

ÍNDEX

1	Introducció	3
1.1	Antecedents	3
1.2	Objecte.....	3
1.3	Especificacions	3
1.3.1	Condicionants tècnics	3
1.3.2	Condicionants legals	4
1.4	Abast.....	4
1.4.1	Disseny geomètric.....	4
1.4.2	Disseny material.....	5
1.4.3	Disseny mecànic	5
1.4.4	Càlcul per elements finits	5
1.4.5	Plànols	5
1.4.6	Fabricació	6
2	Descripció de la Solució	7
2.1	Material	7
2.2	Geometria	8
2.2.1	Dimensions principals	8
2.2.2	Gruix	9
2.3	Laminat.....	11
2.3.1	Posicionament.....	11

2.3.2	Tipus de làmines	12
2.3.3	Unions.....	12
2.3.4	Direcció de les fibres del laminat.....	13
2.4	Detalls mecànics	15
2.5	Fabricació	15
3	Resum del pressupost.....	17
4	Conclusions.....	18
5	Bibliografia	20
6	Glossari.....	22
7	Agraïments.....	23

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

En els darrers anys el concepte de bicicleta ha evolucionat considerablement. La introducció de nous materials i tècniques de producció, així com la disponibilitat d'eines informàtiques (CAD/CAM/CAE) que permeten optimitzar el disseny han permès millorar-ne considerablement les prestacions mecàniques.

La tendència actual, pel que fa al disseny de quadres de bicicleta, és la utilització d'aliatges avançats o materials compòsits. Recentment però, han aparegut quadres de bicicleta realitzats amb fusta. Les millores actuals en el tractament de la fusta permeten obtenir grans prestacions. A més a més, les tècniques actuals permeten obtenir geometries complexes, i la fusta és un bon material que permet per exemple absorbir més vibracions.

1.2 Objecte

L'objecte d'aquest projecte és el disseny conceptual, dimensionament i fabricació del quadre d'una bicicleta de carretera amb fusta laminada i el seu procés de fabricació.

1.3 Especificacions

1.3.1 Condicionants tècnics

1.3.1.1 Geometria

Es vol el disseny d'un quadre de bicicleta de carretera, que pugui utilitzar tots els components de les bicicletes tradicionals. Aquesta geometria es realitzarà amb talla m-54, que correspon a una mida adequada per a persones d'entre 1,70 i 1,85 m d'alçada aproximadament.

1.3.1.2 Materials

El material principal utilitzat per a realitzar el quadre ha de ser la fusta.

1.3.1.3 Prestacions

La geometria i el disseny han de fer que la bicicleta un cop acabada tingui bones propietats per a la seva utilització. Ha de ser prou rígida per a proporcionar bones

prestacions a la carretera, ha de ser còmode en la posició de pedaleig i tot això amb el mínim pes possible.

1.3.1.4 Elements a dissenyar

S'han de dissenyar tots els components que formaran part del quadre de la bicicleta, així com també tota l'estructura i tots els elements necessaris secundaris per tal de que es pugui utilitzar components normalitzats que es troben al mercat. L'estructura dissenyada ha de complir un seguit de normatives.

1.3.1.5 Elements comercials

El quadre ha de funcionar amb tots els elements externs que se li uneixin, que es troben normalitzats, provinents de les principals marques actuals de ciclisme. Sobretot s'han de poder trobar recanvis de coixinets i els elements que depenen específicament de les dimensions del quadre.

1.3.2 Condicionants legals

1.3.2.1 Normativa aplicada

Per a la realització del projecte s'aplicarà la normativa europea EN 14764 City and trekking bicycles: Safety requirements and test methods i la EN 14781 Racing bicycles: Safety requirements and test methods.

De tots ells l'assaig que ha de passar el quadre serà l'obligatori en tots els cassos que correspon a l'assaig d'impacte d'una massa. No es realitzaran les proves amb l'assaig de fatiga ni el d'impacte per a caiguda del quadre.

1.4 Abast

1.4.1 Disseny geomètric

El disseny geomètric serà dissenyat en concret per aplicar-ho només en aquest quadre. Les dimensions principals es determinaran observant quines mides utilitzen les principals marques fabricants de quadres de bicicletes. Posteriorment aquestes s'adaptaran per a obtenir un bon resultat amb el material amb el qual es realitzarà el projecte.

1.4.2 Disseny material

Els precedents en la construcció de bicicletes amb fusta són molt escassos, així que el disseny pel que fa a la estructura interna del quadre, les unions i els enllaços amb elements externs s'hauran de dissenyar de nou.

S'optarà per a realitzar la construcció de la fusta amb laminat ja que aquest comporta considerables avantatges sobre la fusta massissa.

1.4.3 Disseny mecànic

Com s'ha dit anteriorment el quadre ha de poder utilitzar peces normalitzades, per tant, el disseny mecànic ve condicionat per elements externs.

Els principals punts on es tindran amb compte són els coixinets de la direcció i dels pedals, l'assemblatge amb la roda posterior i la unió amb el seient.

S'ha de buscar un disseny que proporcioni durabilitat al quadre, per tal que no es produeixin desgastos que puguin comprometre l'estructura.

1.4.4 Càlcul per elements finits

Per a determinar la integritat completa del quadre davant de l'assaig que ha de superar s'utilitzarà un programa d'elements finits.

També s'utilitzarà aquest per a determinar les zones més crítiques, les zones segures i les zones on es pot reduir el pes.

Tot això ajudarà a dimensionar d'una manera coherent el quadre de bicicleta a més de determinar la orientació preferent de les fibres de la fusta.

1.4.5 Plànols

Es proporcionaran els plànols necessaris per a la construcció de l'objecte descrit en aquesta memòria sense els acabats.

Aquests constaran dels plànols principals, on es veuran les diferents parts de diversos materials de que constarà el quadre, i plànols de l'assemblatge del conjunt.

També s'hi inclourà el llibre de laminat, on es trobaran totes les làmines de fusta les quals formaran l'estructura principal del quadre, amb la corresponent direcció de les fibres.

1.4.6 Fabricació

Es detallarà breument el procés de fabricació utilitzat per a la obtenció del prototip i totes les condicions necessàries per a l'obtenció de l'objecte present.

Es presentarà un prototip de l'objecte esmentat.

2 DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ

2.1 Material

El material utilitzat serà fusta laminada.

L'elecció de la fusta es realitza segons les necessitats. Es necessita un material fibrós, molt resistent i lleuger, alhora que presenti poques o cap imperfecció estructural (com nusos o aigües molt marcades), ja que això produiria defectes en els quadres.

El material seleccionat són dues fustes diferents a fi de poder combinar diferents colors. Aquestes són el bedoll i el niangon.

Les propietats mecàniques d'ambdós són molt similars i a afectes pràctics es consideren iguals.

Per comoditat es suposa al llarg del projecte que les fibres de la fusta sempre es troben en la direcció y dels sistemes de coordenades.

Aquestes característiques proporcionades per als distribuïdors permeten calcular totes les propietats que es resumeixen a la següent taula.

Mòdul de Young E (MPa)			Coeficient de Poisson ν			Mòdul elàstic G (MPa)		
x	y	z	xy	yz	xz	xy	yz	xz
7700	15000	7700	0,25	0,3	0,25	14600	14600	2960

Taula 1: Propietats elàstiques de la fusta

Cal conèixer també les resistències màximes a tracció i a compressió de la fusta segons la direcció amb la que treballarem. Es poden observar en la següent taula. Es treballarà amb un factor de seguretat de 1,4.

Tensions màximes en MPa			
Tensió y, direcció fibra		Tensió tangencial	
Mín	Màx	Mín	Màx
-79,8	189	-26,6	25,2

Taula 2: Tensions màximes admissibles

2.2 Geometria

2.2.1 Dimensions principals

El disseny de la geometria s'efectuarà complint la normativa de competició, explicada al plec de condicions. Per acabar de definir els paràmetres lliures, s'ha utilitzat dimensions d'altres marques amb quadres convencionals.

El present quadre consta de totes les característiques d'un quadre convencional amb la tija del seient integrada per a la millora en la seva construcció.

Les grans marques del ciclisme amb molts anys d'història han realitzat nombrosos experiments i recerques sobre la millor posició del ciclista sobre la bici. Com que un dels principals objectius és el rendiment esportiu, la majoria de marques utilitzen les mides òptimes per aquest fi i això provoca que moltes de les bicis actuals tinguin les mateixes relacions pel que fa a les dimensions segons les talles, tot i que la forma final adoptada sol ser diferent en cada cas.

Les dimensions varien molt segons la talla, però amb la mateixa talla la majoria de marques tenen paràmetres molt semblants.

Es pot observar que els angles principals prenen les mateixes dimensions en la majoria de cassos.

S'ha realitzat el dimensionament d'una bicicleta de talla M o 54, l'habitual en persones entre 1,70 i 1,85 metres d'alçada aproximadament.

Les principals dimensions de referència que s'utilitzen són les que es mostren a la taula, corresponents a la imatge següent.

BBdrop	Rearcenter	Front center	Seat tube angle	Headtube angle	Stack	Top tubelength	Reach	Headtubelength
68	413.35	555.15	73	73.1	553	530	376	148

Taula 3: Dimensions principals (en mm)

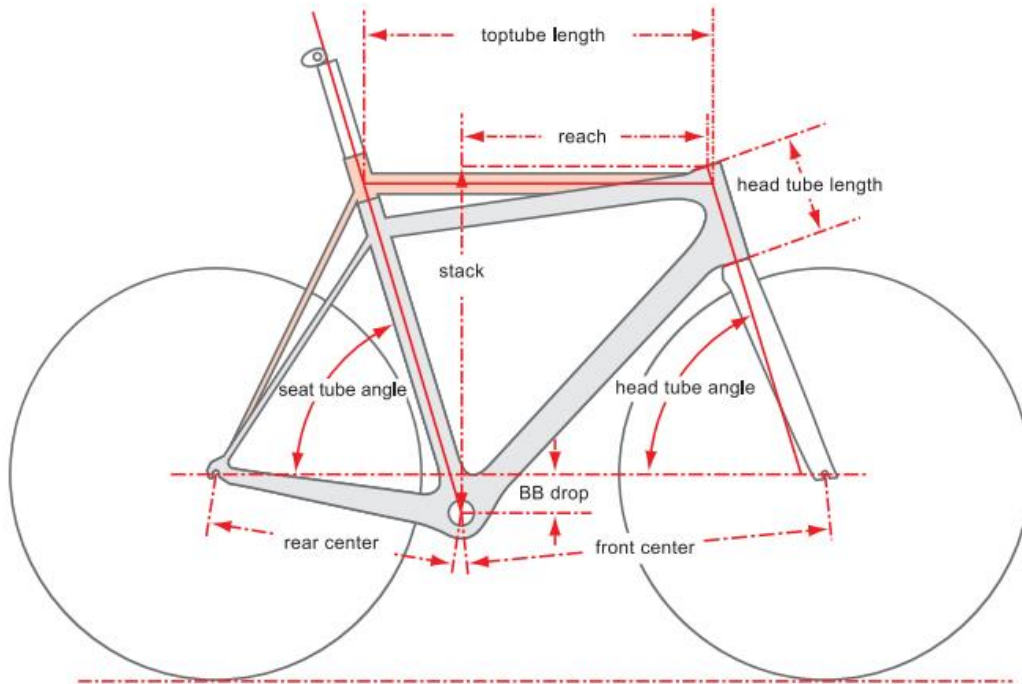


Figura 1: Dimensions principals

A partir d'aquí s'han dimensionat els tubs de l'estructura principal del quadre. Tots els eixos passaran pel centre d'aquestes dimensions i a partir d'aquí es defineixen les peces del laminat.

2.2.2 Gruix

El gruix de la majoria de zones del quadre venen determinats pels elements externs de la bicicleta. Les diferents zones tindran gruixos diferents.

Es necessita un gruix de 180 mm a la zona de la caixa per poder utilitzar pedals comercialitzats actualment.

Són necessaris 120 mm a la direcció, per obtenir un gruix mínim a la zona del firat del tub de la direcció.

El tub vertical ha de tenir un gruix de com a molt 40 mm ja que el desviador no permet que sigui superior. Tot i així a la zona superior d'aquest tub, on s'ha de col·locar el seient es necessita un tub de 30 mm de diàmetre.

Per últim les beines i els tirants no poden fer més de 20 mm de gruix ja que és l'espai màxim que queda entre la roda i el peu quan es pedala.

Per últim, la zona on es situa la roda posterior assemblada amb el quadre ha de ser de com a molt 10 mm, ja que les rodes i eixos actuals són fabricats així. La solució adoptada en aquest cas ha sigut utilitzar làmines d'alumini de 7 mm de gruix.

Totes les dimensions es poden veure en l'apartat de plànols, plànol 2. La següent representació mostra un esquema de com ha de ser el quadre per les exigències especificades.

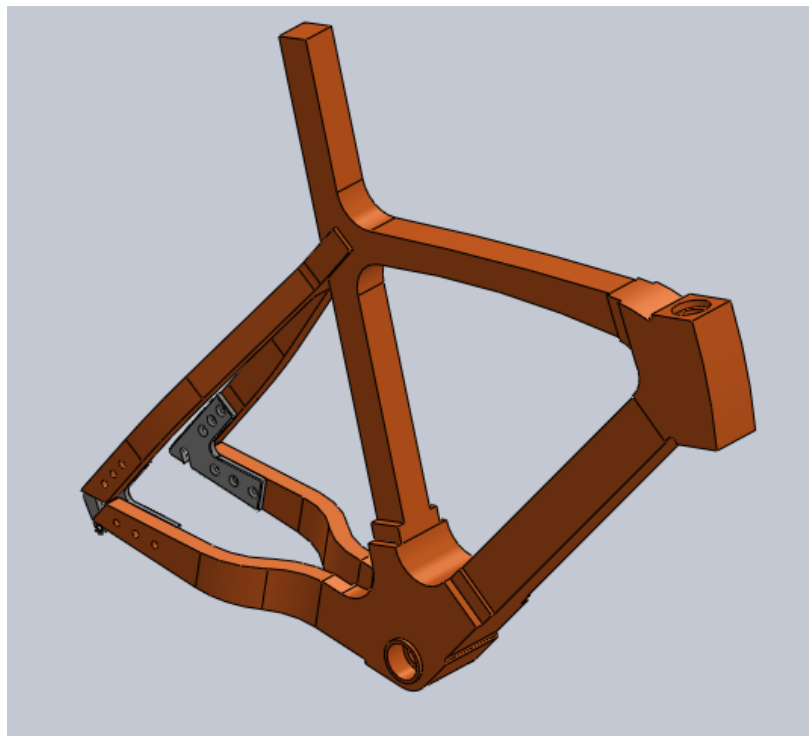


Figura 2: Dimensionat del quadre

El quadre té zones on el laminat és massís i zones on podem trobar un tub foradat. Això és així amb l'objectiu principal de reduir el pes del quadre i s'efectua en les zones on les

tensions són menors, com ara als centres dels tubs inferior, vertical i horitzontal. Aquests forats es poden observar al llibre de laminat.

2.3 Laminat

El laminat proporciona unions més fortes i propietats molt més adequades que la fusta normal per a l'aplicació del present projecte. A més, permet escollir la direcció de les fibres a cada capa i cada peça, fet que permet trobar valors més correctes per a l'aplicació que se'ls vol donar.

L'estructura escollida pel projecte és fusta laminada de 5 mil·límetres de gruix per a tot el quadre de fusta a excepte pels tirants i les beines que estaran formats per làmines de 2,5 mm. Aquests últims s'ajuntaran de dos en dos per a poder-los unir amb altres làmines d'una mateixa capa de 5 mm.

2.3.1 Posicionament

El disseny de les làmines de fusta s'ha fet en direcció vertical.

La direcció del laminat anirà d'un costat a l'altre de la bicicleta, com es pot veure a la següent imatge.

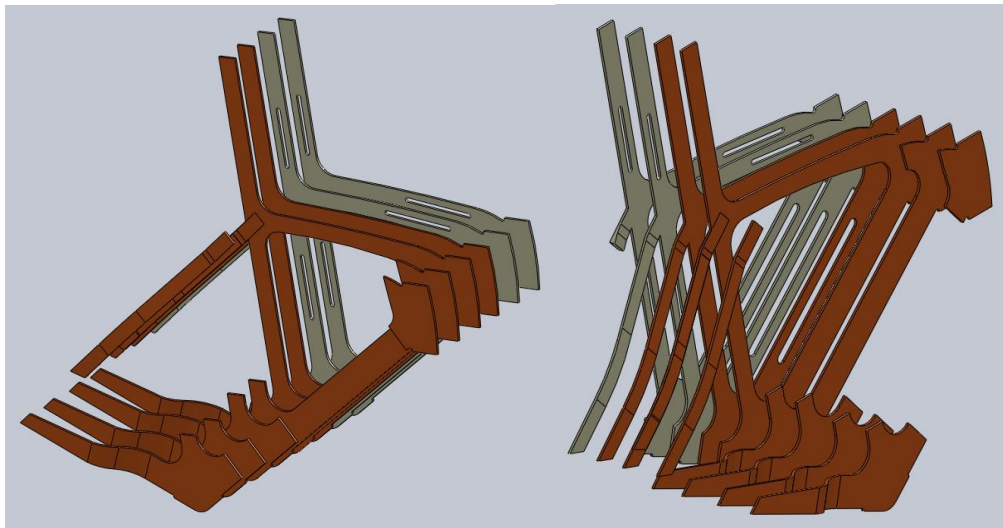


Figura 3: Direcció del laminat

2.3.2 Tipus de làmines

En total existeixen 7 peces diferents segons la zona on es trobin: la beina i el tirant, el tub superior, inferior i el del seient i, per últim, la peça de la direcció i la de l'eix dels pedals. No sempre coincidiran totes en una mateixa capa, tot i que sempre hauran de ser d'un d'aquests tipus.

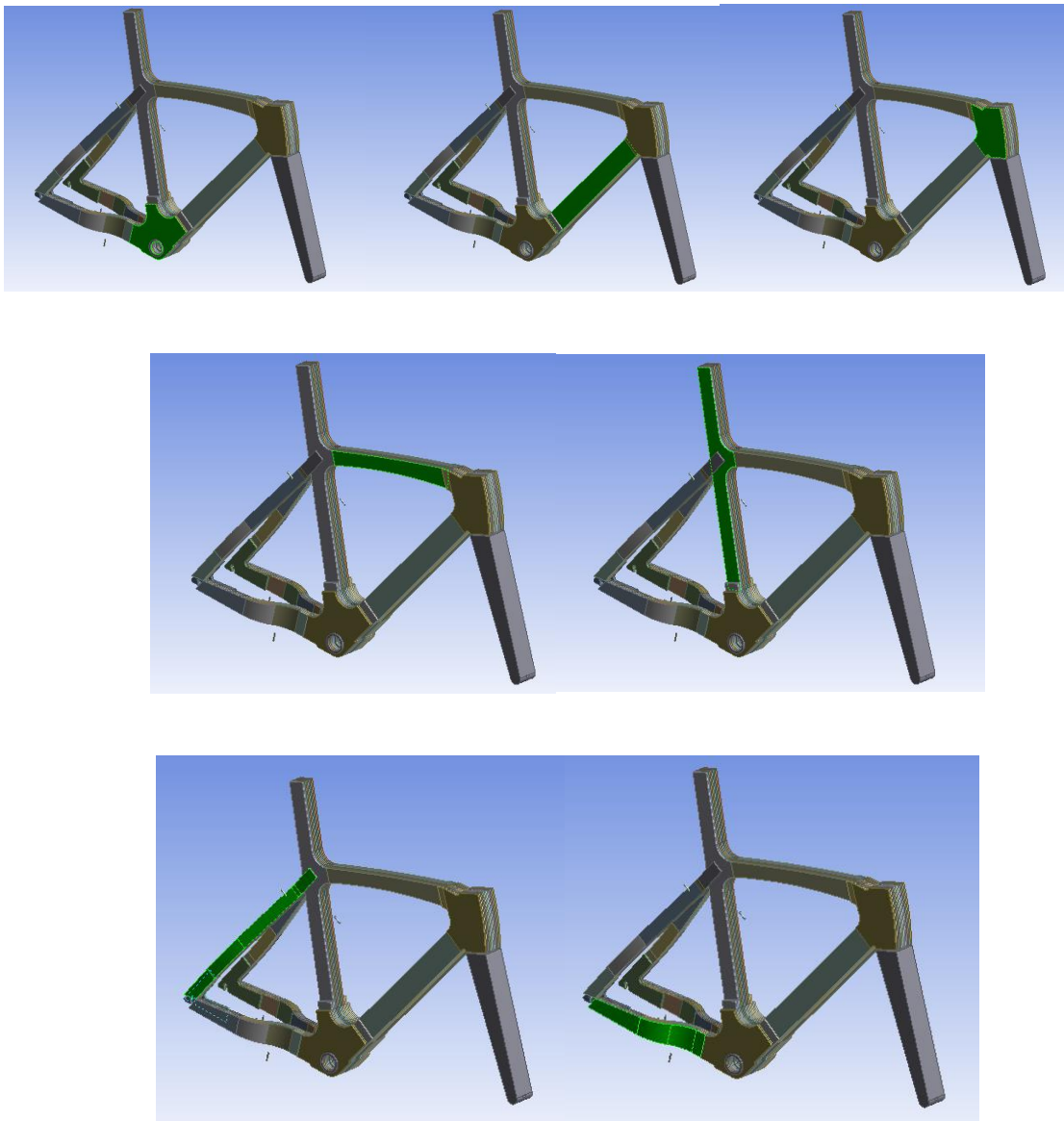


Figura 4: Diferents tipus de peces

2.3.3 Unions

Per resoldre les unions entre les diferents peces d'una mateixa capa s'ha optat per a construir les peces amb encaixos amb forma de "puzle" per evitar qualsevol moviment.

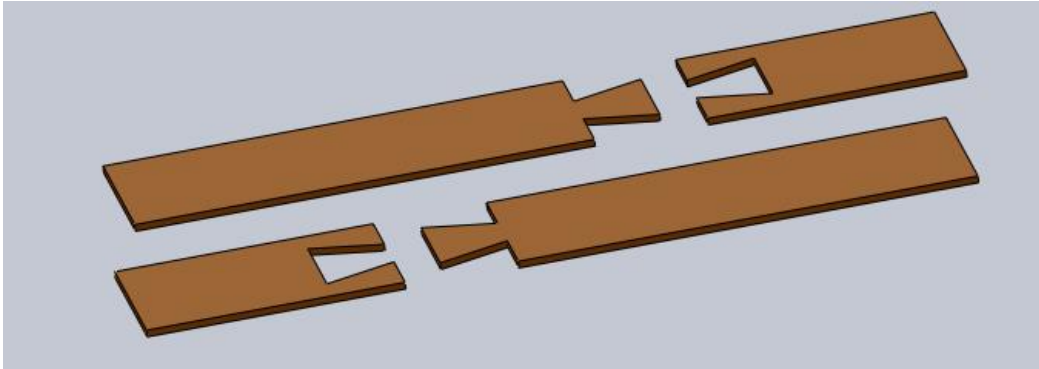


Figura 5: Unió làmines d'una mateixa capa

A part de la forma de les unions, també cal tenir en compte la situació d'aquestes. Es tracta d'obtenir una unió sòlida i que no comprometi l'estructura. Per això la solució adoptada és combinar intercaladament els junts. És a dir, mai coincidiran dues unions en dos pisos consecutius, tal i com es pot veure en les següents imatges.

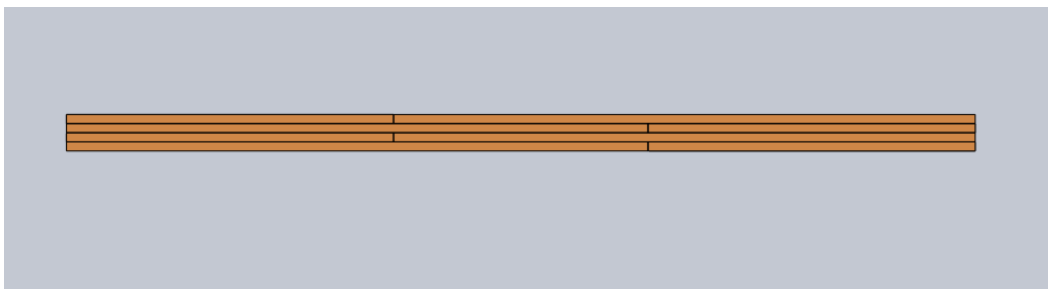
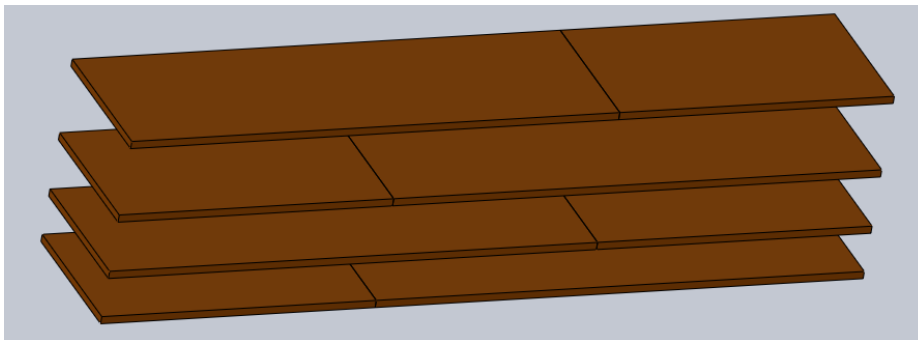


Figura 6: Unió de làmines de diferents capes

2.3.4 Direcció de les fibres del laminat

Després de l'estudi amb elements finits de tots els elements amb l'assaig de caiguda i impacte d'una massa, s'ha pogut determinar una configuració de fibres que supera l'assaig sense sobrepassar cap tensió de les admissibles esmentades anteriorment, amb

un factor de seguretat de 1,4. Els detalls de l'estudi numèric es troben a l'apèndix B.1, sol·licitacions.

L'angle de posicionament de les fibres es mesura respecte l'eix del tub esmentat anteriorment. El nom de les peces correspon al següent esquema anterior a la taula.

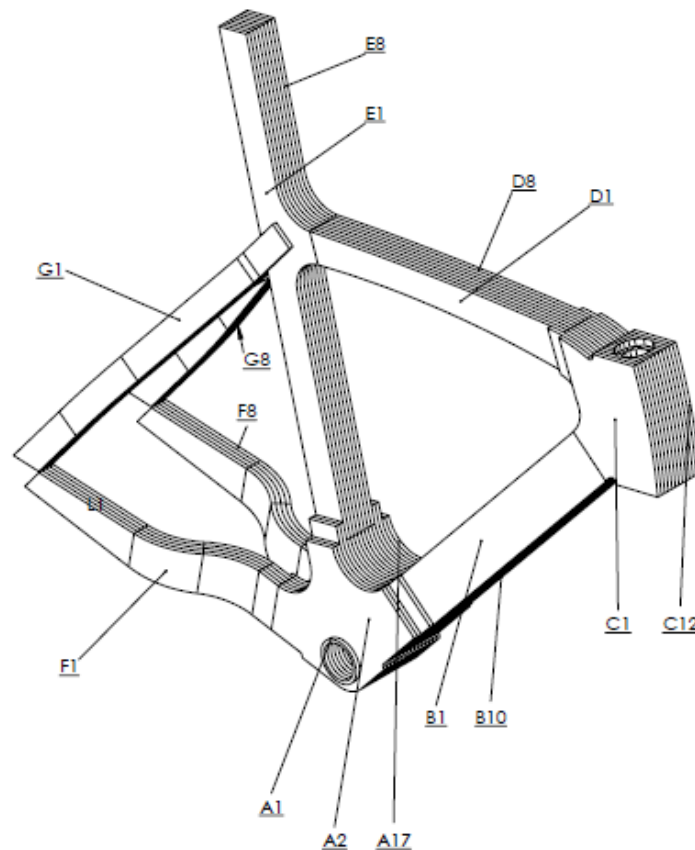


Figura 7: Referències per peces

En la següent taula hi ha els diferents angles en què es trobaran les diferents peces (només s'indica fins la meitat del quadre ja que és simètric, és a dir la capa 9 és la central i la següent serà com la 9 i així successivament fins la 18).

	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7	Capa 8	Capa 9
A	90°	0°	45°	90°	-45°	0°	45°	90°	-45°
B					0°	0°	0°	0°	0°
C				45°	-45°	45°	45°	45°	45°
D						0°	0°	0°	0°
E						20°	-20°	20°	-20°
F		0°	0°	0°	0°				
G					0°	0°	0°	0°	

Taula 4: Direcció de les fibres per peça

2.4 Detalls mecànics

Amb el laminat s'obté un bloc amb la forma desitjada. El mecanitzat més important és el dels coixinets, els forats per unir la fusta a l'alumini de les punteres posteriors i el rodó del seient.

Cal seguir les indicacions del plec de condicions per a verificar la correcta posició d'aquests elements, que constitueixen una part important per al bon funcionament de la bicicleta.

2.5 Fabricació

La fabricació es realitzarà seguint totes les condicions esmentades al plec de condicions. Els elements de fabricació són els que es poden observar als plànols i corresponen a l'estructura principal realitzada amb fusta, les dues punteres posteriors realitzades amb alumini, i les proteccions per als coixinets d'alumini també, tan de la direcció com de l'eix dels pedals. El resultat final serà com el de la següent imatge:



Figura 8: Bicicleta acabada

3 RESUM DEL PRESSUPOST

L'import total associat al disseny del prototip, l'elaboració dels passos per al procés de fabricació i la fabricació del prototip puja el pressupost l'esmentada quantitat de 4113,17 €, QUATRE MIL CENT TRETZE amb DISSET CÈNTIMS.

4 CONCLUSIONS

Després de la realització tan de la part teòrica com de la part pràctica del projecte, es poden extreure una sèrie de conclusions sobre la construcció d'un quadre de bicicleta amb fusta.

S'ha demostrat que es pot utilitzar la fusta per a la fabricació de quadres de bicicletes complint la normativa exigida, malgrat que potser no és el material més idoni.

Cal recordar que tots els càlculs són teòrics, no s'ha provat si un quadre construït superaria l'assaig ja que costaria més temps i diners. Per això, possiblement a les zones de les unions les tensions admissibles difereixen de la realitat, ja que les unions mai acaben de ser perfectes. Tot i així, amb el sobredimensionament de l'estructura no hi hauria d'haver cap problema.

S'ha estudiat el quadre amb l'assaig de més impacte, però caldria sotmetre el quadre als altres assajos per assegurar la perfecte integritat d'aquest.

Aquest material permet realitzar formes i seccions complicades amb menys esforç que altres com podrien ser l'acer o l'alumini.

La fusta és un material més tou que els seus anàlegs, per tant es veu més afectada pels cops i rascades.

Un dels principals problemes en l'elecció d'aquest material es troba en la rigidesa: no és tan elevada com models amb materials composts o metalls i un altre factor seria el pes. Si es fes un estudi molt acurat, buscant el límit de les tensions admissibles al material, es podria baixar bastant el pes, fins a valors molt semblants, tot i que no es podrien igualar.

Els avantatges de la solució adoptada, la fusta laminada, respecte a altres quadres de fusta massissa són no tan sols que el laminat permet mantenir el quadre recte encara que es produeixin canvis de temperatura i humitat, sinó que també es pot buidar el quadre i obtenir un pes menor i, a més, en cas de fissura no es trencaria de cop i no hi hauria tan perill, ja que les unions no es troben totes al mateix lloc.

Un altre avantatge de la fusta respecte els metalls és el coeficient de dilatació amb la temperatura, ja que en el cas de la fusta és molt menor.

En el procés de fabricació és molt més senzill detectar els defectes estructurals que amb altres materials. Se sap que les principals causes de trencament de la fusta són degudes a la presència de nusos o fibres dolentes i la majoria d'aquests defectes, només amb una inspecció visual es poden evitar.

A més, la fusta permet moltes més reparacions que altres materials com els metalls: per reparar un cop o rascades només cal polir, col·locar més material si fa falta i tornar a realitzar els acabats en aquella zona.

També és molt clara la reducció dels costos, ja que les eines per a treballar fusta són més barates i tenen una vida útil més llarga que les de treballar metalls. A més, les matèries primeres amb què es treballa són més fàcils d'aconseguir.

Pel que fa a la conducció, la principal millora és que absorbeix més vibracions i per tant la conducció és més suau. Aquest fet és especialment important en llargues distàncies, on es produeix menys fatiga al ciclista gràcies a la reducció de les vibracions.

Per altre banda, l'impacte ambiental produït en comparació amb l'extracció de metalls o durant la fabricació de compòsits és molt menor, sobretot si la tala d'arbres es realitza dins un cicle sostenible i un cop tallats es tornen a plantar.

L'aparició al mercat d'un nou sector en el món del ciclisme podria tenir un impacte considerable degut a que és innovador i cridaria l'atenció dels consumidors. Per això, caldria realitzar un bon programa de màrqueting per tal de conscienciar que aquests tipus de bicicletes fabricades en fusta poden ser igual o més bones que les convencionals.

El pes final del quadre és de 3,18 Kg, no està del tot malament, ja que un quadre modern de carretera pot arribar a pesar com a mínim poc menys d'1 Kg. Ampliant una mica més l'estudi es podria arribar a fabricar un quadre amb les mides més ajustades i no igualar però si acostar-se als nous materials.

5 BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN BAMBOO SOCIETY. *Bamboo cicle*.
(<http://www.bamboo.org/GeneralInfoPages/BambooBicycle.html>, 27 de febrer 2014)
- ARNFRIED, SCHMITZ. *Why your bicycle hasn't changed for 106 years*.
CyclingScience, 1990.
- AXALCO. Bicycletas de madera hechas a mano.
(<http://www.axalko.com/es/bicicletas/>, 5 abril 2014)
- BROWN, S. *Frame Materials for the Touring Cyclist*. (<http://sheldonbrown.com/frame-materials.html>, 5 d'abril 2014)
- CONNOR BYCICLES. *Tagged with wood bicycle*
(<http://connorcycles.com/tag/wood-bicycle/>, 5 d'abril 2014)
- EAGLE ONE, Research and Development. VA. *Bike Frame Geometry*.
(<http://www.bikeframerepair.com/>, 15 de maig 2014)
- FERNÁNDEZ, F.F. Wood cycle. (<http://www.cyclowood.com/>, 5 d'abril 2014).
SUMMIT, R., A. SLIKER. *Handbook of Materials Science, Volume IV: Wood*.
Florida: CRC Press, Inc. 1980.
- HURCON, S. *Cycling weekly, Wooden bikes from Flat Frame Systems*. Cycling weekly. Londres. 2013.
- MARTINA, P.A., BERGERB, J.R. *Waves in wood: free vibrations of a wooden pole*.
Journal of the Mechanics and Physics of Solids. 49 1155-1178. 2001.
- RENOVO BIKES. *Impact testing on bike frame materials*.
(<http://www.renovobikes.com/>, 5 d'abril 2014)
- SLOANE, E. *Workshop companion, Wood strength*
(http://workshopcompanion.com/KnowHow/Design/Nature_of_Wood/3_Wood_Strength/3_Wood_Strength.htm, 27 de febrer 2014)

- SPECIALIZED. *Specialized Technical Specifications*. (<http://www.specialized.com/us/en/bikes/road>, 8 de maig 2014)
- SUCIU, P. *The \$70,000 woodenbicycle*. Bike Radar. Detroit. 2012.
- USDA, Forest Service. *Wood Technical Fact Sheet*. (<http://www.fpl.fs.fed.us/>, 20 d'abril 2014)
- VAN DER PLAS, R. *Bicycle Technology Bicycle Books, San Francisco*, 3ra edició, p. 62. Amsterdam, 1995.
- WHY CICLE. *WhyCycle: Bike Frame Materials*. (<http://www.whycycle.co.uk/buying-a-bike/bike-jargon-buster/bike-frame-materials/>, 5 abril 2014).
- WILSON, GORDON, D., PAPADOPOULOS, J. *Bicycling Science* (3ra edició). The MIT Press. pp. 377–378. Massachusetts. 2004.
- Recio, I., Desenvolupament d'una eina virtual 3D per un assaig inicial de xassís de bicicleta. Tesis Master MMS. Setembre 2013.

6 GLOSSARI

En la realització d'aquests projecte es parlen de les diverses parts d'un quadre de bicicleta. Aquestes són les que es poden observar en la següent figura:

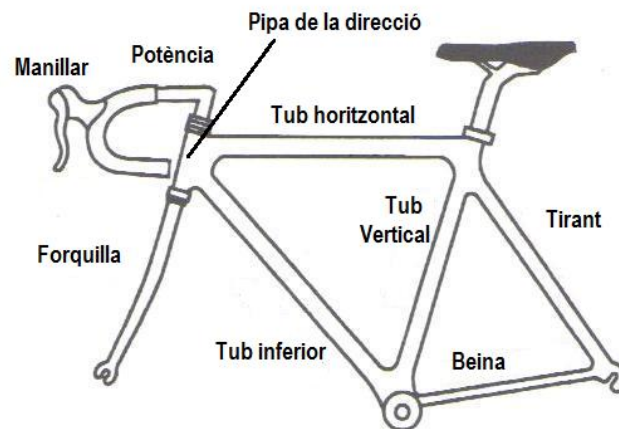


Figura 9: Glossari il·lustrat de les parts d'una bicicleta

7 AGRAÏMENTS

Aquest projecte no hauria estat possible sense el suport, col·laboració, esforç dels tutors que han dirigit el meu projecte, per haver-me ajudat a aclarir com enfocar i desenvolupar tot el projecte, moltes gràcies al Doctor Albert Turon i al senyor Ivan Recio.

També agrair a totes les persones que han participat indirectament i han facilitat l'execució d'aquest projecte i a la universitat per a donar-me aquestes oportunitats per a formar-me.