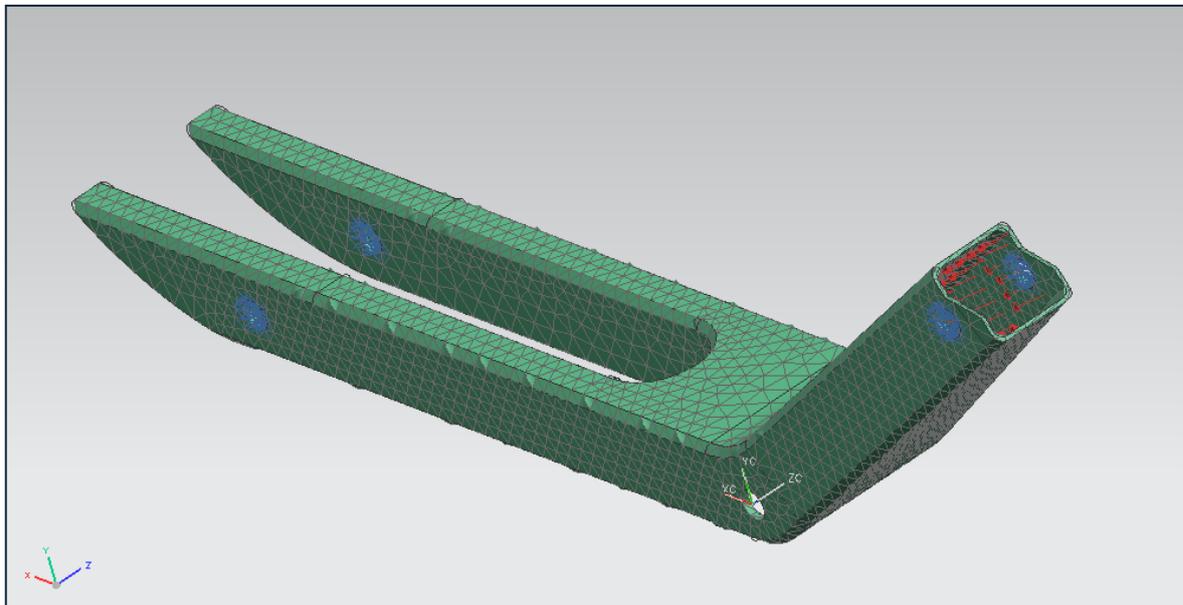


Ilustración 143. Soporte pedalier fuerzas a compresión

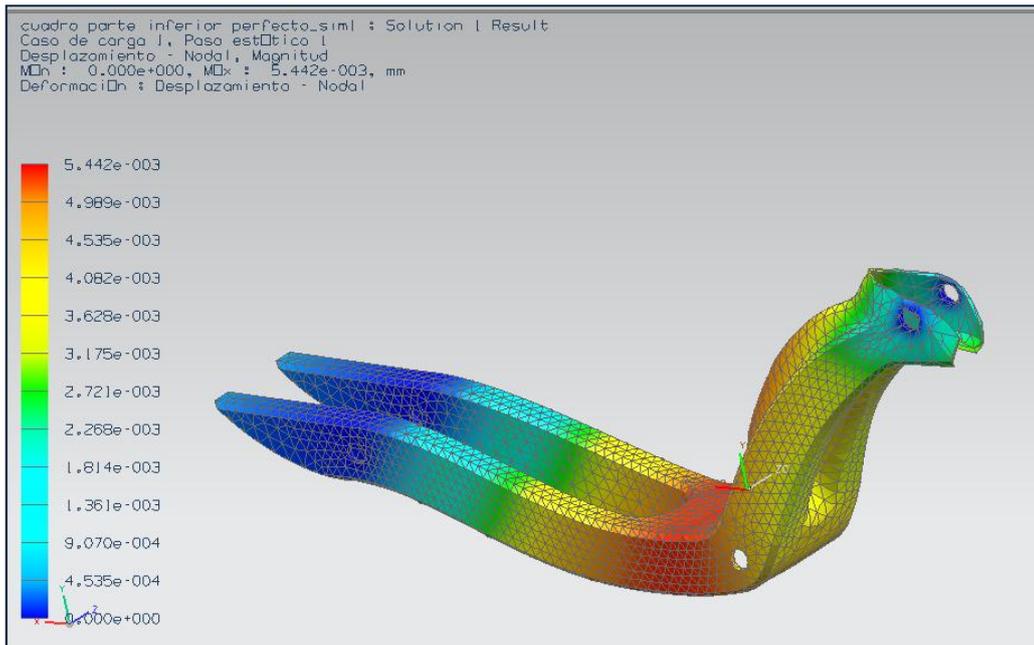


Ilustración 144. Soporte pedalier desplazamiento nodal

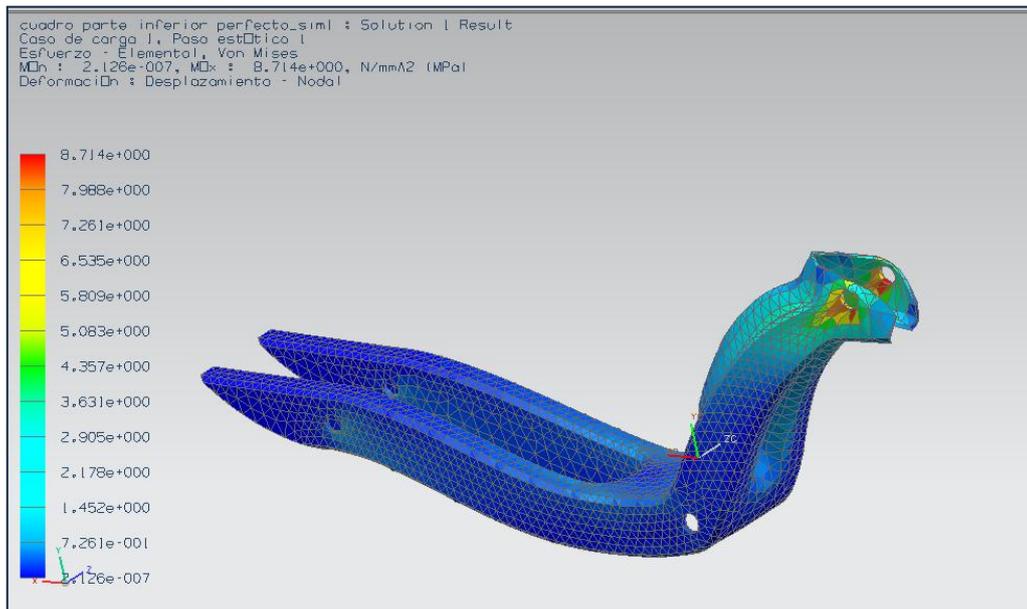


Ilustración 145. Soporte pedalier Von-Mises

Resultados estructurales

Caso de carga 1 : Number of Iterations = 1								
	Desplazamiento (mm)				Esfuerzo (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von-Mises	Min Principal	Max Principal	Max Shear
Paso estático 1								
Max	5.004e-003	4.235e-004	8.714e-004	5.442e-003	1.093e+004	4.169e+003	1.379e+004	6.127e+003
Min	-5.349e-004	-5.260e-003	-7.848e-004	0.000e+000	2.559e-004	-6.736e+003	-3.983e+002	1.372e-004

5.2.2.4. Perfil tubular interior

Características y resultados de la deformación mostrada:

	DATOS
Carga [N]	1000
Superficie de acción de las fuerzas	Fuerzas a compresión por ambas superficies laterales
Desplazamiento Max [mm]	4,367e-04
Desplazamiento Min [mm]	00e+00
Von-Mises Max [kPa]	1,558e+03
Peso [Kg]	2,2131

Análisis de los resultados

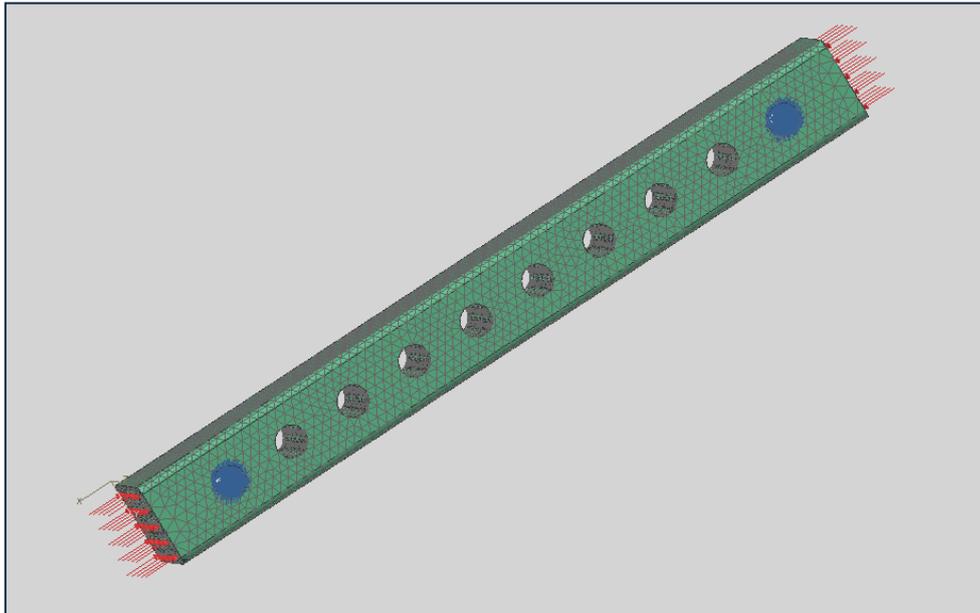


Ilustración 146. Tubo interior a compresión

El valor de fluencia para del aluminio 6061-T6 es de 276 MPa, siendo el resultado obtenido en la prueba 1,558 MPa. Por tanto el cuadro será capaz de soportar las tensiones sin llegar a deformarse plásticamente.

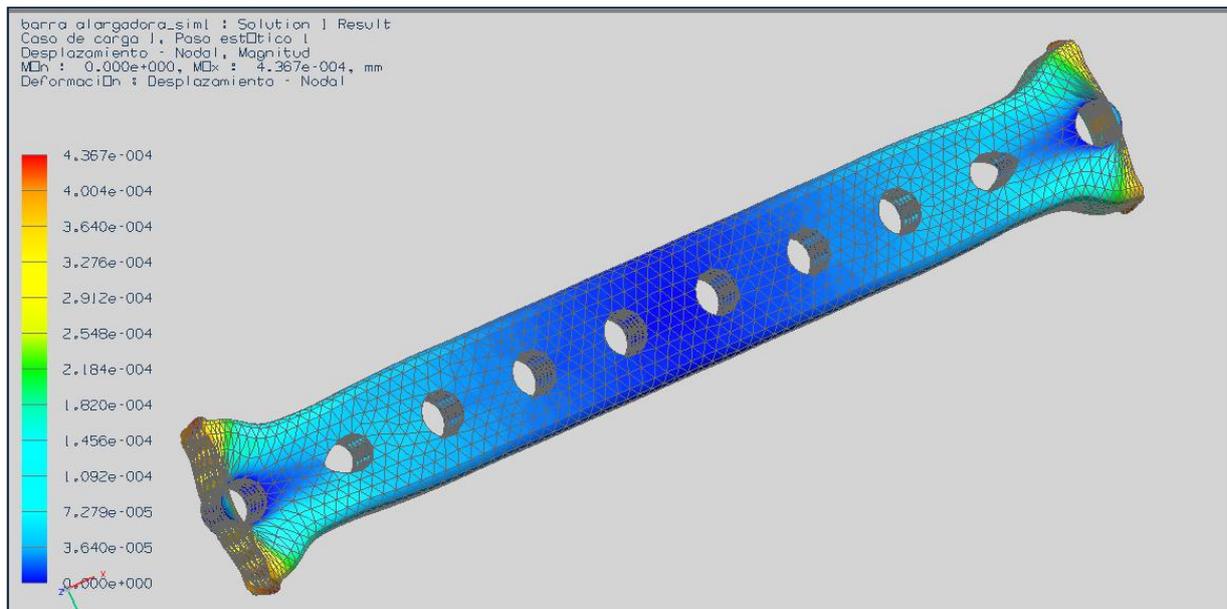


Ilustración 147. Tubo interior desplazamiento nodal

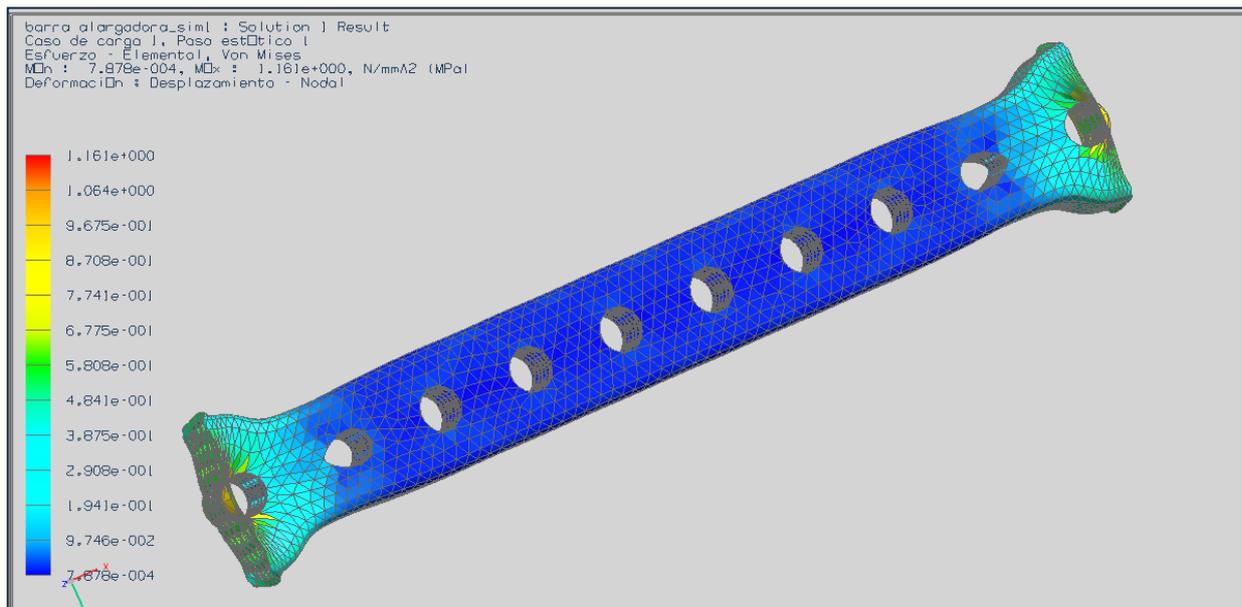


Ilustración 148. Tubo interior Von-Mises

Caso de carga 1 : Number of Iterations = 1								
	Desplazamiento (mm)				Esfuerzo (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von-Mises	Min Principal	Max Principal	Max Shear
Paso estático 1								
Max	4.033e-004	1.180e-004	7.341e-005	4.367e-004	1.558e+003	7.248e+001	7.760e+002	8.951e+002
Min	-4.230e-004	-1.183e-004	-7.349e-005	0.000e+000	5.014e-001	-2.018e+003	-8.389e+002	2.797e-001

Características y resultados de la deformación mostrada:

	DATOS
Carga [N]	1000
Superficie de acción de las fuerzas	Fuerzas a tracción por ambas superficies laterales
Desplazamiento Max [mm]	4,367e-04
Desplazamiento Min [mm]	00e+00
Von-Mises Max [kPa]	1,558e+03
Peso [Kg]	2,2131

Análisis de los resultados

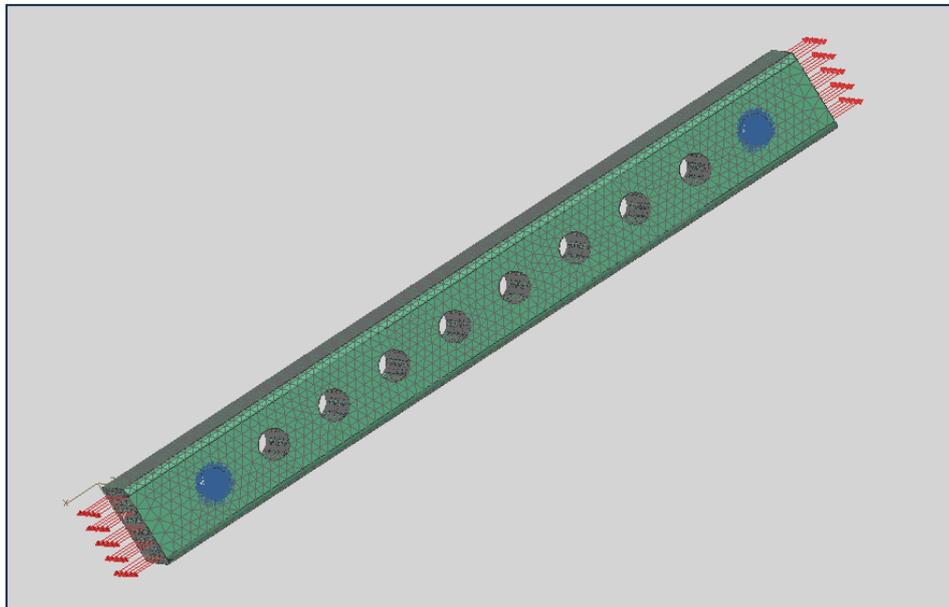


Ilustración 149. Tubo interior a tracción

En los resultados obtenidos en la prueba a tracción de la barra interior, se puede ver como en el desplazamiento nodal máximo y mínimo, obtenemos los mismos valores que en el desplazamiento de la misma prueba pero a compresión. El valor de Von-Mises que debe ser capaz de soportar la pieza también coincide en las dos pruebas.

El valor de fluencia para del aluminio 6061-T6 es de 276 MPa, siendo el resultado obtenido en la prueba 1,558 MPa. Por tanto el cuadro será capaz de soportar las tensiones sin llegar a deformarse plásticamente.

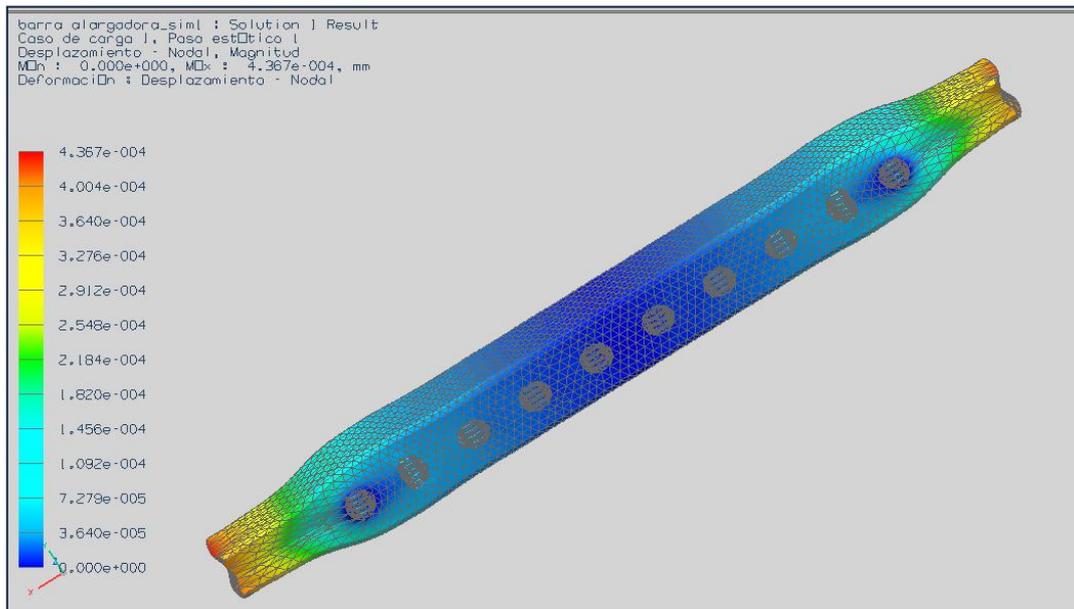


Ilustración 150. Tubo interior desplazamiento nodal

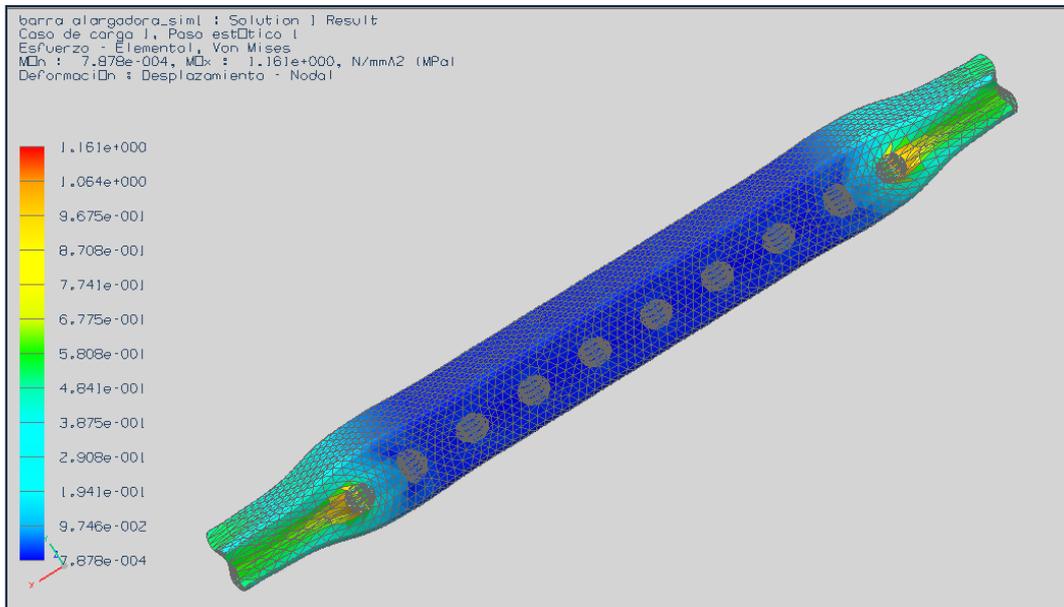


Ilustración 151. Tubo interior Von-Mises

Caso de carga 1 : Number of Iterations = 1								
	Desplazamiento (mm)				Esfuerzo (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von-Mises	Min Principal	Max Principal	Max Shear
Paso estático 1								
Max	4.230e-004	1.183e-004	7.349e-005	4.367e-004	1.558e+003	8.389e+002	2.018e+003	8.951e+002
Min	-4.033e-004	-1.180e-004	-7.341e-005	0.000e+000	5.014e-001	-7.760e+002	-7.248e+001	2.797e-001

Comparativa

	DATOS	DATOS
Carga [N]	1000	1000
Superficie de acción de las fuerzas	Fuerzas a compresión por ambas superficies laterales	Fuerzas a tracción por ambas superficies laterales
Desplazamiento Max [mm]	4,367e-04	4,367e-04
Desplazamiento Min [mm]	00e+00	00e+00
Von-Mises Max [kPa]	1,558e+03	1,558e+03

En la tabla comparativa de resultados observamos cómo a tracción como a compresión tenemos unos valores de desplazamientos iguales. Para los valores de Von-Mises obtenidos ocurre exactamente igual.

5.2.3. Otros elementos

5.2.3.1. Manillar

Características y resultados de la deformación mostrada:

	DATOS
Carga [N]	350N
Superficie de acción de las fuerzas	Superficies superior e inferior
Desplazamiento Max [mm]	2,061e-01
Desplazamiento Min [mm]	00e+00
Von-Mises Max [kPa]	3,205e+04
Peso [Kg]	0,345523

Análisis de los resultados

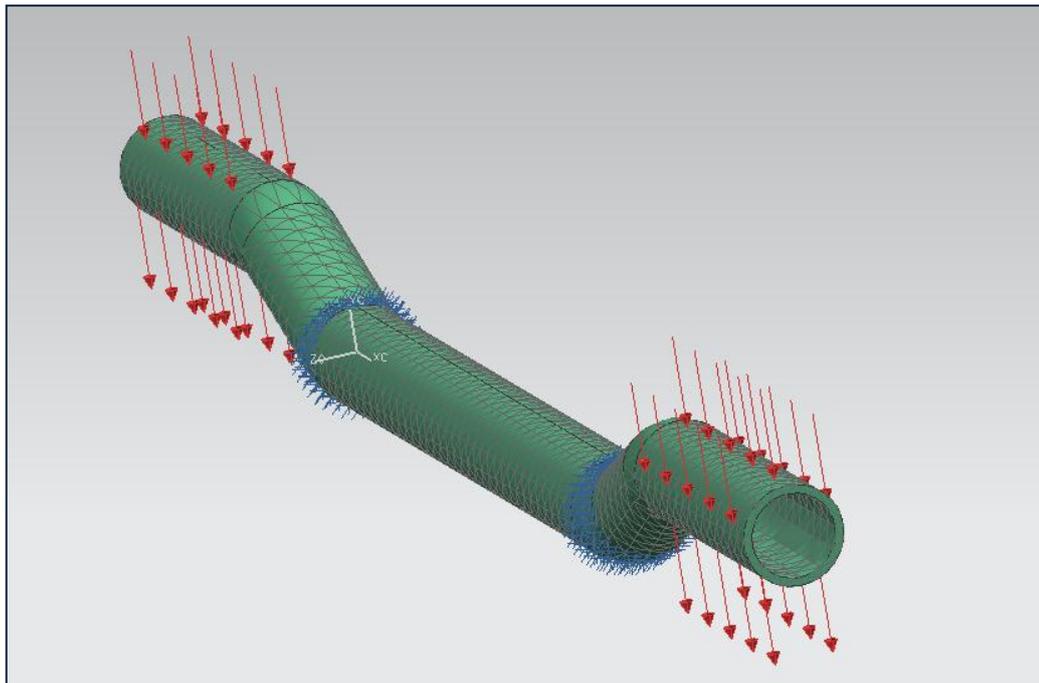


Ilustración 152. Manillar

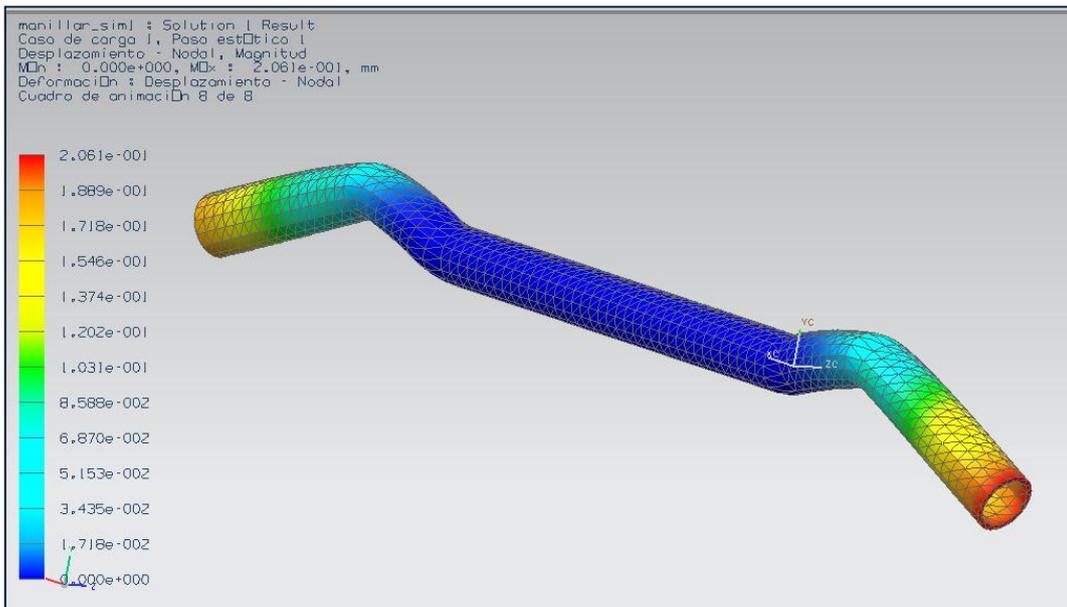


Ilustración 153. Manillar desplazamiento nodal

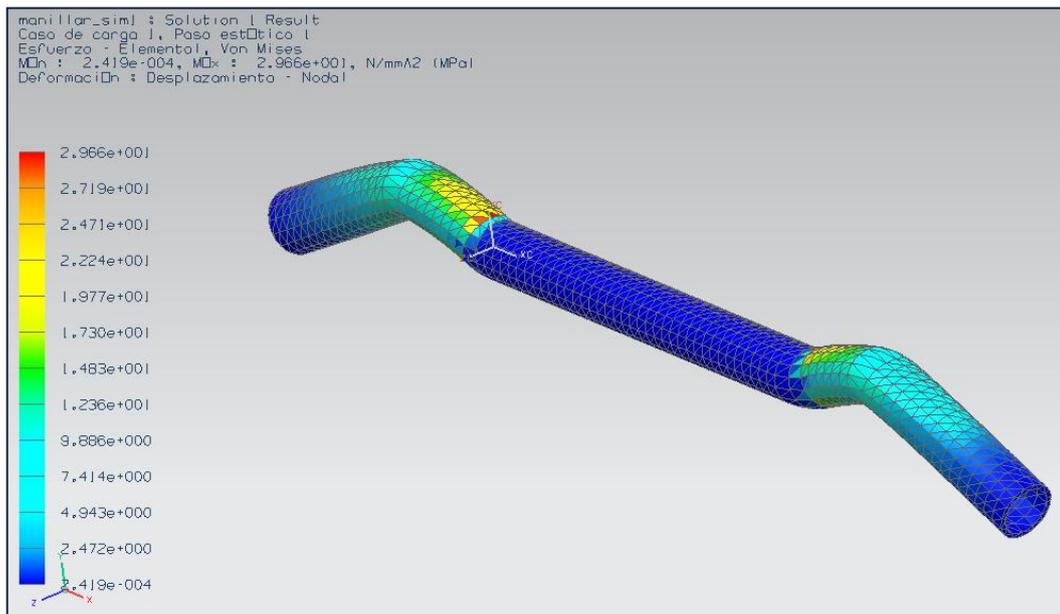


Ilustración 154. Manillar Von-Mises

Resultados estructurales

Caso de carga 1 : Number of Iterations = 1								
	Desplazamiento (mm)				Esfuerzo (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von-Mises	Min Principal	Max Principal	Max Shear
Paso estático 1								
Max	3.380e-002	5.502e-004	6.105e-003	2.061e-001	3.205e+004	4.539e+003	3.676e+004	1.798e+004
Min	-4.038e-002	-2.024e-001	-6.187e-003	0.000e+000	7.256e-002	-3.380e+004	-5.805e+003	4.125e-002

5.2.4. Conclusión

Una vez obtenidos los resultados en cada pieza de la bicicleta diseñada, es necesario comprobar y verificar que los diferentes valores obtenidos son correctos.

El valor de tensión máxima de fluencia para el material 6061-T6 ronda los 276 MPa. A partir de este, verificamos que los valores de Von-Mises que nos ha indicado el programa se encuentran por debajo de este valor máximo. En todos los casos comprobamos como los valores se encuentran por debajo de la zona de fluencia.

Observamos como existe un sobredimensionado de las diferentes piezas, el cual se acentuaría más en el caso de utilizar el aluminio 7005-T6, ya que dispone de unos valores de resistencia mecánicos todavía mejores que el aluminio 6061-T6. Por tanto se podrían llegar a reducir todavía más los espesores de los piezas.

Es importante en este tipo de proyectos, realizar el ensayo de tensión para verificar que los datos del programa son correctos. Estos ensayos no se han llevado a cabo, por el simple hecho de que fabricar las diferentes piezas de la bicicleta con los procesos especificados es imposible, ya que no se tiene el equipamiento ni instalaciones necesarias. Destacar que tampoco es una finalidad del proyecto llevar a cabo estas pruebas, pero sí la necesidad de realizarlas en caso de querer profundizar en la viabilidad el diseño final obtenido.

Comparativa de pesos de los cuadros

Piezas	1er Esbozo (Kg)	Diseño Final (Kg)
Potencia	0,30	0,30
Manillar	0,34	0,34
Asiento	13	3,45
Barra maciza	7,47	2,21
Horquilla	10,67	2,7
Tubo Pedalier	11	5,55
Tubo parte delantera	40	1,64
Engranaje dentado	1,47	0,40
TOTAL	84,26	16,6

Gracias al primer esbozo del cuadro, podemos observar los puntos débiles de este. Observamos cómo el primer diseño conlleva un peso total que resulta realmente excesivo. Aún así, nos es de gran ayuda para realizar un diseño final en el que el peso resulta finalmente alrededor de los 16,50 Kg, reduciendo unos 70 Kg de aluminio. El peso final conseguido es realmente competitivo.

En cuanto al ahorro económico, se consigue reducir los costes. El primer diseño, con un total de 84,26 Kg debería suponer en costes de material unos 3400 euros (siendo el precio del Kg de aluminio-T6 con proceso de fabricación incluido de unos 40,3 euros). El diseño final del cuadro por el contrario supone un coste de 670 euros.

5.2.5. Cuadros pintados

Una vez se ha realizado la bicicleta, se han diseñado todo una gama de modelos de pintado. Los diferentes diseños de pintura se han realizado utilizando el modelo diseñado en Unigraphics NX7 y retocándole los colores gracias al programa Photoshop, el cual nos ha permitido hacer un gran número de diseños de pintura personalizados con un gran detalle de acabado. De este modo además del aprendizaje de los programas de diseño Autocad y Unigraphics NX7, también nos hemos podido aprender el programa Photoshop, que es ideal para crear ilustraciones, diseños, bocetos, etc

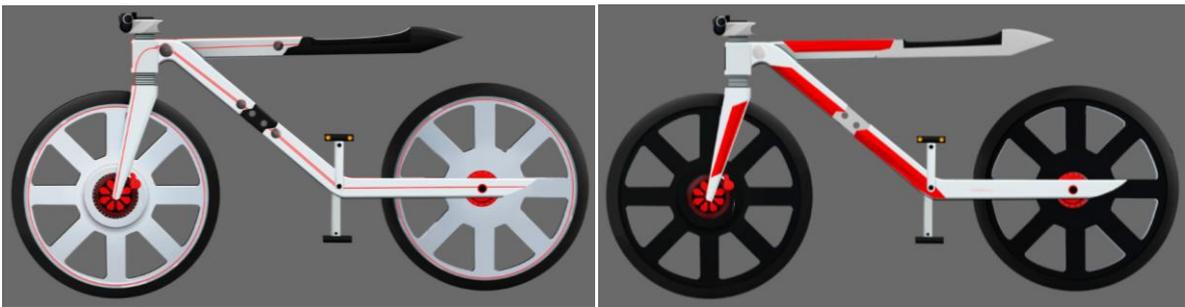


Ilustración 155. Color blanco y rojo

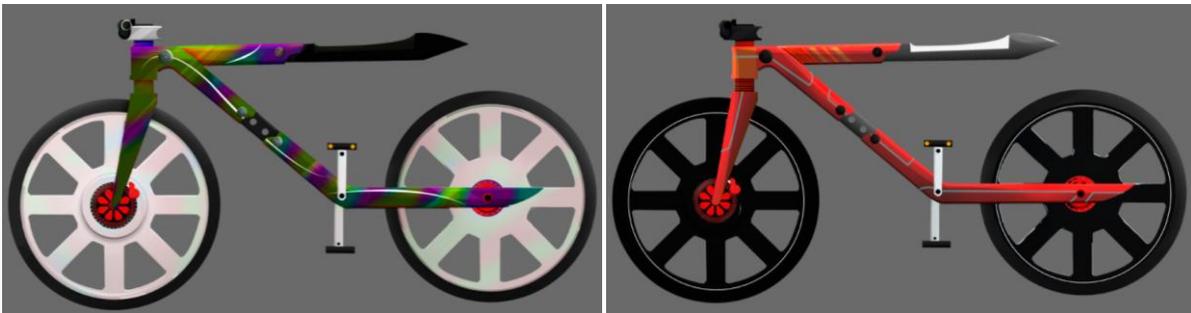


Ilustración 156. Color camaleón y coral



Ilustración 157. Color granate y negro



Ilustración 158. Color tipo Custo y lila



Ilustración 159. Color limón y naranja personalizada

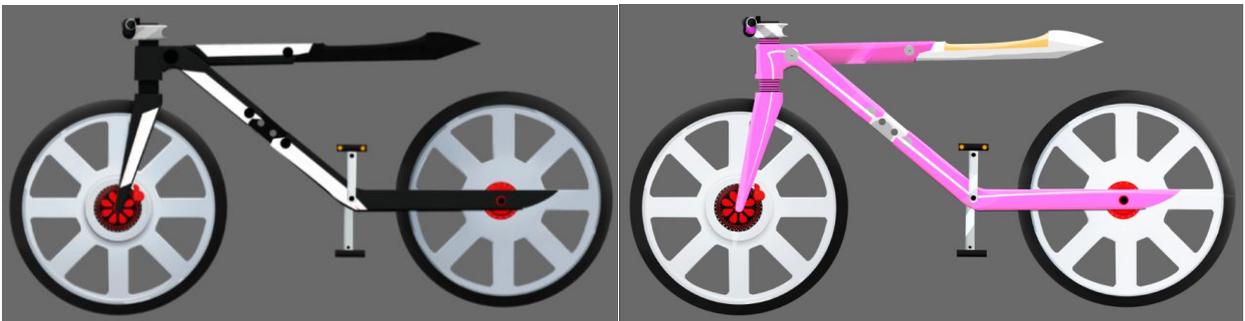


Ilustración 160. Color blanco - negro y rosa



Ilustración 161. Color turquesa

6. MEDIO AMBIENTE

6.1. Introducción

En este apartado se analizará el impacto ambiental que tiene el proyecto. Es decir, evaluaremos el grado de contaminación, que productos finales se producen i que toxicidad tienen cada uno de ellos, como se han de gestionar los residuos i donde se han de gestionar. Realizar un seguimiento del producto acabado durante y después de su periodo de vida para posteriormente tratarlo de manera adecuada.

Indicaremos y razonaremos los motivos por los cuales potenciar el uso de la bicicleta eléctrica, apoyándonos en datos de contaminación de los diferentes tipos de transporte, a la vez que también se analizará el uso de materiales respetuosos con el medioambiente en el proceso para la obtención de la bicicleta.

La bicicleta es un medio de transporte con múltiples ventajas con respecto a otros sistemas de desplazamiento. Un medio eficiente, limpio y saludable que, en el entorno urbano, contribuye a reducir el consumo de energía y las emisiones, a mejorar la fluidez del tráfico, a aportar mayor autonomía a los ciudadanos, a disminuir el gasto individual y familiar en desplazamientos y a fomentar la actividad física y, sobre todo, a potenciar la convivencia ciudadana al no añadir ruido ni contaminación al entorno.

La bicicleta como modelo de transporte lleva asociado una serie de beneficios desde el punto de vista de la sostenibilidad. Son los siguientes:

- No consume recursos energéticos no renovables.
- Eficiente energéticamente.
- Cero emisiones de gases invernadero (GEI) y emisiones de contaminantes atmosféricos.
- No contribuyen a la contaminación acústica del tránsito.
- No contribuyen a la congestión del tránsito.
- Menos demanda de espacio que el coche.
- Conlleva beneficios para la salud de la población.
- Medio de transporte rápido, especialmente en zonas urbanas, y muy en tiempos de trayectos cortos.
- Medio de transporte accesible económicamente.



6.1.1. Contaminación

Aspectos ambientales relevantes y objetivos ambientales considerados

(ISA) Informe de sostenibilidad ambiental.

Según el informe elaborado en el estudio “Pla estratègic de la bicicleta a Catalunya”, este se basa en los aspectos ambientales más relevantes del modelo de movilidad actual, y considera los aspectos de la legislación vigente. La siguiente tabla relaciona los aspectos relevantes, los objetivos de protección ambiental establecidos así como la ponderación de los objetivos de protección ambiental.

Aspectos relevantes de la movilidad actual	Objetivos de protección ambiental establecidos	Ponderación de los objetivos de protección ambiental
El transporte el principal consumidor energético	Objetivo 1: contribuir a la reducción del consumo de energía, en especial los combustibles fósiles del sector transporte.	Prioritario
Aumento de las emisiones de CO ₂ del transporte	Objetivo 2: contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como consecuencia del modelo de movilidad actual y el cumplimiento del Protocolo de Kioto.	Prioritario
Emisión de contaminantes atmosféricos	Objetivo 3: contribuir a alcanzar los parámetros legales en relación con las emisiones de contaminantes atmosféricos nocivos para la salud, en especial en las aéreas urbanas y zonas declaradas de protección especial.	Prioritario
Fragmentación, ocupación del territorio y biodiversidad	Objetivo 4: contribuir a un modelo de movilidad que preserve la biodiversidad, asegure la conectividad entre aéreas naturales, integre las infraestructuras en el paisaje y proteja los recursos naturales.	Prioritario
Contaminación acústica	Objetivo 5: contribuir a alcanzar los parámetros legales en relación con la contribución acústica.	Secundario
Accidentalidad y salud de los ciclistas	Objetivo 6: reducir la accidentalidad asociada a los ciclistas.	Secundario
	Objetivo 7: minimizar la generación de residuos asociados a la planificación y uso de la bicicleta.	Secundario
	Objetivo 8: promover la educación ambiental en materia de movilidad, en especial la movilidad de la bicicleta.	Secundario

Tabla 37. Aspectos y objetivos ambientales considerados

La bicicleta es un medio de transporte considerado no contaminante y libre de ruidos, sin efecto negativo alguno en la salud de los ciudadanos. No emite ninguno de los gases que afectan a la calidad del aire urbano –óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC) o monóxido de carbono (CO), partículas y otros, hecho que ayuda a reducir los niveles de contaminación en la ciudad. La bicicleta no contribuye tampoco a potenciar el cambio climático, puesto que no emite gases de efecto invernadero (dióxido de carbono o CO₂). Todo lo contrario de lo que sucede con los vehículos a motor, ya que éstos son la causa principal de contaminación atmosférica y acústica, siendo estos el origen de impactos ambientales tanto a escala local (en las ciudades), como a nivel global. Hay que tener en cuenta que, actualmente, el transporte es una de las principales fuentes de emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero en el mundo. El aumento del número de vehículos a motor y de la distancia recorrida genera un gran volumen de gases que afectan la calidad del aire y perjudican la salud de las personas, sobre todo en las ciudades. Otro aspecto que debe considerarse con relación al tráfico de vehículos a motor en la ciudad es el ruido, ya que ocasiona alrededor de un 80% de la contaminación acústica en las zonas urbanas.

Comparación de las emisiones entre medios de transporte

	 COCHE SIN CONVERSOR CATALÍTICO	 COCHE CON CONVERSOR CATALÍTICO	 AUTOBÚS	 FERROCARRIL	 BICICLETA
<i>Consumo de energía primaria</i>	100	100	30	34	0
<i>Dióxido de carbono</i>	100	100	29	30	0
<i>Óxidos de nitrógeno</i>	100	15	9	4	0
<i>Hidrocarburos</i>	100	15	8	2	0
<i>Monóxido de carbono</i>	100	15	2	1	0
<i>Contaminación atmosférica total</i>	100	15	9	3	0

Tabla 38. Comparación de emisiones entre medios de transporte

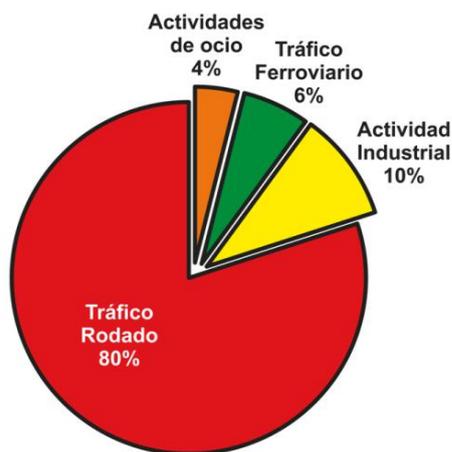


Ilustración 162. Distribución de la contaminación acústica en las ciudades

Como se observa en el gráfico anterior, en gran medida el ruido existente en nuestras ciudades es a debido al tráfico. El uso de la bicicleta como medio de transporte reduciría este tipo de contaminación.

Datos a destacar

El transporte emite cada año unos 6.000 millones de toneladas de CO₂, el principal gas de efecto invernadero. Un 85% de este volumen corresponde a los medios de desplazamiento rodados. El motor de combustión interna de un coche genera unos 0,17 kg de CO₂ por cada kilómetro recorrido. La bicicleta no emite ningún tipo de gas.

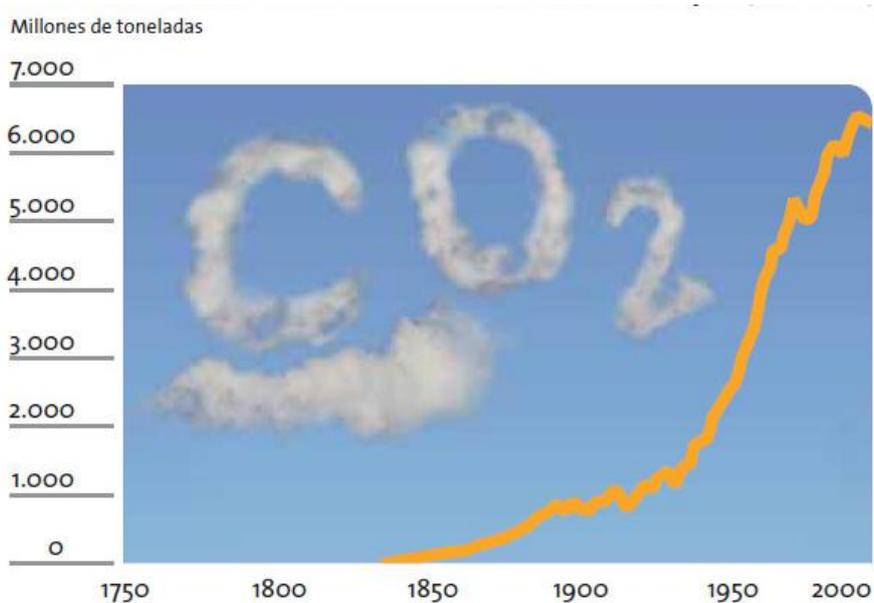


Ilustración 163. Evolución del aumento de la concentración de CO₂ (1750 - 2000)

Los aspectos ambientales más relevantes sobre el medio ambiente derivado del modelo actual de movilidad en Cataluña son:

- El transporte es el principal consumidor de energía en Cataluña (38% del consumo final de energía). De este consumo final, el 98% proviene de derivados del petróleo y resulta el principal emisor de contaminantes a la atmosfera.

El aumento de movilidad experimentado en los últimos años, ha favorecido un uso del vehículo privado, y se prevé un aumento durante los próximos años.

- Contaminación acústica relacionada con los transportes. El tránsito representa un 80% del ruido ambiental. Esta contaminación acústica puede afectar la salud de las personas.
- Accidentalidad y salud de los ciclistas. La bicicleta es el medio de transporte con menos accidentalidad asociada. Ir con bicicleta es una forma de hacer ejercicio físico y, a la vez, beneficia la salud general de la población ya que no emite contaminantes ni ruidos.

6.1.2. Eficiencia de la bicicleta

La bicicleta es el medio de transporte mecánico más eficiente en términos de consumo de energía ya que no necesita de ningún tipo de combustible para su funcionamiento. En general, consume un 2% de la energía que utiliza un coche para hacer el mismo desplazamiento. Este dato contrasta con el hecho de que el transporte y la movilidad mundial ya consume más del 40% de la energía primaria (petróleo, fundamentalmente) y depende casi exclusivamente de los combustibles de origen fósil. Una parte importante de este consumo se debe a la movilidad motorizada en el ámbito urbano (transporte de personas y mercancías) debido sobre todo a que el automóvil se utiliza habitualmente en trayectos cortos que podrían realizarse perfectamente en bicicleta y que por las características del recorrido así como el de los mismos vehículos, conllevan un consumo elevado de energía y una altas emisiones de contaminación.

Datos a destacar

Desplazarse en bicicleta consume unas 40 veces menos energía que hacerlo en coche, y aproximadamente una tercera parte que a pie. Con la energía que se emplea en fabricar un coche se pueden fabricar de 70 a 100 bicicletas. Si se dejara de utilizar el automóvil o la motocicleta en distancias inferiores a los 3 km se conseguiría un ahorro energético superior al 60%.

ASPECTOS QUE FAVORECEN EL USO DE LAS BICIS ELÉCTRICA	
Costes energéticos	<ul style="list-style-type: none"> • 4 € / 100 Km en coche • 0,7 € / 100 Km en bicicleta eléctrica
Otros costes	Generalmente no es necesario ningún tipo de seguro, ni costes de licencia ni de parquin
Fluidez del tráfico	Construcción de carriles exclusivos para las bicicletas, evitando las aglomeraciones de coches
Beneficios medioambientales	Cero emisiones
Beneficios para la salud	Incorporación del ejercicio a la actividad diaria

Tabla 39. Aspectos que favorecen la bici eléctrica.

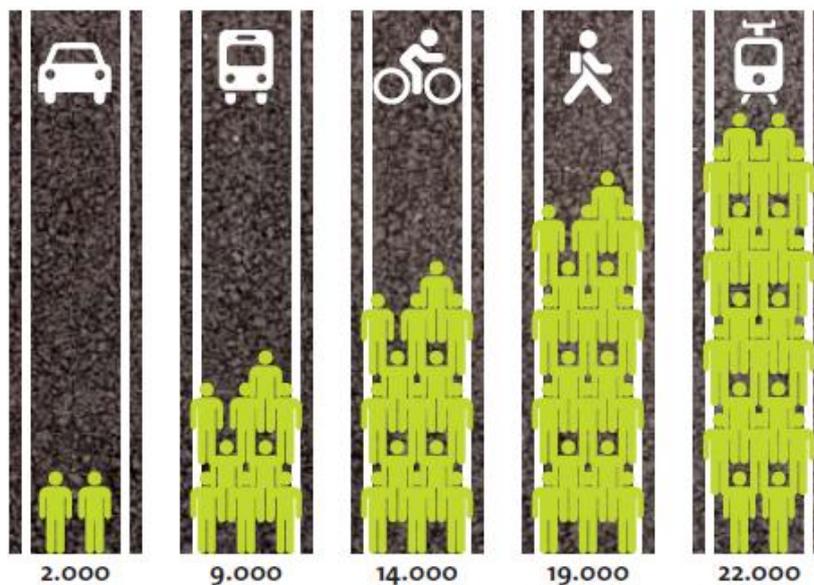


Ilustración 164. N° de personas que pueden circular en una calle de 3,5m en ciudad

En una calle de 3,5 m de ancho, durante una hora pueden circular en automóvil unas 2.000 personas. En bicicleta, en cambio, pueden hacerlo siete veces más, unas 14.000. La bicicleta, además, sólo necesita una séptima parte del espacio que necesita un coche para aparcar. La capacidad de una vía ciclista multiplica por 10 la de una vía para automóviles. En una plaza de aparcamiento para un coche se pueden estacionar entre 7 y 15 bicicletas.

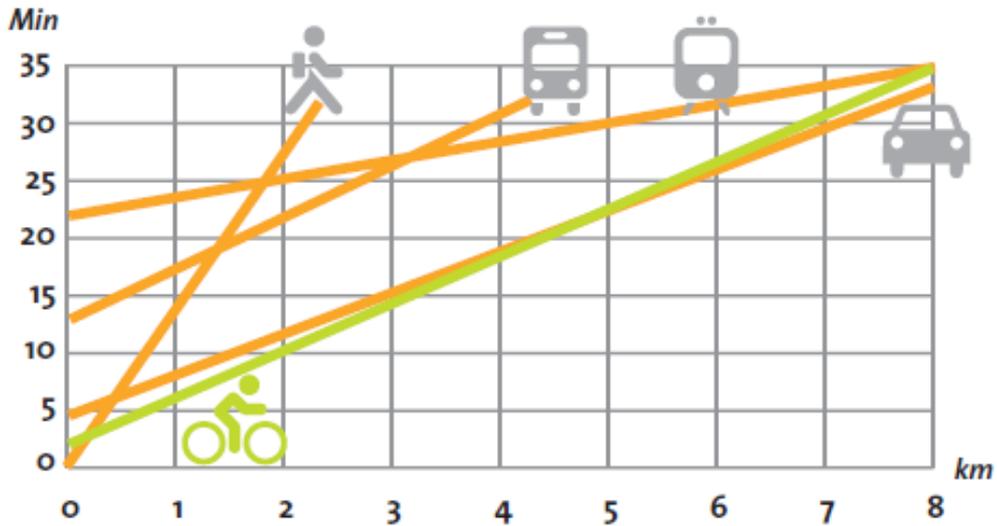


Ilustración 165. Comparación de las velocidades de desplazamiento de los distintos medios de transporte en el medio urbano

6.1.3. Elección del material en la fabricación

La fibra de carbono como material para la fabricación de la bicicleta ha sido descartada desde un primer momento, siendo la principal causa el fuerte impacto que supone el mismo sobre el medioambiente una vez concluida la vida útil de la propia pieza ya que no es un material reciclable. Por el contrario, la elección final del aluminio, aun siendo necesario unos grandes costes de energía para su obtención, permite la reutilización del material, conservando las propiedades del mismo.

Reciclaje del aluminio

El reciclaje del aluminio es un proceso mediante el cual, los desechos del aluminio pueden ser reutilizados en otros productos tras la vida del primero. El proceso implica simplemente refundir el material, lo cual resulta mucho más barato y consume muchos menos energía que la producción de aluminio a partir de la electrólisis de la alúmina. Debido al considerable ahorro producido durante el reciclado y a la sencillez del proceso, el aluminio se empezó a reciclar muy pronto y hoy en día es una actividad normal, técnicamente resulta y rentable.

El proceso de reciclado conlleva numerosos beneficios, como son:

- Al producir aluminio a partir de la chatarra existe un ahorro del 95% de la energía si se compara con la producción a partir del proceso inicial.
- En el proceso de reciclado no cambian las características del material ya que se obtiene un producto con las mismas propiedades. Además, el aluminio puede reciclarse indefinidamente y sin disminuir la calidad del mismo.
- El 100% del material puede ser reciclado.
- En general, un producto es más fácil de reciclar si está compuesto por un único material.
- El reciclado es un proceso rentable porque el aluminio es un metal valioso.
- Reutilización indefinida: El aluminio recuperado, una vez seleccionado y prensado, se funde y con él se fabrican nuevos lingotes de aluminio que se utilizan para cualquier aplicación.

El aluminio se separa en una gama de categorías: aluminio ferroso, aluminio aleado, etc. Dependiendo de las especificaciones de la fundición del lingote necesitado, dependerá el tipo de chatarra que será usado en la fundición.

7. Seguridad

7.1. Introducción

Los elementos de seguridad de los que se pueda dotar una bicicleta requieren mayor importancia a la hora de diseñar una bicicleta, la finalidad de la cual sea circular por la ciudad, entre los coches y motos, o más específicamente que lo haga por la calzada. Con la finalidad de proporcionar al ciclista los elementos de seguridad necesarios, ya sea para su propia seguridad o bien para informar a los demás de su presencia en la calzada, realizaremos un diseño que se ajuste con estos elementos.

7.2. Elementos de seguridad

Los elementos de seguridad de los que proporcionaremos a la bicicleta serán los siguientes:

- Intermitentes, tanto en la parte frontal como en la posterior. Se instalarán en los pedales.



- Catadióptricos reflectantes en diferentes posiciones de la bicicleta, aumentando la visibilidad en caso de ser alumbrados por otros vehículos. Algunos de estos catadióptricos irán instalados en los pedales tal y como se muestra en la siguiente imagen.



- Instalación de luz delantera.
- Instalación de luz de posición en la parte posterior.
- Opcionalmente se pintará con pintura reflectante todos los componentes del cuadro de la bicicleta. La pintura reflectante, como su propio nombre indica “reflejará la luz que capta”. Reflejará tanto la luz natural como la artificial, ya sea de día como de noche. Será especialmente útil en condiciones de poca luz, aún así durante el día también cumplirá su cometido.

8. PRESUPUESTO

8.1. Componentes

COMPONENTES MECÁNICOS	PRECIO [€]
Asiento de cuero	60
Disco delantero (kit) Avid Elixir 5 185	112.90
BL-M591 Palanca freno derecha	13
BL-M591 Palanca freno derecha	13
Cámara de aire (x2)	9
Cambio automático Nexus	70
Cubierta Geax Mezcal 26 delantera	18
Cubierta Geax Mezcal 26 trasera	18
7 Shimano Nexus® SG-7R50	120.80
Eje Cardán Beixo (Kit)	200
Llanta delantera	150
Llanta trasera	150
Manillar	70
Puñitos	9
Pedales	45
Potencia	40
TOTAL	1098.70

Varios de los componentes mecánicos han sido diseñados durante el proyecto, por lo que no será necesario acudir al mercado para adquirirlos. Si es verdad que aún así, muchos componentes se podrán adquirir siempre que dispongan de medidas estándar.

COMPONENTES ELÉCTRICOS	PRECIO [€]
Batería LF(controlador 14A y cargador)	329
Foco delantero	50
Foco trasero asiento	35
Foco trasero cuadro inferior (x 2)	40
Intermitentes en pedales	20
Indicador carga batería	40
Interruptor intermitentes	25
Motor Brushless XF36	159
Sensor de pedaleo PAS	45
Relé de intermitencia	30
TOTAL	773

8.2. Tornillería varia

TORNILLERÍA	PRECIO [€]
Arandelas	
Tornillos	6
Tuercas	
Varios	
TOTAL	6

8.3. Pintura

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO [€/Kg]	CANTIDAD [g]	PRECIO [€]
923-115 Laca HS universal (Barniz)	54,02	150	8,10
929-33 BOC Harter normal endurecedor	89,93	75	6,74
Esmalte acrílico bicapa base agua (pintura)	86,07	200	17,22
93 E-3 G-RIT FARBLOS aditivo acuoso para pintura	14,77	100	1,48
352-91 G-RIT Disolvente Acrílico	25,46	60	1,53
Aparejo P565-761	35,50	150	5,33
TOTAL			40,40

8.4. Coste piezas del cuadro

PIEZAS	PESO [Kg]	PRECIO [€]
Asiento	3,45	139,01
Barra maciza	2,21	89,05
Horquilla	2,7	108
Pieza Pedalier nº1 / nº2	5,55 / 4,6876	223,64 / 188
Pieza parte delantera	1,64	66,08
Pieza soporte asiento nº1 / nº2	2,6376 / 1,8026	106,28 / 82,76
Engranaje dentado nº1 / nº2	0,40 / 0,30	16,11 / 12,08
TOTAL (habrán cuatro totales distintos, dependiendo del modelo de cuadro elegido)	16,6 / 16,50	<ul style="list-style-type: none"> • 748,17 (2) • 720,62 (1) • 708,50 (4) • 684,98 (3)

8.5. Mano de obra

COMPONENTES ELÉCTRICOS	TIEMPO (h)	PRECIO (€/h)	TOTAL
Mano de obra pintura (básica)	1,5	20	30
Mano de obra pintura personalizada	3	25	75
Mano de obra diseño del prototipo	1190	20	23800
Mano de obra de montaje	1,5	15	22,5
Mano de obra de fabricación	-	-	-
TOTAL			23.927,50

El precio de mano de obra de fabricación de los componentes se desconoce.

8.6. Coste total del prototipo

SUMA DE PRESUPUESTOS	PRECIO (€)
Componentes mecánicos	1098.70
Componentes eléctricos	773
Cuadro	715,57
Pintura	40,40
Mano de obra	23.927,50
TOTAL	26.555,17

9. NORMATIVA

9.1. Características que deben reunir las bicicletas con pedaleo asistido

Las bicicletas eléctricas homologadas como tales son las que cumplen con la Directiva Europea 2002/24/CE, que define las características que deben reunir las bicicletas con pedaleo asistido. Debido a que la batería y el motor en una bicicleta eléctrica pueden generar una serie de riesgos que no existen en bicicletas convencionales, estas están sujetas a un conjunto de normas y regulaciones europeas. La bicicleta eléctrica o LEV (Vehículo Eléctrico Ligero de peso inferior o igual a 400 kg), es un término que abarca dos conceptos diferentes de vehículos con un motor eléctrico auxiliar:

- Los ciclos equipados con un motor auxiliar que no puede ser exclusivamente impulsado por ese motor. Sólo cuando los pedales son movidos por el ciclista puede iniciar el motor su asistencia. Estos vehículos son generalmente llamados pedelecs.
- Aquellos ciclos equipados con un motor eléctrico auxiliar que puede ser exclusivamente impulsado por ese motor. El ciclista no está necesariamente obligado a pedalear. Estos vehículos son generalmente llamados E-bikes. Debido a que la normativa establece que el motor ha de pararse en el momento en que se deja de pedalear, y este tipo de ciclo no lo cumple, los fabricantes se han centrado en fabricar ciclos del tipo Pedelec. Las E-bikes tan solo pueden utilizarse en vías privadas.

Pedelecs y E-bikes no son siempre de dos ruedas, también hay vehículos de 3 ruedas. La definición legal del término es "ciclos" a fin de cubrir todos los vehículos, independientemente de su número de ruedas. Las bicicletas eléctricas, que están equipadas con un motor eléctrico auxiliar, su potencia nominal continua máxima debe ser de 0,25 kW, los cuales se reduzcan progresivamente y finalmente se interrumpa cuando el vehículo alcance una velocidad de 25 km / h, o antes si el ciclista deja de pedalear. En caso de no cumplir dichos requisitos, los ciclos de pedal asistido con un motor que asista a más de 25 km / h, y las E-bikes diseñadas para tener una velocidad máxima superior a 25 km / h, se clasifican como motocicletas convencionales y tienen que ser homologados en consecuencia. En todos los Estados miembros una clasificación de ciclomotor trae consigo la obligatoriedad de llevar un casco, de contratar una póliza de seguros y un límite de edad. En algunos casos, también implica un número de matrícula y una licencia de conducir.

Para bicicletas con pedaleo asistido con una potencia de hasta 0,25 kW, el grupo ETRA formado por varias empresas, propone aumentar la potencia del motor de hasta los 0,50 kW. El límite actual resulta insuficiente, por ejemplo, para los ciclos eléctricos utilizados en las zonas montañosas, por las personas obesas, los ciclos de tres ruedas, bicicletas de carga, etc. El aumento propuesto servirá para asegurar que los ciclos actúen en el nivel requerido en todas las circunstancias para que el ciclista goce de una seguridad y confort óptimos.

9.2. Elementos de seguridad

Las bicicletas, para poder circular, deberán disponer de los siguientes componentes y sugerencias:

- Sistema adecuado de frenado que actúe sobre las ruedas delanteras y traseras.
- Timbre. Prohibiéndose el empleo de otro aparato acústico distinto de aquél.

Para circular de noche, por tramos de vías señalizados o cuando existan condiciones meteorológicas o ambientales que disminuyan sensiblemente la visibilidad, las bicicletas, deberán disponer de:

- Luz de posición delantera y trasera.
- Catadióptricos traseros y laterales no triangulares.
- Componentes opcionales: catadióptricos en los pedales y en los radios de las llantas

Todos los dispositivos a que se refiere el presente deben estar homologados.

Las bicicletas no podrán arrastrar remolque o semirremolque alguno.

Alumbrado

Descripción	Componentes de bicicletas, para circular de noche			
Tipo de luz	Número	Color	Situación	Obligatorio/Opcional
Luz de posición delantera	1	Blanco	Delante	Obligatorio
Luz de posición trasera	1	Rojo	Detrás	Obligatorio
Catadióptricos traseros no triangulares	1	Rojo	Detrás	Obligatorio
Catadióptricos en los pedales	4	Amarillo auto	2 en cada pedal	Opcional
Catadióptricos en los radios de las ruedas		Amarillo auto		Opcional
Intermitentes		Amarillo auto		Opcional

9.3. Otros

Manillar - dimensiones

El manillar debe tener una anchura total comprendida entre 350 mm y 1000 mm salvo si la reglamentación nacional especifica otros valores. La distancia vertical entre la parte superior de los puños de manillar en su posición más alta según las instrucciones de reglaje del fabricante y el plano de la superficie de asiento del sillín en su posición más baja no debe sobrepasar los 400 mm.

Puños de manillar y topes

Los extremos del manillar deben estar equipados con puños o topes finales. Cuando se ensayan deben resistir una fuerza de desmontaje de 70 N.

El método de ensayo es introducir el manillar provisto de sus puños o sus topes en agua a temperatura ambiente durante una hora y después se coloca el manillar en un armario de congelación hasta que el manillar esté a una temperatura inferior a -5°C . Se saca el manillar del armario de congelación, se permite que la temperatura del manillar llegue a -5°C y entonces se aplica una fuerza de 70 N al puño o tope en la dirección de desmontaje. Se mantienen la fuerza hasta que la temperatura del manillar haya llegado a $+5^{\circ}\text{C}$.

Potencia de manillar – Marca de profundidad de introducción a tope

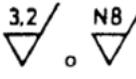
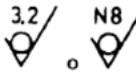
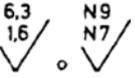
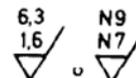
La potencia debe disponer de uno de los dos medios siguientes para garantizar una profundidad de inserción sin peligro en el tubo de la horquilla de inserción:

- a) Debe tener una marca permanente transversal de una longitud superior o igual al diámetro exterior de la potencia indicando claramente la profundidad mínima de inserción de su tija en el tubo del eje de la horquilla de dirección. La marca de introducción debe estar colocada a al menos 2.5 veces el diámetro de la tija desde la extremidad inferior de la potencia y debe haber al menos una longitud de un diámetro de material continuo circunferencial de potencia por debajo de la marca.
- b) Debe incorporar un medio positivo permanente evitando que se separe fuera del tubo de la horquilla más alta de la profundidad mínima de inserción definida en el apartado a).

9.4. Planos

La siguiente tabla indica los símbolos de las rugosidades especificadas en los planos.

Símbolo	Significado
	Símbolo básico. Solamente puede utilizarse cuando su significado se exprese mediante una nota
	Superficie mecanizada con arranque de viruta
	Superficie que no debe someterse al arranque de viruta. También puede utilizarse en dibujos de fase de mecanizado para indicar que la superficie debe de quedar tal como ha sido obtenida, con o sin arranque de viruta, en la fase anterior de fabricación

Símbolo			Significado
Con arranque de viruta			
Facultativo	Obligatorio	Prohibido	
			Superficie con rugosidad Ra de valor máximo de 3.2 micras
			Superficie con rugosidad Ra de un valor máximo de 6.3 micras y mínima de 1.6

10. CONCLUSIONES

A medida que hemos ido avanzando en el desarrollo del proyecto, nos hemos ido dando cuenta de que en la tapa inicial quizás utilizamos demasiado tiempo en buscar información que nos pudiera ser útil en la planificación del proyecto e ideas a desarrollar. Hemos tenido la sensación que una vez comenzado a plasmar en el papel nuestras ideas, estas han ido surgiendo con mayor facilidad.

Los conocimientos aportados por la realización del proyecto han sido numerosos. El aprendizaje de la herramienta de diseño en 3D ha sido muy gratificante pese a la dificultad que ha conllevado, y los problemas que han ido surgiendo y que han tenido que ir resolviéndose. Se han aprendido multitud de funciones nuevas desconocidas en un primer momento al iniciarnos en el programa.

Realmente llevar a cabo el proyecto ha sido una tarea costosa, en el que se han invertido muchísimas más horas de las esperadas inicialmente, ya que planificación inicial se quedo corta. Las tareas que se han ido realizando a medida que se ha avanzado en el proyecto han sido mucho más numerosas, ampliando la propuesta inicial en varios sentidos.

11. BIBLIOGRAFÍA

Materiales

- Asignatura MMET (Materiales Metálicos) – UPC EPSEGV
- Periodni.com
- Eltamiz.com
- Konabikeworl.com
- Columbus.com
- Easton.com
- Fairing.com
- Tratamientos térmicos en aleaciones: Scribd.com
- Sifunpro.tripod.com
- APRAIZ B; José. Tratamiento térmico de los aceros Editorial DOSSAT, S.A.
- Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales.
- AVNER, Sydney H . introducción a la metalurgia física. Editorial McGraw Hill.
- HANS, Studeman, Tratamientos de los aceros. Manual del ingeniero Vol. XII Ediciones URNO.
- Sidelpa.com.
- Alibaba.com

Diseños de bicicletas

- Bike 2.0:
Enbicipormadrid.es
- Nulla:
Zonadigital.excite.es

Componentes

- Frenos:
Multiformato.com
Es.wikipedia.org
Mountainbikeymas.blogspot.com.es
- Pedales:
Ltmracing.com
- Kit autoinstalable:
Ebproject.org
- Wiggle.es

Estudios

- Estudio GESOP 2009 / 2010
- Estudio Pedelects del RACC.
- Proyecto pedagógico para secundaria “Con bici al instituto”.
- Pla estratègic de la bicicleta a Catalunya (2008 – 2012).
- Bacc.info
- Amicsdelabici.org

Medio Ambiente

- "Electric bikes in the people's republic of China, Impact on the environment and prospects for growth". Asian development bank.
- Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente: Magrama.es.
- Proyecto pedagógico para secundaria "Con bici al instituto".
- Europa.eu/documentation.
- Pla estratègic de la bicicleta a Catalunya (2008 – 2012).
- Aluminio.org
- En bici, hacia ciudades son malos humos (Unión europea).

Normativa

- Normativa Pedelecs y E-bikes:
Vehiculosverdes.com
- Normativa Europea: Eur-lex.europa.eu.
- Proyecto pedagógico para secundaria "Con bici al instituto".
- Normativa Española UNE para bicicletas de paseo.
- Quiplan-mobility.com.
- Directiva 2002/24/CE.
- Ciclojuristas.wordpress.com
- Tornillería COFAN

Varios

- Gérard Meunierr, Pierre Pauget. “La bicicleta: practica y descubre el cicloturismo”. Ed. INDE.
- José Sánchez Real. "La física de la bicicleta”. Ed. de la Torre.
- Annette Muetze, Ying C. Tan. “Electric Bicycles”.IEEE Industry Applications Magazine.
- Quipplan-mobility.com.
- Elementos metálicos y sintéticos. Paraninfo
- Preparación de superficies. Paraninfo
- Embellecimiento de superficies. Paraninfo
- Glasurit.es