Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Reconceptualització d'una cadira plegable

MEMÒRIA

Autor: Carla Ripoll Martínez
Director: Joaquin Fernández Sánchez
Convocatòria: Gener 2017

ETSEIB

Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona

UPC

1. Resum

L'objectiu d'aquest projecte és el de contribuir en resoldre una de les problemàtiques més importants que avui en dia existeix en les nostres ciutats, com és la manca d'espai. Ja que vivim en un món on el metre quadrat està pujant de preu i s'ha d'aprofitar al màxim l'espai disponible. Per aquest motiu aquest projecte consta d'un estudi de desenvolupament d'una cadira plegable o bé desmuntable per a poder minimitzar el seu espai d'emmagatzematge, entre d'altres aspectes.

Primer de tot, es fa un estudi de mercat, estat de l'art, per veure que és el que ja existeix i per tant en quins aspectes es pot millorar els dissenys per a trobar una solució òptima. S'utilitzaran dissenys ja existents per millorar-los, per deixar de banda el disseny, que ja existeix i centrar-se més en els objectius proposats i la funcionalitat.

D'altre banda s'analitzen els usuaris, ja siguin directes o indirectes, per tal de comprendre quines són les necessitats reals del mercat i un cop identificades, cobrir-les amb una sèrie de funciones les quals marcaran quin haurà de ser el traçat a seguir durant aquest projecte per a finalment assolir els objectius proposats.

Un cop tenint clares les directrius del projectes, es durà a terme passant per totes les etapes de disseny i comprovació de productes nous fins a arribar a una solució. Anant estudiant totes les alternatives que s'han anat plantejant a partir de l'estat de l'art i que han aportat idees noves per a la solució final.

Finalment, un cop trobada la solució final, s'ha fet un estudi d'aquesta solució per tal de veure la seva viabilitat tant econòmica com funcional. Creant així un producte real amb possibilitats de comercialitzar i utilitzar a partir del que s'explica en aquest projecte.

2. Sumari

1. RESUM 3

2. SUMARI 5

3. SUMARI D'IL·LUSTRACIONS I TAULES 7

4. PREFACI 9

4.1. Origen del projecte 9
4.2. Motivació 9
4.3. Requeriments previs 10

5. INTRODUCCIÓ 11

5.1. Objectius del projecte 11
5.2. Abast del projecte 11
5.3. Pla de treball 12

6. ESTUDI PREVI 13

6.1. Elecció del producte 13
6.2. Estudi de mercat (estat de l'art) 14
6.3. Elecció final 25
6.4. Anàlisi d'usuari 25
6.5. Anàlisi funcional 29

7. DISSENY DEL PRODUCTE 31

7.1. Disseny de les alternatives 31
7.1.1. Etapa 1: Disseny conceptual 31
7.1.2. Etapa 2: Disseny al detall 35
7.1.3. Etapa 3: Decisió final 38
7.2. Disseny final 41
7.2.1. Simulació 41

8. MATERIAL I PROCESSOS DE CONSTRUCCIÓ 51

8.1. Material 51
8.2. Processos de construcció 52

9. ESTUDI MEDIAMBIENTAL 55

9.1. Estudi de les accions realitzades 55
9.2. Estudi dels materials utilitzats 57

10. CÀLCUL DEL PRESSUPOST I PLANIFICACIÓ 59

11. CONCLUSIONS 63

12. BIBLIOGRAFIA 65

13. ANNEXOS 69

13.1. Verificació del programa ... 69

13.1.1. Anàlisi manual ... 70

13.1.2. Anàlisi amb el programari ... 72

13.1.3. Comparació de mètodes ... 73

13.2. Planells de la cadira ZigZag original ... 74

13.3. Imatges complementaries del disseny final ... 75

3. Sumari d'il·lustracions i taules

Il·lustració 1. Parts de la cadira. 31

Il·lustració 2. Mallat inicial per l'estudi de tensions en la plataforma i peu. 43

Il·lustració 3. Tensions del conjunt plataforma i peu. 44

Il·lustració 4. Control de mallar i arrodoniment de les arestes dels encaixos del peu. 45

Il·lustració 5. Tensions en les zones d'estudi del conjunt format per la plataforma i el peu. . 45

Il·lustració 6. Mallat inicial per l'estudi de tensions en la peu i seient. 46

Il·lustració 7. Tensions del conjunt peu i seient. 47

Il·lustració 8. Mallat inicial per l'estudi de tensions en la peu i seient. 48

Il·lustració 9. Tensions del conjunt seient i respatller. 49

Il·lustració 10. Control de mallar i arrodoniment de les arestes dels encaixos del respatller. 49

Il·lustració 11. Tensions en les zones d'estudi del conjunt format pel seient i respatller. 50

Il·lustració 12. Gràfic GANTT sobre la planificació del projecte. 62

Il·lustració 13. Mides i condicions de contorn de la biga. 69

Il·lustració 14. Diagrama d'esforços tallants, moments i esforços normals. 70

Il·lustració 15. Aresta de la secció on s'ha fet el càlcul de tensions. 71

Il·lustració 16. Diagrama de la tensió de Von Mises en la secció seleccionada. 72

Il·lustració 17. Diagrames de desplaçament vertical i horitzontal. 73

Il·lustració 18. Renderització de la cadira utilitzant un maniquí humà assegut. 75

Il·lustració 19. Renderització de la cadira desmuntada. 75

Taula 1. Grau d'acompliment dels objectius per a cada cadira. 24

Taula 2. Anàlisi d'usuaris..... 28

Taula 3. Anàlisi de funcions..... 30

Taula 4. Nom i imatge dels dissenys (Etapa 1). 35

Taula 5. Nom i imatge dels dissenys (Etapa 2). 38

Taula 6. Desenvolupament dels dissenys segons els seus orígens..... 38

Taula 7. Grau d'acompliment dels objectius dels dissenys originals i nous..... 40

Taula 8. Eines pel treball de la fusta..... 54

Taula 9. Criteris de valoració d'aspectes ambientals..... 55

Taula 10. Valoració de les accions realitzades des de un punt de vista ambiental..... 56

Taula 11. Despeses en enginyeria..... 59

Taula 12. Despeses en producció i logística. 59

Taula 13. Pressupost projecte..... 60

Taula 14. Pressupost empresa..... 60

Taula 15. PVD segons les diferents mides de lot. 61

Taula 16. PVP segons les diferents mides de lot. 61

Taula 17. Comparativa de PVP de les diferents cadires i mides de lot..... 61

Taula 18. Comparativa entre els resultats extrets manualment i amb el software..... 73

4. Prefaci

4.1. Origen del projecte

Aquest treball es va elaborat a partir de la idea de millorar un element d'àmbit quotidià per tal de fer més fàcil la seva utilització o emmagatzematge entre d'altres aspectes importants, com la seva ergonomia, disseny i resistència. I un cop tenint la necessitat establerta, es va buscar un element que cobris aquesta necessitat i d'aquesta manera satisfer de positivament les restriccions inicials, ja fos amb un producte innovador o bé amb modificacions de un ja existent. Sempre des de l'àmbit de l'enginyeria juntament amb el disseny.

Es per aquest motiu que es va trobar la necessitat de reduir l'espai d'emmagatzematge en edificis i via publica, ja que en la societat de avui en dia, l'espai en les ciutats ha anat disminuint progressivament cosa que ha fet que augmenti el seu preu. Això és degut a que cada cop hi ha més habitants, per tant, les ciutats, moltes vegades estan sobre poblades, es per això, que s'ha d'optimitzar l'espai disponible. Aquest fet ha provocat la proliferació del lloguer de trasters i per tant, que també s'hagi d'optimitzar l'espai de les coses que s'hi emmagatzemen dins.

Així doncs, l'element triat per optimitzar, va ser una cadira. Ja que és un element d'àmbit quotidià, que podem trobar en tot tipus d'edificis, ja siguin d'oficines, cases particulars etc. Les modificacions triades van ser la de crear una cadira plegable o bé desmuntable per tal d'optimitzar aquest espai d'emmagatzematge.

4.2. Motivació

Hi van haver dues motivacions fonamentals en el sí d'aquest treball.

La primera va ser poder treballar en l'àmbit de la enginyeria del disseny. Es a dir, de la voluntat de poder aplicar els coneixements d'enginyer en la seva vessant més artística com és el disseny. La possibilitat de crear, en aquest cas, una cadira estèticament agradable i atractiva i per un altre costat, introduir la part més tècnica com és la de fer-la funcional i òptima.

La segona motivació, va venir de la voluntat de fer un projecte real. Es a dir, que fos possible crear-la físicament per a després utilitzar-la o bé comercialitzar amb ella.

4.3. Requeriments previs

En aquest projecte no podem parlar d'uns requeriments previs imposats per una tercera persona aliena al equip de realització del projecte, simplement hi van haver un requeriments previs proposats pel propi autor del treball o bé pel tutor del treball.

Uns dels principals requeriments proposats pel autor va ser fer un treball complet. Es a dir, que expliqui tots o quasi tots els punts d'un projecte normal, que qualsevol enginyer podria duu a terme, des de les necessitats originals, fins a la resolució del prototip.

Un altre requeriment, aquesta vegada imposat pel tutor d'aquest treball, va ser crear un producte transversal. O sigui, que qualsevol persona, amb la informació necessària que s'exposarà en aquest treball, fos capaç de materialitzar el producte. Ja bé sigui un artesà o una factoria que produís en sèrie.

5. Introducció

5.1. Objectius del projecte

Aquest projecte conté una presentació del producte escollit com les especificacions que es van posar com a necessitats inicials del projecte a optimitzar. Es va fer un anàlisi de les alternatives que es van anat plantejant i descartant per a finalment aportar una descripció detallada de la solució final avalada pels càlculs corresponents.

L'objectiu principal d'aquest projecte, va ser el disseny i posterior materialització d'una cadira plegable. Es va tenir en compte dues opcions possibles per dur-ho a terme, el disseny d'una cadira totalment nova o bé la modificació d'una cadira ja existent, sempre per tal de optimitzar l'espai d'emmagatzematge.

Finalment, però, es va decidir per modificar una cadira ja existent. D'aquesta manera, es van poder centrar els esforços en la seva funcionalitat més que en el seu disseny, que ja va venir predeterminat.

També és volia dissenyar una cadira que pogués ser útil en esdeveniments socials per a càterings, dinars d'empresa o bé per a festes particulars. Creada per un ambient més elegant i seriós, deixant de banda bars i restaurants pel dia a dia.

Per tal d'aconseguit aquests objectius es van tractar els següents punts:

1. Aprofitar al màxim el material. Mínims residus.
2. Minimitzar els costos.
3. Ergonomia.
4. Minimitzar la importància dels elements de l'assemblatge (frontisses, ...)
5. Minimitzar l'espai d'emmagatzematge.

5.2. Abast del projecte

Es va tenir en compte tots els punts més rellevants d'un projecte real. Des de un estudi inicial de mercat i de les seves necessitats, passant pel càlcul i disseny del producte i les diferents alternatives. Per arribar a la realització de plànols per tal realitzar un prototip a escala. Finalment, es farà un estudi de la part econòmica del treball per veure si és o no

viable la solució proposada.

Tot seguit, algunes idees que no es tindran en compte:

1. No es resoldran tots els cassos de fabricació per concentrar la solució en els processos d'auto fabricació.

2. No es farà el pla d'empresa o *Bussines Plan* però s'aportaran dades relacionades amb la possible estratègia de comercialització.

3. No es realitzarà un model a escala real, però si que es farà un prototip i un estudi de simulació.

4. No es dissenyarà l'empaquetatge del producte per guardar-lo un cop desmuntat.

5. No es farà un estudi dels possibles materials alternatius dels quals podria ser fabricada.

5.3. Pla de treball

El pla de treball que es va seguir per tirar endavant aquest projecte va ser el següent.

1. Elecció del producte a dissenyar, tenint en compte les seves utilitats i possibles millores.

2. Estudi del mercat i les seves necessitats.

3. Disseny d'alternatives i producte final.

4. Eines i processo a realitzar per a la construcció.

5. Càlcul del pressupost de una unitat del producte i de la explotació del projecte en un període de 3 anys.

6. Construcció del prototip a escala.

6. Estudi previ

6.1. Elecció del producte

Un cop es va saber que aquest projecte tractaria sobre el disseny d'un producte que cobris les necessitat del mercat, es va decidir realitzar una pluja d'idees o *brainstorming,* buscant necessitats quotidianes i veient de quina manera es podrien resoldre utilitzant elements simples i de fàcil construcció sense necessitat de crear maquines molt complexes.

Així doncs d'aquesta pluja d'idees van sorgir les següents alternatives a les necessitats i productes per cobrir-les:

- Facilitar el muntatge de mobles.
    - Línia de mobles sense necessitat de cargols ni adhesius.
- Millorar les condicions de neteja dels elements d'una façana.
    - Finestra basculant.
- Reduir l'espai d'emmagatzematge dels elements per tal de que ocupin el mínim possible.
    - Cadira plegable/desmuntable.
    - Vaixella plegable.
    - Aparca bicicletes plegable (mobiliari urbà).

Un cop tenint les diferents alternatives, es van anar descartant una per una fins a trobar la definitiva.

La primera a descartar va ser la de la finestra basculant ja que aquest producte no compliria la condició que havíem imposat de que fos un producte senzill i de faci muntatge. Estaria ple de mecanismes enrevessats per tal de fer que la finestra pogués bascular.

Seguidament es va descartar el aparca bicicletes plegable per un motiu semblant al producte anterior. No seria un disseny simple i de fàcil muntatge ja que hauria de tenir molt elements resistents i de difícil disseny que no es volien contemplar en aquest projecte. És per aquest motiu que finalment es va decidir descartar.

Posteriorment es va descartar la vaixella plegable ja que tot i ser un producte amb un

disseny molt senzill i segurament de fàcil muntatge. Es va considerar que no seria una necessitat tant primordial com altres productes podrien ser-ho i que per tant es podria tenir en consideració primerament altres productes abans que aquest.

Finalment es va decidir per la cadira plegable/desmuntable i descartar la línia de mobles sense necessitat de cargols ni adhesius. Tot i les dues ser molt bones propostes per aquest projecte, la creació d'una línia de mobles comportava un estudi de més d'un element, es a dir, no només cadires com en el cas de la elecció final, sinó taules, armaris, estanteries etc. És per això que va ser molt més senzill centrar-se només en la cadira i deixar de banda la resta de mobles. Tot i així, la idea dels mobles sense necessitat de cargols ni adhesius també es aplicable al disseny d'una cadira plegable/desmuntable ja que també és una manera fàcil i ràpida per poder-los desmuntar.

6.2. Estudi de mercat (estat de l'art)

L'estudi de mercat recull algunes solucions ja existents en el mercat que es consideren vinculades per la seva funció o pel seu disseny a les necessitats d'aquest projecte. A la selecció d'aquestes referencies s'han tingut en compte els mecanismes que fan servir i que podrien ser aplicats a solucions noves i els dissenys que podrien ser modificats amb l'objectiu de complir els objectius del projecte.

Cadira 1

Nom: Desconegut

Autor/Productor: Desconegut

Mecanisme: És un tamboret plegable, té un petit forat a la part superior per a penjar-lo un cop plegat. El seient és una planxa plana de fusta i la forma de plegar és molt semblant a la de cadires.

Material: Fusta

Preu: 50€

ACTUACIÓ

Les modificacions que es podrien realitzar a la cadira per a millorar-la, podrien ser:

1. Fer-la de nous materials com el plàstic o el metall combinat amb vidres o semblants.

2. Utilitzant un funcionament semblant al d'aquest tamboret però posar una frontissa a la meitat de les dues potes. Això faria, que la que ara es massissa, es plegues cap a l'esquerra, sentit horari i l'altre cap a la dreta, sentit antihorari. Després, des de les noves frontisses, plegar en direcció contraria la part inferior de les potes per a que quedi un quadrat. Per a fer això es necessitaria treure la part inferior de la pota dreta i fer-la d'una material més resistent.

3. La possibilitat de fer el seient amb una forma més còmode o bé posar algun tipo de coixí.

Cadira 2

Nom: In fine

Autor/Productor: Christian Desile

Mecanisme: La manera diferenciada que té de plegar-se respecte la resta de les cadires, és que el seient es plega cap a sota, sentit antihorari, deixant un espai a la part superior per poder plegar el respatller. Per a que el seient es pugui plegar i un cop oberta s'aguanti, se li ha de posar un topall a sota.

Material: Fusta

Preu: 330€

ACTUACIÓ

Les modificacions que es podrien realitzar a la cadira per a millorar-la, podrien ser:

1. Fer-la de nous materials com el plàstic o el metall combinat amb vidres o semblants.

2. Posar-li un petit respatller el qual quedes penjat des de la part superior de la cadira, on hi ha el forat, fins el seient i que un cop plegada quedes encaixada dins seu. D'aquesta manera es podria recolzar l'esquena més còmodament. Seguidament, adaptar el possible respatller i el seient de la cadira per tal de que tingues una forma més ergonòmica, o bé, posar un material espumós al seient per que s'adaptés.

Cadira 3

Nom: Cadira danesa dels anys 80

Autor/Productor: Desconegut

Mecanisme: Igual que la cadira anterior (In fine).

Material: Fusta

Preu: Desconegut

ACTUACIÓ

Se li podrien aplicar els mateixos canvis i solucions que la cadira anterior (In fine).

Cadira 4

Nom: Tomasa

Autor/Productor: Studio Simon per a la marca de mobles Cassina.

Mecanisme: El mètode per plegar-la és molt semblant al de les cadires convencionals, amb una única diferencia, al ser de llistons, quan es plega el seient cap amunt aquest intenta intercalar els llistons per així quedar més ben plegada i així minimitzar l'espai.

Material: Fusta

Preu: 800€

ACTUACIÓ

Les modificacions que es podrien realitzar a la cadira per a millorar-la, podrien ser:

1. Fer-la d'algun altre material com ara el plàstic o bé algun metall.

2. Optimitzar el seu mètode per plegar-la, es a dir, es podrien fer els llistons més estrets per a tal de que aquests encaixessin millor uns dins els altres i les potes quedessin una dins l'altre com una planxa. El seient i la part superior de les potes de darrera també se'ls hi podria aplicar el mateix canvi, d'aquesta manera seria més fàcil de guardar.

3. Se li podria donar alguna forma al seient per tal de que fos més còmode adaptant-se millor.

Cadira 5

Nom: Clip Chairs

Autor/Productor: Blasius Oska and Oliver Deichman per Moooi.

Mecanisme: És una cadira ben diferent a qualsevol altre cadira plegable, ja que el mètode que utilitza és ben diferent. Consta de dos quarts de circumferència, fent la funció de seient i respatller respectivament, que es pleguen un davant de l'altre, coincidents. Com que tenen la mateixa forma, queden com si només n'hi hagués un. Més aviat sembla una butaca que no pas una cadira.

Material: Fusta

Preu: 920€

ACTUACIÓ

Les modificacions que es podrien realitzar a la cadira per a millorar-la, podrien ser:

1. Canviar els materials per altres de més innovadors com plàstics combinat amb metall.

2. Es podria utilitzar el mètode en que es plega aquesta cadira per crear una cadira nova. Creant així una cadira amb les potes més llargues, no tant voluminosa i més pràctica. Fent-la de tal manera que els seient i el respatller fossin més petits i amb un angle de 90°.

Cadira 6

Nom: Desconegut

Autor/Productor: Baita Design

Mecanisme: Pensada principalment per a transformar una cadira en un banc, utilitzant unes barres telescòpiques que s'estenen creant el seient i el respatller del banc. Utilitza el perfil lateral per poder estendre i aguantar aquestes barres que poden ser plegades per tal de que, quan no siguin necessàries, es transformi en una única cadira, guardant les barres dins de la part interior dels cilindres de la cadira principal. Segurament, van ser creades amb la idea de ser utilitzades en mobiliari urbà.

Material: Metall per les barres cilíndriques i plàstic o fusta per als perfils.

Preu: Desconegut

ACTUACIÓ

Les modificacions que es podrien realitzar a la cadira per a millorar-la, podrien ser:

1. També canviar els materials per alguns de més innovador per a que la cadira fos més atractiva a la vista.

2. Transformar-lo en una sola cadira plegable. Utilitzen els dos perfils laterals però aquesta vegada, que les barres telescòpiques es pleguin dins d'elles mateixes i així només en quedi una de ben petita entre els dos perfils.

3. Utilitzar barres rectangulars en comptes de cilíndriques per a la comoditat del .

4. Fer que les barres poguessin sortir en sentit contrari fora del perfil i per tant la es pogués desmuntar plegant les barres telescòpiques per separat dels dos perfils guardant-ho en un petit paquet. Aquesta idea també es podria aplicar en cilindres o bé en rectangles.

Cadira 7

Nom: Stitch Chair

Autor/Productor: Adam Goodrum per Cappellini.

Mecanisme: És una cadira de forma convencional i d'alumini que té una manera peculiar de plegar-se. Utilitza unes frontisses situades en el mig de respatller (direcció vertical) i en el mig del seient (direcció profunditat) per a que aquestes es puguin plegar en dues parts i els perfils laterals de la cadira quedin junts. També disposa de frontisses en les potes per a que quedin plegades com una lamina i d'aquesta manera, un cop plegada només queda el perfil de la cadira en 2D.

Material: Metall o plàstic.

Preu: 760€

ACTUACIÓ

Utilitzar el mateix disseny i tecnologia fent-li petites modificacions per que sigui més òptima en tots els aspectes. Per fer-la més plegable, treure el perfil de davant i de darrera de les potes per així estalviar material. Això provocaria una disminució en la resistència de la cadira. Per a mantenir-la s'hauria de modificar els materials per uns de més resistents o bé, posar uns topalls sota el seient en el lateral o unes gomes de punta a punta dels laterals perquè puguin aguantar fàcilment el pes d'una persona asseguda.

Cadira 8, 9 i 10

Nom: 280 ZigZag

Autor/Productor: Gerrit Thomas Rietveld per Cassina.

Mecanisme: Consta d'una forma molt senzilla en zig zag com bé diu el nom. Està composada per dos planxes en angle recte les quals composen el respatller i el seient, i per la part davantera del seient, surt un altre planxa la qual formarà juntament amb una plataforma paral·lela al terra les potes de la cadira. Aquestes dues formen un angle de 45° entre elles.

Material: Fusta

Preu: 1300€

Nom: Desconegut

Autor/Productor: Desconegut

Mecanisme: Són unes cadires on la seva estructura és freqüent en solucions d'altres dissenyadors. Consten d'unes formes molt senzilles, de doble L invertida. Moltes d'aquestes cadires porten incorporats algun tipo de coixí en el seient o respatller per a que siguin més còmodes

Material: Qualsevol

Preu: 50-100€

Nom: Pick Chair

Autor/Productor: Studio Dror

Mecanisme: Té la mateixa forma que la cadira número 9 però amb unes frontisses en el vèrtex de la cadira que li permeten convertir-se en una planxa quan ja no està en ús. Un cop convertida en planxa es pot penjar a la paret ja que està decorada perquè faci la funció de quadre.

Material: Fusta

Preu: 1430€

ACTUACIÓ

Les modificacions que es podrien realitzar a la cadira per a millorar-la, podrien ser:

1. Utilitzant un mètode semblant al d'aquesta cadira, es pot aplicar tant en el disseny de la cadira 8 o bé de la cadira 9. Consistiria en posar les frontisses que ja es veuen en la cadira 10 però que a l'hora de plegar-la, en comptes de estirar-se, es posi un quadrat dins de l'altre o bé un sobre de l'altre, de manera que un cop plegada només quedi un. Per tal de dur-ho a terme s'hauria de fer forats en el interior d'algunes de les plaques per a que les altres es poguessin posar-se dins.

2. Aquest mètode també es podria aplicar a un tamboret utilitzant qualsevol dels dissenys però sense respatller.

3. Intercanviar el material per un que fos més resistent i per tant no haver de posar l'estructura de metall que té la cadira 10.

Cadira 11

Nom: Desconegut

Autor/Productor: Desconegut

Mecanisme: És un tamboret usual amb un seien i quatre potes.

Material: Fusta

Preu: 50-100€

ACTUACIÓ

Les modificacions que es podrien realitzar a la cadira per a millorar-la, podrien ser:

1. Fer que les potes del tamboret siguin telescòpiques i per tant un cop plegades ocupin el menor espai possible. Les potes poden estar dividit en 3-4 tubs telescòpics per tal de que ocupi el menys espai possible i per tant sigui més fàcil el seu transport. Al seient s'hauria de fer el més prim possible per optimitzar l'espai i se li podria fer un forat per poder transportar-lo millor un cop plegat.

2. Canviar el material, ja fos de metall o plàstic.

3. El seient posar-li un coixinet o bé donar-li alguna forma per a que fos més còmode.

Cadira 12

Nom: Pata

Autor/Productor: Takashi Sato

Mecanisme: Consisteix en plegar el tamboret com si fos una caixa de cartró. La part del seient es divideix en quatre parts les quals s'aixequen i queden dos i dos enfrontades, igual que les potes, quedant així com una lamina plana. Utilitza uns tirador en la part central del seient per tal de que sigui més fàcil de plegar.

Material: Pelfa **Preu:** Desconegut	
ACTUACIÓ Les modificacions que es podrien realitzar a la cadira per a millorar-la, podrien ser: 1. Trobar materials alternatius més resistents com ara el plàstic i aplicar-li frontisses on fos necessari. 2. D'altre banda també se li podria posar un respatller el qual tingues una frontissa en la part en que s'ajunta amb el seient i per tant aquest es pogués plegar a l'hora de guardar la cadira.	

Posteriorment, es va fer una taula (Taula 1) per estudiar el grau d'acompliment dels objectius de cada referencia. Per a la realització d'aquesta taula es va fer servir l'escala Likert[1] amb els 5 nivells de resposta típics (1- Totalment d'acord, 2- D'acord, 3- Ni en desacord ni en acord, 4- En desacord i 5- Totalment desacord).

	Objectius					
Cadira	Aprofitament dels materials	Minimitzar els costos	Ergonomia	Minimitzar la importància dels elements de l'assemblatge	Minimitzar l'espai d'emmagatzematge	Fabricació transversal
1	3	4	2	3	3	4
2	5	2	2	4	4	4
3	3	-	3	4	4	4
4	2	2	4	4	2	3
5	3	2	2	3	3	3
6	3	-	4	2	1	4
7	4	3	4	2	3	4
8	5	4	3	5	1	4
9	2	4	4	5	1	4
10	5	2	3	3	4	3
11	3	4	3	5	1	4
12	5	-	3	5	3	3

Taula 1. Grau d'acompliment dels objectius per a cada cadira.

[1] https://es.wikipedia.org/wiki/Escala_Likert

Cal comentar que en general, en el mercat, hi ha moltes cadires plegables, però la majoria tenen un cost realment elevat pel que fa els objectius del projecte (aprox. 50-100€). Per tant un dels objectius fonamentals pel que fa totes les cadires serà reduir els costos tant com sigui possible (sense deixar de ser unes cadires funcionals).

6.3. Elecció final

Es va passar a la elecció dels dissenys existents en els quals es basaria la solució final de la cadira. No només es basaria en un únic disseny, sinó que seria una mescla entre diferents opcions trobades les quals s'estudiarien i es descartarien progressivament fins a arribar a la solució final.

Es van tenir en compte quatre models. Aquest van ser els de la solució de la cadira 10 que també incloïa implícitament les cadires 8 i 9. Ja que es va pensar que les formes d'aquestes últimes dos cadires seria una bona font de nous productes. S'utilitzaria aquests dissenys i se li inclouria l'element de les frontisses que aporta la cadira 10 per a plegar-la. També es va tenir en compte la cadira 4, ja que tot i que la cadira un cop plegada no disminuïa massa el seu espai d'emmagatzematge, es va trobar molt interessant i útil la utilització de llistons, els quals es podrien incloure en els dissenys de les cadires 8 i 9.

És per aquest motiu el qual es van utilitzar les diferents tecnologies trobades en es cadires 4 i 10 per aplicar-les en els dissenys de les cadires 8 i 9.

6.4. Anàlisi d'usuari

Aquest anàlisi s'ha centrat en les persones que intervindran o estaran afectades pel projecte, ja sigui de forma directa o indirecte, i concretament els usuaris que utilitzaran aquesta cadira, dels que es valoren les seves necessitats.

Seguidament es farà una breu explicació dels diferents usuaris que es tindran en compte dins d'aquest projecte:

- Ecologistes: aquest col·lectiu es pot oposar a les propostes que s'exposen, com el material o els pròpies mètodes de fabricació de la cadira.
- Encarregat de l'homologació: confirmar que totes les condicions de seguretat es compleixen per tal de que la cadira es pugui vendre segons les lleis.
- Altres empreses de cadires: aquestes formaran la competència la qual sempre voldrà tenir millors productes.

- Usuaris principals o propietaris de la cadira: seran persones d'edat adulta, sobre tot joves. Que no tenen un alt poder adquisitiu per tenir un habitatge gran i per tant han de optimitzar el màxim el seu espai. Aquest fet també fa que la cadira sigui lo més econòmica possible. Al ser per usuaris joves, és interesant que sigui una cadira amb un gran disseny ja que és el que la majoria volen.

- Botiguers: l'encarregat de vendre el producte al usuari final.

- Enginyers i dissenyadors: responsable de la realització del projecte, ha de donar al seva aprovació en quan al disseny del producte i les seves característiques.

- Artesà o fabricant: l'encarregat de la fabricació del producte, des de l'obtenció de les matèries primeres fins a la conformació i final acabat del producte. També seria l'encarregat de la seva posterior distribució.

- Encarregat de la gestió de residus: serà la persona que un cop finalitzi la vida útil de la cadira o bé durant la seva fabricació haurà de tractar de manera correcte els residus que es vagin creant.

La següent taula (Taula 2) mostra els diferents usuaris amb una breu descripció d'ells mateixos. També es poden trobar les seves necessitats i per tant quines seran les demandes.

Usuaris	Descripció	Necessitats	Demanda física	Demanda mental
U1 Ecologistes.	Col·lectiu es pot oposar a les propostes que s'exposen segons criteris medi ambientals.		Oposició a que es pugui afectar el medi ambient en la construcció.	
			Oposició a que es pugui afectar el medi ambient en el transport.	
U2 Revisor.	Aprovació del disseny de la cadira final.		Compliment de la normativa.	
U3 Competència.	Sempre voldran tenir millors productes.		Millors productes	
U4 Propietari de la cadira.	Persones joves. Que no tenen un alt poder adquisitiu per tenir un habitatge gran i per tant han de optimitzar el màxim el seu espai i al ser joves els hi interesant que sigui una cadira amb un gran disseny.	Cost econòmic.	Producte de cost reduït.	
		Confortable.	Facilitat de muntatge.	
		Resistent.	Utilització de materials resistents.	Siguin fiables i aportin seguretat.
		Manejable.	Facilitar el transport d'una estància a una altre.	
		Estèticament atractiu.	Bonic i amb un gran disseny.	Agradable a la vista i amb consonància amb la resta de l'espai.
			No es passi de moda ràpidament.	
		Optimització del espai.	De volum reduït.	
U5 Botiguers.	Encarregat de vendre el producte al usuari final.	Cost econòmic.	Producte de cost reduït sense necessitat de fer una gran inversió.	
		Diferent.	Cridaner a la vista i per tant la gent s'hi fixarà.	
		Bon màrqueting.	Vindran explícitament a comprar el producte.	

			Estèticament atractiu.	Facilita la venda si és agradable a la vista.	
U6	Enginyer i dissenyador.	Responsable de la realització del projecte, ha de donar al seva aprovació en quan al disseny del producte i les seves característiques.	Conèixer les necessitats dels compradors.		Conèixer les noves tendències, tecnologies i una gran capacitat creativa.
			Ràpid.		Minimitzar el temps del projecte.
U7	Fabricant.	Encarregat de la fabricació del producte, des de l'obtenció de les matèries primeres fins a la conformació i final acabat del producte. També seria l'encarregat de la seva posterior distribució.	Transport eficaç.	Optimització del espai d'emmagatzematge.	
				Optimització dels costos del transport fent comandes grans.	
			Fàcil fabricació.	Material que fos fàcilment trobable al mercat.	Tenir coneixements de com tractar els materials per tal de arribar al producte final amb el resultat desitjable.
				Disminució del numero de processos en la fabricació.	
				Processos de fabricació comuns i sense complicacions.	
			Cost energètic.	Cost energètic reduïts en els processos de fabricació.	Satisfacció per millorar el medi ambient.
U8	Encarregat de la gestió de residus	Persona que un cop finalitzi la vida útil de la cadira o bé durant la seva fabricació haurà de tractar de manera correcte els residus que es vagin creant.	Materials reciclables.	Utilització de materials reciclables per a la conformació de la cadira per tal de reutilitzar-los posteriorment.	Satisfacció per millorar el medi ambient.
			Allargar la vida útil.	Disminuir residus.	

Taula 2. Anàlisi d'usuaris.

6.5. Anàlisi funcional

Es busca completar una descripció precisa del problema, tant de les dades implicades i les condicions que han de complir com dels resultats esperats.

En base a l'anàlisi d'usuaris s'ha obtingut uns requisits, sovint relacionats. Es per això que a partir d'aquets requisits es generen unes funcions que s'exposaran a continuació. La taula (Taula 3) mostra diferents tasques viables susceptibles ha ser estudiades i analitzades per la seva possible incorporació al projecte final.

La taula es compon de les necessitats anteriorment trobades, una denominació o petita descripció de les funcions extretes de les necessitats, un criteri per quantificar les funcions i un valor aproximar i finalment, també recull un criteri o valor objectiu sobre la importància de les funcions proposades.

Necessitats	Funcions	Denominació	Criteri	Valor	Importància (1-->10)
Producte final de cost econòmic.	F1	Sigui econòmic el producte final.	Euros	aprox. 50	8
Confortable.	F2	Fàcil muntatge.			8
Resistent.	F3	Materials resistents.	Pes que aguanta.	>90	9
Manejable.	F4	Dimensions fàcilment manejables un cop plegat.			6
	F5	Pes reduït.	Kg	< 4	7
Estèticament atractiu.	F6	No es passi de moda			6
	F7	Disseny modern.			6
Optimització de l'espai.	F8	Volum reduït.	m3	< 0,5	6
Matèries primeres de cost reduït.	F9	Siguin econòmiques les matèries primeres.	Euros	< 20	8
Diferent.	F10	Cridi l'atenció al comprador.			7
Bon màrqueting.	F11	Sigui conegut.			7
Conèixer les necessitats del comprador.	F12	Establir intercanvi de opinions amb els usuaris.			5
Ràpid.	F13	Complir amb els terminis.	Hores	aprox. 1-2	6
Transport eficaç.	F14	Optimització dels encàrrecs.	Productes/viatge		5
Fàcil fabricació.	F15	Materials comuns.			6
	F16	Disminució del nombre de processos.	Nº de processos	< 5	7
	F17	Processos comuns.			7
Cost energètic.	F18	Disminució de la potencia utilitzada.	kW		6
Materials reciclables.	F19	Els materials siguin reutilitzable.			5
Allargar la vida útil.	F20	Disminució de residus.	Anys de vida	>10	6

Taula 3. Anàlisi de funcions.

7. Disseny del producte

7.1. Disseny de les alternatives

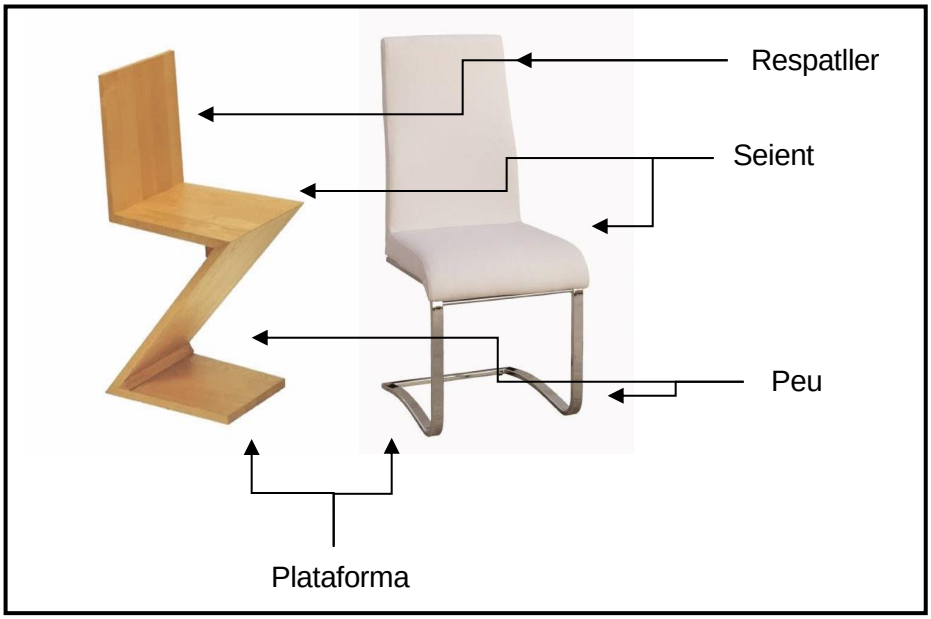
Un cop amb la idea de quina seria la cadira ha dissenyar, van sorgir diferents dissenys els quals es van anar estudiant per separat. A mesura que s'anava avançant en el treball, aquests dissenys es van anar descartant en les diferents etapes a causa de que ja no eren viables en algun dels seus aspectes.

Seguidament, es mostraran les diferents etapes i els dissenys proposats i com han anat evolucionant fins a poder arribar al disseny final. Utilitzant esbossos i prototips creats amb el programa de disseny.

7.1.1. Etapa 1: Disseny conceptual

Al principi de tot van sorgir cinc dissenys conceptuals que es poden agrupar en tres categories segons el disseny inicial de cadira. Posteriorment, aquets dissenys van anar modificant-se o bé creant nous dissenys. Seguidament, hi ha una breu explicació de quins han sigut aquests dissenys.

Abans de tot però, es farà una breu explicació de quines són les parts de la cadira i com les anirem anomenant (Il·lustració 1).



Il·lustració 1. Parts de la cadira.

S'ha de tenir en compte, que en aquest apartat, els dissenys realitzats són previs, es a dir, que només es va tenir en compte l'objectiu de trobar un mètode per plegar les cadires el màxim possible i per tant, minimitzar el seu espai d'emmagatzematge. Sense tenir en compte altres factors com la facilitat de plegatge, la facilitat de muntatge, la optimització de material i ni tant sols el fet de es mantinguessin dretes un cop desplegades. Única i exclusivament va ser una pluja d'idees per descobrir mètodes de plegament per aplicar a les cadires triades. (Aquesta notació de les cadires no té res a veure amb la notació de les cadires en l'apartat d'estudi de mercat).

- Categoria 1. Aquesta categoria de cadires, es podria dir que és una disseny semblant a la cadira 8 del estudi de mercat però aplicant-li algunes modificacions per plegar-la. Podem distingir dues cadires, es a dir, dins el mateix disseny es van trobar dos mètodes diferents per plegar-les.

    - Cadira 1.1. El mètode per a fer plegable aquesta cadira consisteix en posar-li una sèrie de frontisses en les unions entre les parts de la cadira (seient, respatller, peu i plataforma) per a poder fer la rotació i que les cares d'aquestes quedin paral·leles un cop plegada. Primerament, la plataforma queda encaixada dins el forat que hi ha en el peu de al cadira, i el respatller es plega sentit antihorari per a que en el seu forat hi entri el seient. Un cop plegats el respatller i la plataforma, es plega el seient sentit horari, per a que quedi paral·lel i coincident amb el peu. Per a reforçar la cadira i les frontisses, es va decidir posar unes barres metàl·liques que fossin un allargament de les aletes de les frontisses.

    - Cadira 1.2. La següent cadira es plega de la mateixa manera que l'anterior però en comptes d'utilitzar les frontisses exteriors en el respatller i plataforma, es va decidir per implementar perns que permetin la rotació però no la translació. Tot hi així, la frontissa que uneix el seient i el peu es continua mantenint. Aquesta vegada en el disseny no es van posar barres per a reforçar-la.

- Categoria 2. Aquesta categoria de cadires es podria dir que es semblant a la categoria 1 ja que també té dos disseny però aquesta vegada basats en la forma de la cadira 9 del l'apartat d'estudi de mercat. Aquests dissenys són:

    - Cadira 2.1. Aquesta cadira va ser la única que no va passar l'etapa de disseny previ. La intensió, va ser la de que ja que les parts de la cadira són quadrades, utilitzar-ho per plegar-les unes sobre les altres i d'aquesta manera quedes com un llibre amb totes les parts plegades (molt semblant a la cadira 10 de estudi de mercat, però en comptes de que quedi

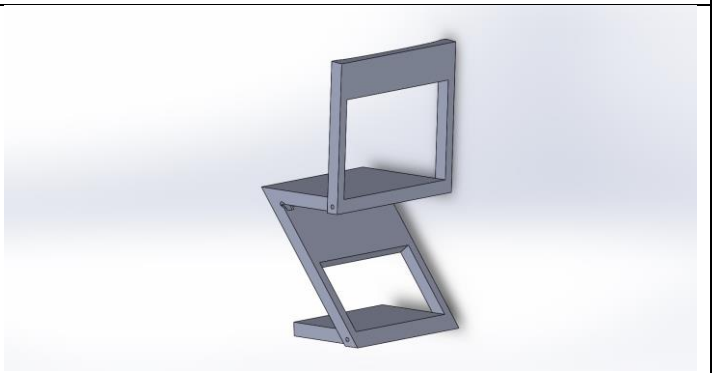
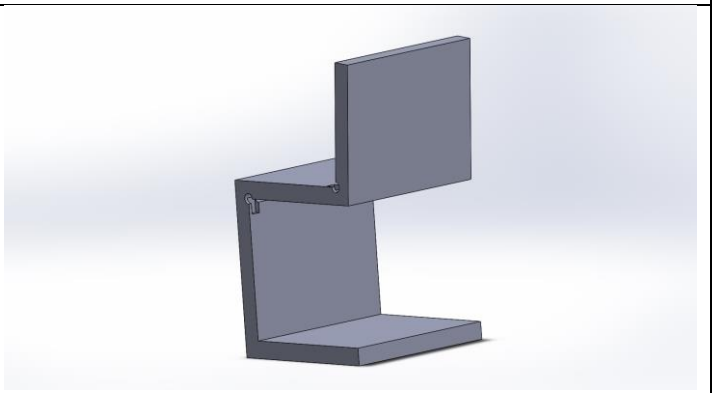
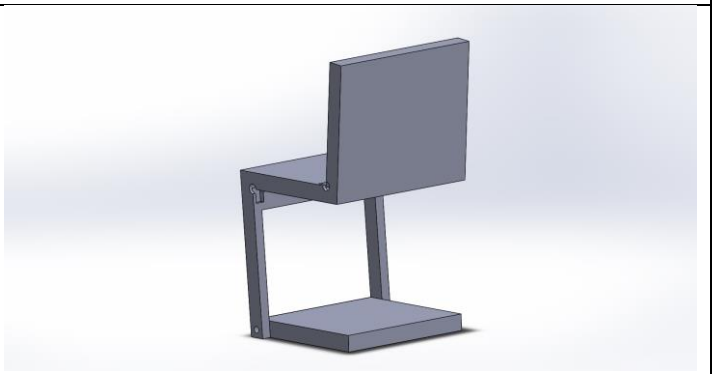
completament estesa, que quedi plegada, planxa sobre planxa). Però això no és possible ja que per a completar aquest disseny, hi ha de haver frontisses en la part exterior de la cadira que o bé poden molestar al usuari (frontissa seient/peu) o bé poden ser susceptibles a fer-se malbé degut als cops (frontissa peu/plataforma). És per això que es va descartar i el disseny es va guardar per si sortien noves modificacions.

- Cadira 2.2. En aquesta cadira es van utilitzar els mètodes pensats en la cadira 2.1. juntament amb els de la cadira 1.2. Es va resoldre el problema que presentava la cadira 2.1. sobre on posar les frontisses de tal manera que no afecti al correcte funcionament de la cadira. Es va decidir fer un forat en el peu per, un cop plegada, poder inserir la plataforma de la cadira utilitzant un pern que permeti la rotació però no la translació. D'aquesta manera, a l'hora de plegar-la la plataforma queda dins el peu i les altres parts es poden plegar sense cap problema, el seient en sentit horari i el respatller en sentit antihorari, fins a quedar paral·leles entre elles.

- Categoria 3. En aquesta categoria de cadires només hi ha un possible disseny. Tot i la forma principal ser semblant a la forma de la cadira 8 en l'estudi de mercat, també utilitza el mètode de les barres que podem trobar a moltes altres cadires.

  - Cadira 3.1. Com s'ha dit en la descripció de la categoria, s'utilitza el mètode de les barres que podem veure, per exemple, en la cadira 4 de l'estudi de mercat. D'aquesta manera les barres es poden intercalar unes entre les altres i així quedar completament plegada, com si fos una sola peça. Així doncs, la plataforma i el seient es mouen en sentit antihorari i horari respectivament fins a quedar entre les barres del peu. Finalment el respatller rota en sentit antihorari fins a quedar paral·lel amb la resta de la cadira.

Un cop feta la descripció de cada cadira, és farà una taula (Taula 4) amb una imatge de les diferents cadires per a donar una idea qualitativa del seu aspecte formal.

Nom	Imatge
1.1.	
1.2.	
2.1.	
2.2.	

3.1.	

Taula 4. Nom i imatge dels dissenys (Etapa 1).

7.1.2. Etapa 2: Disseny al detall

En aquesta etapa, es farà una breu explicació de les modificacions que van sofrir les cadires anteriors per a trobar un disseny més o menys definitiu amb el qual es pugues iniciar l'anàlisi dinàmic i estàtic.

Un cop arribat aquest punt si que es s'ha de buscar una solució pel fet de mantenir les cadires desplegades quan se li està fent ús. D'aquesta manera, les principals modificacions que es troben posteriorment, són per la implementació de mecanismes per a mantenir-les obertes. D'altre banda, en aquest apartat també tindrem en compte l'objectiu de crear cadires optimitzant la seva fabricació, es a dir, amb l'aprofitament de material i minimitzant la importància dels elements de l'assemblatge, això implícitament comportarà una disminució substancial dels costos, els quals també són uns dels objectius. També s'analitzarà el disseny per fer-les el més atractives possibles per a atraure a compradors.

- Categoria 1. Els mètodes trobats per a mantenir la cadira en estat d'ús van ser els mateixos per a les dues cadires presentades posteriorment en aquesta categoria. Això és degut a la gran semblança que tenen entre elles. Tot hi així es va trobar un nou disseny de cadira la qual optimitzava al màxim el mètode de fabricació i també, solucionava els problemes d'estàtica d'aquesta categoria.

    - Cadira 1.1. i 1.2. Per a mantenir el peu obert respecte la plataforma, es va decidir utilitzar uns topalls els quals ancorats en la plataforma, impossibiliten el moviment del peu per a que acabi de rotar en sentit antihorari i per tant es quedi amb l'angle triat. Per altre banda, per a mantenir el seient obert respecte el peu i el respatller en posició vertical, s'utilitzen dues esquadres abatibles. Ancorades, la primera en el peu i el seient i la segona el en seient i el respatller, utilitzant un coixinet per mantenir-les separades de la cadira. Un cop amb el disseny finalitzat, es van descartar aquestes dues opcions, per l'incompliment d'un dels objectius. Aquest objectiu era el de minimitzar la

importància dels elements de l'assemblatge, en aquest cas, l'esquadra abatible. Primerament, no era estèticament agradable i segon, era un element que aportava una complexitat innecessària al assemblatge.

- Cadira 1.3. Aquesta és un nou disseny de cadira el qual va sorgir de descartar la cadira 1.2. i al veure que aquesta categoria no tenia solució, es van intentar buscar altres mètodes per a solucionar-ho tenint en compte l'objectiu d'aprofitament del material. Es per això que es va pensar en una cadira on a partir d'una planxa de fusta, poguessin sortir totes les parts sense necessitat de cap altre material. Simplement tallar les formes de les parts a la planxa. Al no voler utilitzar més material, es va haver de crear una cadira desmuntable en comptes de plegable. Tot i així, té la mateixa forma que les anteriors cadires d'aquesta categoria i un cop desmuntada queda igualment emmagatzemada. Per mantenir la cadira muntada utilitza uns forats en la plataforma i seient els quals se'ls hi insereix el peu i respatller respectivament. En canvi, per a mantenir el seient i el peu junts, s'utilitza unes dents que s'intercalen entre si i mantenint la cadira estable.

- Categoria 2. Altre vegada, en aquesta categoria es van trobar uns mètodes per mantenir la cadira estàtica iguals a la categoria 1, ja que les cadires ja des de bon principi eren força semblants i utilitzaven uns mètodes similars.

  - Cadira 2.2. Per a mantenir-la oberta es van utilitzar els mateixos elements que en les cadires descartades de la categoria 1. Es va utilitzar el topall i l'esquadra abatible en els mateixos punts de la cadira. Es per aquesta mateixa raó que es va decidir descartar aquesta cadira. Els nous elements incorporaven una complexitat innecessària al assemblage i per altre banda no eren atractius.

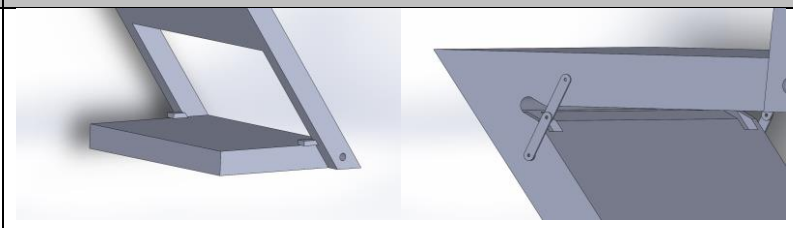
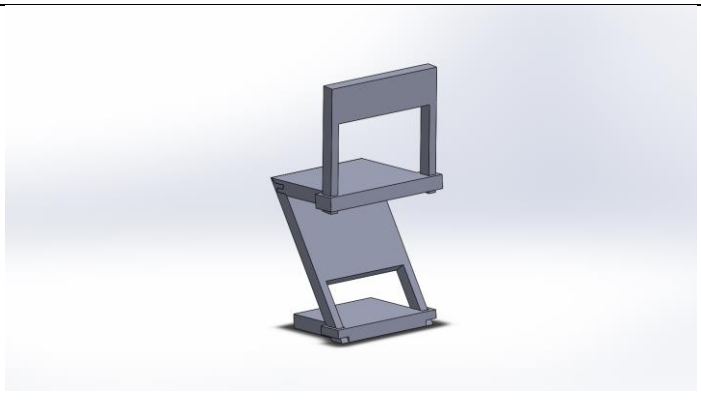
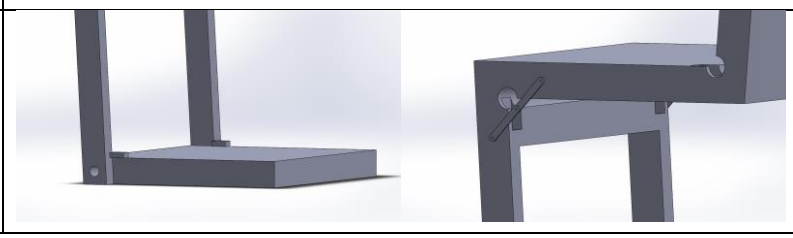
- Categoria 3. En aquesta categoria van sorgir dos mètodes per mantenir la cadira en estat d'ús. Aquests dos mètodes però, es van aplicar al mateix i únic disseny d'aquesta categoria.

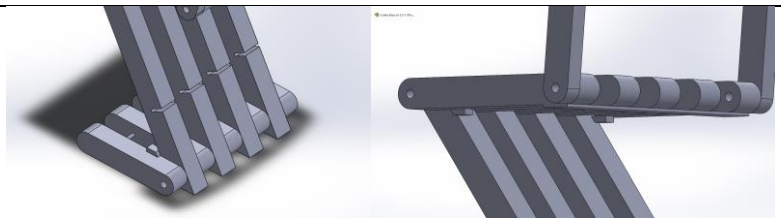
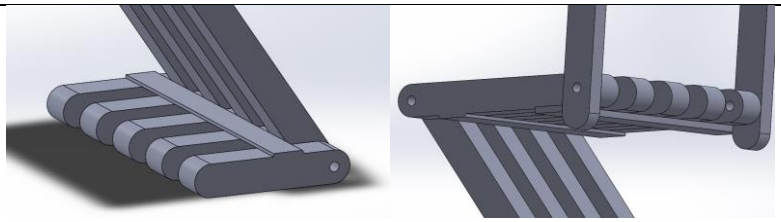
  - Cadira 3.1.1. Els mètodes utilitzats foren tres. El primer mètode va ser igual que en el cas de les cadires 1.1. i 1.2., el topall, el qual es va posar per mantenir l'angle entre la plataforma i el peu i entre el peu i el seient. Per altre banda, per a mantenir els llistons de la plataforma units es va decidir inserta un cilindre entre les cares paral·leles d'aquests llistons, els quals van inserits dins d'una ranura creada en la cara posterior dels llistons del peu. Finalment, per a mantenir els llistons del seient units, s'ha enganxat un llisto perpendicular als altres en la cara inferior que els uneix tots. Tot hi així, es va

descartar aquest mètode ja que no eren estèticament massa atractius els nous elements i per altre banda, comportaven certa complexitat innecessària al disseny a l'hora d'inserir els cilindres i les ranures.

- Cadira 3.1.2. En aquet últim cas es va utilitzar solament un element molt semblant al topall presentat anteriorment però aquesta vegada de punta a punta de la cadira. Aquest nou topall es va incloure en la cara superior de la plataforma, el qual manté junts tots els llistons i per altre banda conserva l'angle, també es va introduir en la cara inferior del seient, però aquesta vegada se'n hi van posar dos, un que manté l'angle amb la plataforma i l'altre que manté l'angle amb el respatller (tots dos també són utilitzats per a contenir els llistons junts). Per un altre costat, per a tenir l'angle de respatller desitjat, es va haver de fer sortir una mica aquest topall de l'amplada de la cadira i també allargar els dos llistons que aguanten el respatller.

Un cop feta la descripció de les modificacions que han sofert les cadires, és farà una altre taula (Taula 5) amb els nous dissenys que no s'havien vist anteriorment i les modificacions dels dissenys antics, amb una imatge per a tenir una idea qualitativa de com són.

Nom	Imatge
1.1./1.2.	
1.3.	
2.2.	

3.1.1.	
3.1.2.	

Taula 5. Nom i imatge dels dissenys (Etapa 2).

7.1.3. Etapa 3: Decisió final

Aquesta no és una etapa de disseny ni modificació de cap alternativa, sinó una etapa de decisió, la decisió del disseny final. Amb les alternatives no descartades es van haver de valorar tenint en compte les seves propietats diferenciadores del disseny original per tal de decidir quina seria la cadira més òptima des de un punt de vista d'acomplir els objectis proposats en aquest treball.

A la següent taula (Taula 6) es pot veure d'on han sorgit les idees pels diferents dissenys i com han anat evolucionant fins a trobar les dues últimes solucions que es van discutir posteriorment. Aquest gràfic està separat per etapes de manera que es pot veure fàcilment quins dissenys han superat les diferents etapes.

Dissenys originals (Estat de l'art)	Etapa 1: Disseny conceptual	Etapa 2: Disseny al detall	Etapa 3: Decisió final
Cadira 4	Cadira 3.1.	Cadira 3.1.1.	
		Cadira 3.1.2.	Cadira 3.1.2.
Cadira 8	Cadira 1.1.	Cadira 1.1.	
	Cadira 1.2.	Cadira 1.2.	
		Cadira 1.3.	Cadira 1.3.
Cadira 9	Cadira 2.1.		
Cadira 10	Cadira 2.2.	Cadira 2.2.	

Taula 6. Desenvolupament dels dissenys segons els seus orígens.

Per du a terme aquesta tasca es va realitzar, altre cop, una taula (Taula 7) valorant el grau d'acompliment dels objectius dels nous dissenys i comparant-los amb els dissenys originals.

Aquesta taula serviria tant per poder decidir quina de les dues últimes alternatives seria el disseny final, com per veure com havia millorat el disseny respecte les solucions originals, i per tant, com hem pogut assolir els objectius.

Un cop feta la taula, es van compara les diferents opcions per a poder triar la que s'hi esqueia, agafant la que tenia una valor superior en quan a la suma del grau d'acompliment dels objectius.

	Objectius						
Cadira	Aprofitament dels materials	Minimitzar els costos	Ergonomia	Minimitzar la importància dels elements de l'assemblatge	Minimitzar l'espai d'emmagatzematge	Fabricació transversal	**TOTAL**
4 (Original)	2	2	4	4	2	3	17
8 (Original)	5	4	3	5	1	4	22
10 (Original)	5	2	3	3	4	3	20
1.3 (Nou)	**5**	**4**	**4**	**5**	**5**	**4**	**27**
3.1.2 (Nou)	4	4	4	4	5	4	25

Taula 7. Grau d'acompliment dels objectius dels dissenys originals i nous.

Com es va poder demostrar la cadira que acompleix millor els objectius i per altre banda millora els dissenys originals, és la cadira 1.3. El total de la seva valoració va ser de 27 molt superior als dissenys originals i significativament superior a l'altre alternativa. Això no és sinònim de que l'altre alternativa sigui una mal disseny. L'altre alternativa, també es podria haver dut a terme ja que acompleix millor els objectius que les cadires originals però no ha estat així ja que ho fa menys que la cadira escollida.

7.2. Disseny final

Ja triat el disseny de la cadira final, es va fer un estudi de simulació de resistència de forces i estàtica. Això és degut a que no es construiria el model a escala real, sinó que a una escala menor i per tant, no es podria demostrar experimentalment que la cadira era funcional i resistent.

Per altre banda, en el annex (Annex 3) podem trobar una imatge renderitzada de la cadira utilitzant un model d'una persona de 1,77 m d'alçada asseguda (Il·lustració 8) i per altre imatge una sèrie de imatges on es pot veure un cop plegada (Il·lustració 9).

Adjunt a aquest treball es poden trobar els plànols normalitzats de cada una de les peces de les quals està composat aquest disseny.

7.2.1. Simulació

Aquest apartat es va comprovar si les seves propietats mecàniques es mantenien i per tant, la cadira era resistent i funcional. Es per això que es van haver de localitzar les tensions equivalents i comparar-les amb el seu límit elàstic per analitzar si era suficientment resistent.

El software utilitzat pel disseny i posterior validació d'ell mateix ha estat el Solidworks. Un programari de disseny enfocat a l'enginyeria.

Primer de tot, abans de fer cap càlcul, es va haver de verificar que les solucions proporcionades pel programa eren correctes. Per fer-ho es va duu a terme una prova. Aquesta consistia en solucionar un problema molt senzill però amb unes particularitats semblants al problema que s'està tractant en aquest projecte, es a dir, un estudi d'estàtic d'una biga a la qual se li aplica una força. Primerament, es va fer un estudi manual, amb les formules corresponents per trobar els desplaçaments i tensions. Després, es va realitzar aquest mateix estudi però amb el programa i se'n va extreure, altre cop, les tensions i desplaçaments. Un cop amb es dos estudis, es van comparar els resultats i es va extreure una conclusió per decidir si es podia o no fer una extrapolació correcte pel que fa la cadira. Aquest estudi, es pot trobar a l'annex del treball (Annex 1).

Aprofundint amb el treball a realitzar, cal fer una breu explicació de quines van ser aquestes forces i on es van aplicar. La força més important en aquest cas és la força que una persona aplica al asseure's en una cadira. Aquesta força va ser aplicada sobre la cara superior del seient i tenia un valor de **1000 N** (aproximadament 100 kg). La segona força que es va aplicar, va ser la força que fa una persona al recolzar-se sobre el respatller quan s'asseu còmodament. Aquesta força es va aplicada sobre la cara davantera del respatller i tenia un valor de **300 N** (aproximadament 30 kg). Aquestes dues forces es van agafar suposant que seria la força límit que hauria d'aguantar la cadira en una situació de pes màxim. Normalment, en estat d'ús, la cadira treballa amb unes forces inferiors.

Conseqüentment, al aplicar una o varies forces sobre un assemblatge, se li van haver de restringir els seus graus de llibertat a partir de subjeccions exteriors, ja que es va fer un estudi d'estàtica. És per aquest motiu que es va haver de simular el terra. Per fer-ho es va crear un sòlid de forma rectangular el qual pogués fer de terra, i es va imposar un contacte amb la cadira de manera que pogués relliscar sobre la seva cara superior però mai travessar-lo. Per a restringir els moviment sobre el pla del terra, es va haver d'aplicar una restricció sobre la cara posterior de la plataforma la qual només pogués moure sobre el pla creat per la mateixa cara.

D'altre banda, al ser un assemblatge també s'han hagut de aplicar contactes entre els components, aquest contactes han sigut globals per a tot l'assemblatge. La restricció aplicada va ser la de sense penetració, es a dir, que les peces es podien tocar i separar però mai sobreposar-se una dins l'altre.

Finalment, se li va aplicar el material triat, la fusta de pi silvestre, el qual se li van haver de inserir les propietats en el programa ja que no venien donades per defecte:

- Mòdul de Young: $E = 9400\ N/mm^2$
- Coeficient de Poisson: $v = 0,29$
- Densitat: $\rho = 520\ kg/m^3$
- Límit elàstic: $f = 34,6\ N/mm^2$

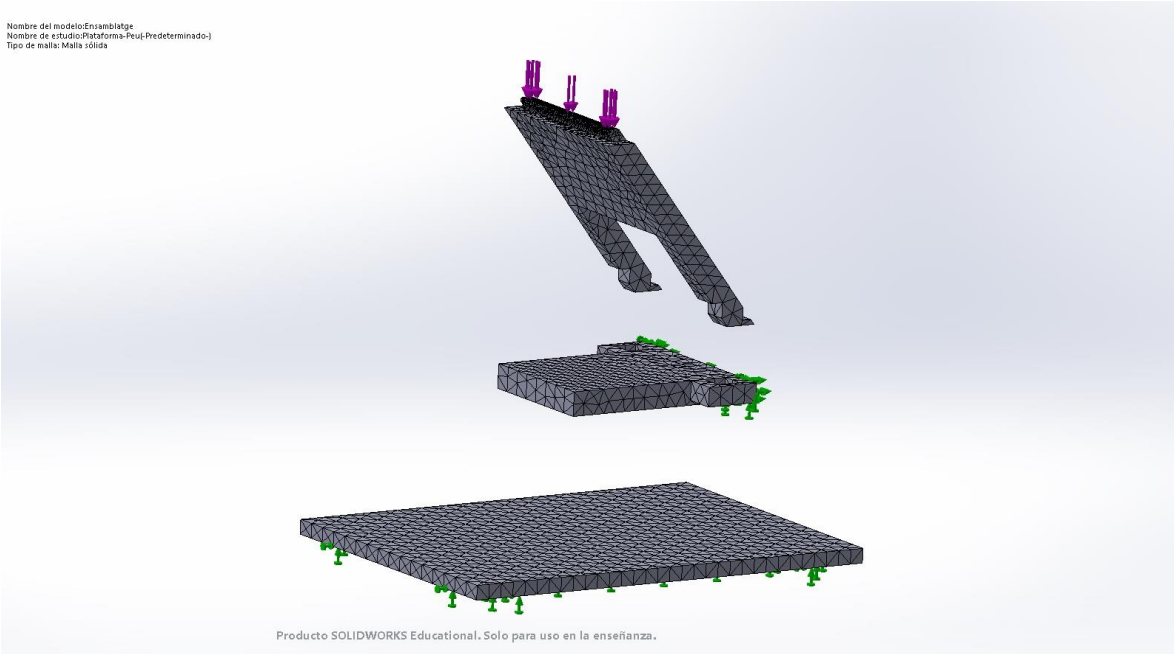
Un cop explicades quines van ser les condicions per aquest problema, es va passar a la simulació. Degut a la dificultat del càlculs de tensions i desplaçaments de tot l'assemblatge junt, es va decidir anar-ho fent per cada parell de peces que tenien contacte i per tant optimitzar el temps de treball. Així doncs es mostrarà els resultats obtinguts en aquests estudis per separat (Les condicions prèviament descrites es van mantenir en tots els estudis).

Primer de tot, però cal fer un petit apunt sobre el mallat dels elements. Es va utilitzar una malla basada en curvatura, que vol dir que utilitza elements en forma triangular, ja que és la que millor s'adequa al problema.

Plataforma-Peu

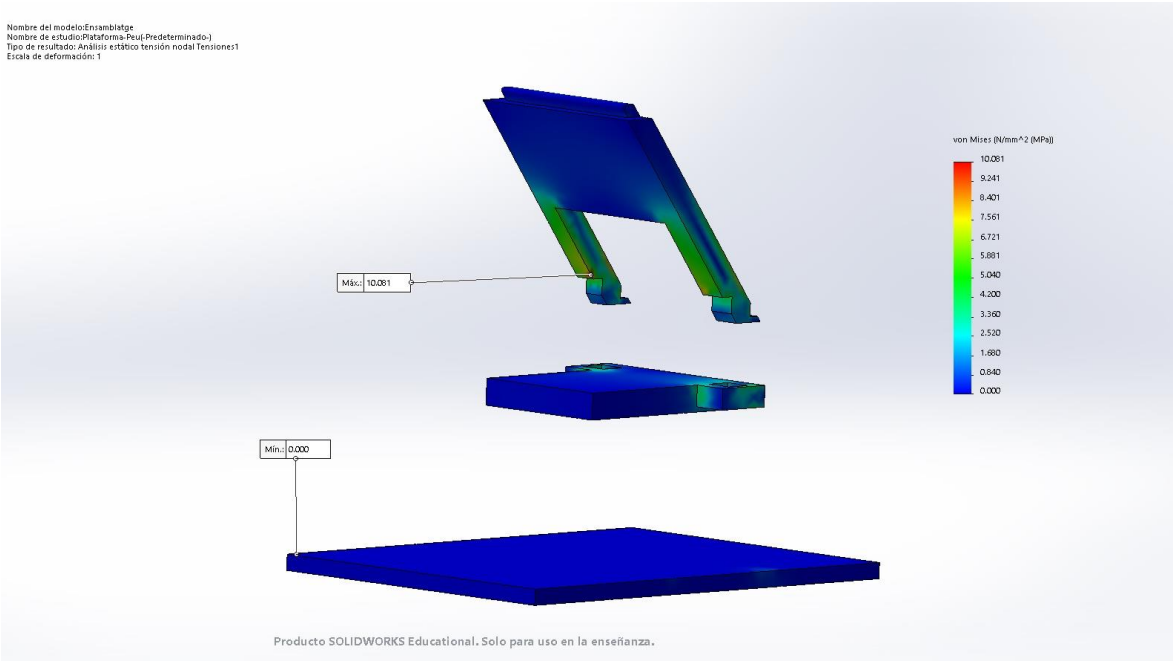
Les primeres parts a simular van ser la plataforma i el peu. Les restriccions ja han estat explicades anteriorment, en canvi, sobre aquestes parts no hi havia cap força directament aplicada, solament la resultant d'altres forces. Per això, la força que se li va aplicar va ser de 1000 N, la que fa una persona al asseure's, aplicada sobre les cares horitzontals que té la peça peu en la zona superior. Aquesta força era vertical i per aquest motiu es va agafar el pla alçat com a referencia per a la direcció de la força.

Un cop explicades les condicions del problema es va passar a mallar. Es va crear una malla fina (Il·lustració 2) on les diferents cares tenien més d'un element.



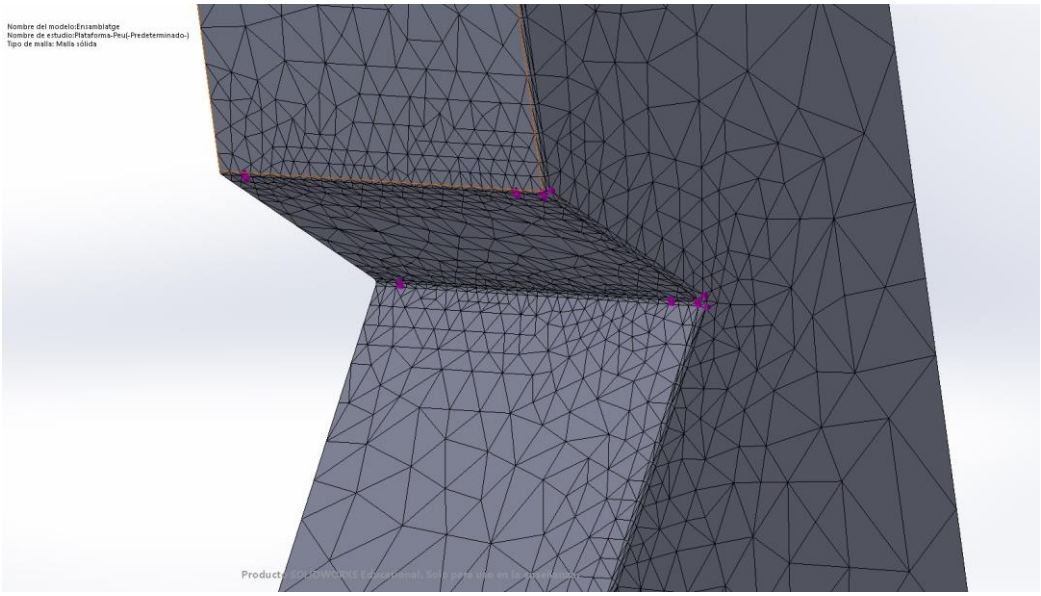
Il·lustració 2. Mallat inicial per l'estudi de tensions en la plataforma i peu.

Posteriorment es va executar el programa per a trobar les tensions. Els resultats van ser els següents:



Il·lustració 3. Tensions del conjunt plataforma i peu.

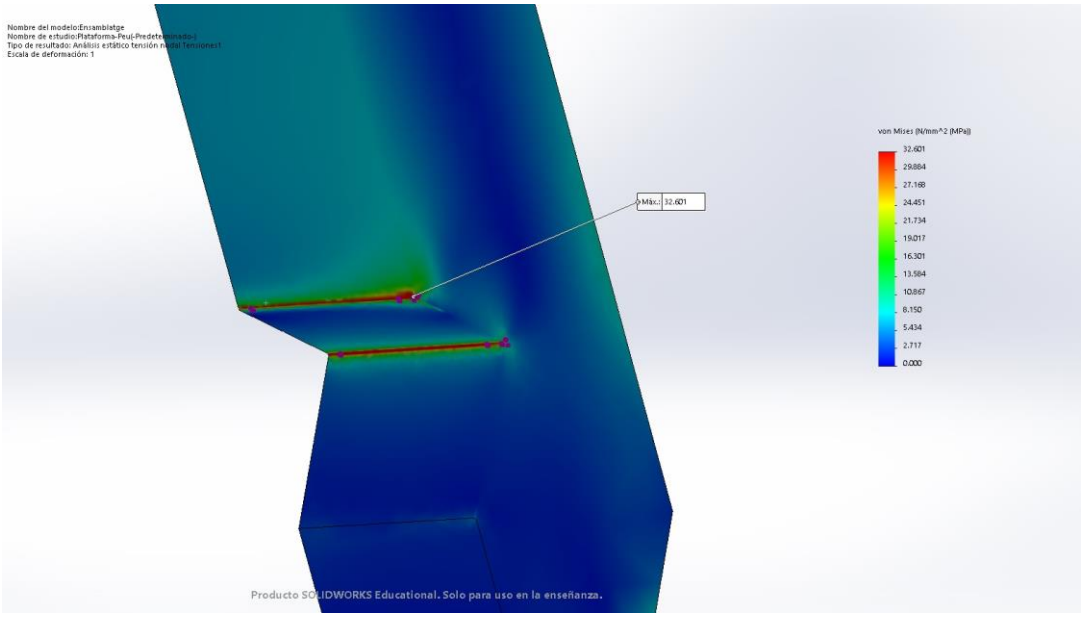
Com es pot apreciar en la imatge, en cap punt d'aquest conjunt les tensions superaven les del límit elàstic que és de 34,6 N/mm^2. Tot hi així es va veure que les tensions màximes (10,081 N/mm^2) estaven situades en una aresta. Això podia ser per dos motius, que al ser una aresta es tractes de una singularitat i per tant no fossin unes tensions reals o bé que si que fossin tensions creades pels esforços reals però que haguessin o no convergit. És per aquets motius que es va decidir procedir de la següent manera, es van arrodonir les arestes properes a la afectada per resoldre el problema de la singularitat i per altre banda, es va crear un control de malla en aquestes arestes i el seu voltant per a tenir uns resultats més precisos. La malla resultants en els llocs d'estudi va ser la següent:



Il·lustració 4. Control de mallar i arrodoniment de les arestes dels encaixos del peu.

Pel que fa el mallat de la resta del conjunt es va crear menys fina que la anterior, ja que havíem vist que els resultats de la resta del conjunt eren més irrellevants degut a que les seves tensions eren menors.

Altre vegada, es va passar a la resolució del problema i càlcul de tensions. Així doncs, només es van tenir en compte les tensions de les parts que s'havien mallat amb uns elements més fins i arrodonit les arestes. Els resultats van ser els següents:



Il·lustració 5. Tensions en les zones d'estudi del conjunt format per la plataforma i el peu.

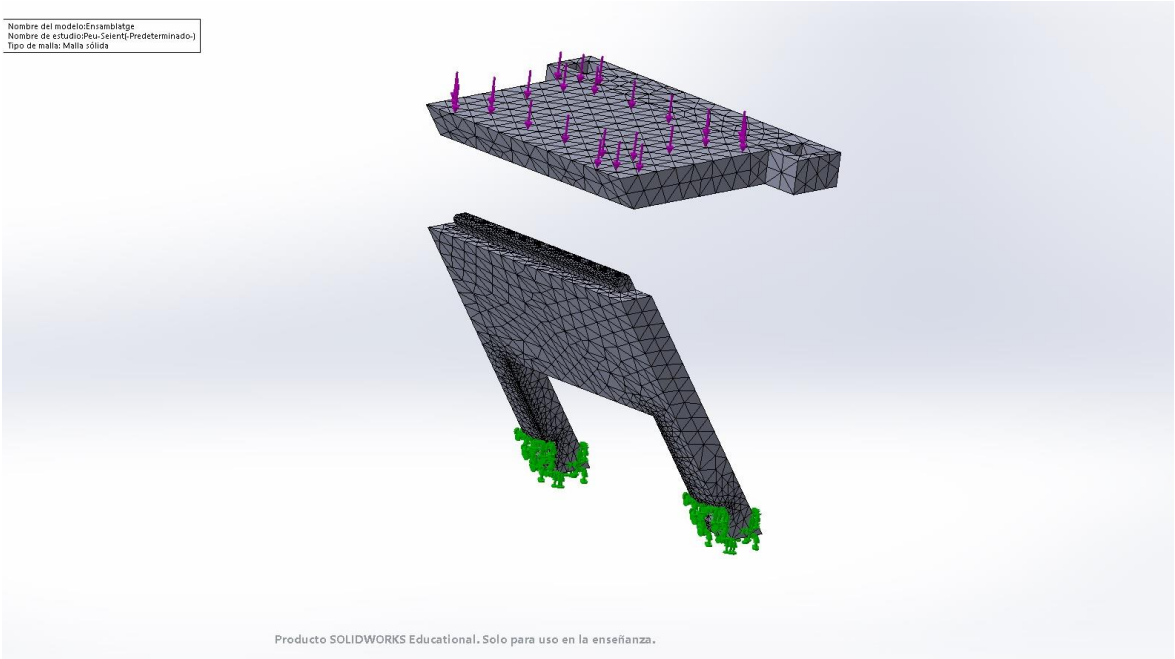
Les tensions màximes trobades van ser de 32,601 N/mm^2, inferiors al límit elàstic, situades en la zona on ja s'havien trobat anteriorment. Amb aquests resultats es va poder afirmar que no podia ser una singularitat ja que s'havien arrodonit les arestes i per altre banda, que els resultats havien convergit ja que la malla era suficientment fina per que ho fessin i per tant, els resultats no depenien d'ella.

Així doncs, es va poder afirmar que el mecanisme que unia el conjunt plataforma-peu era suficientment resistent.

Peu-Seient

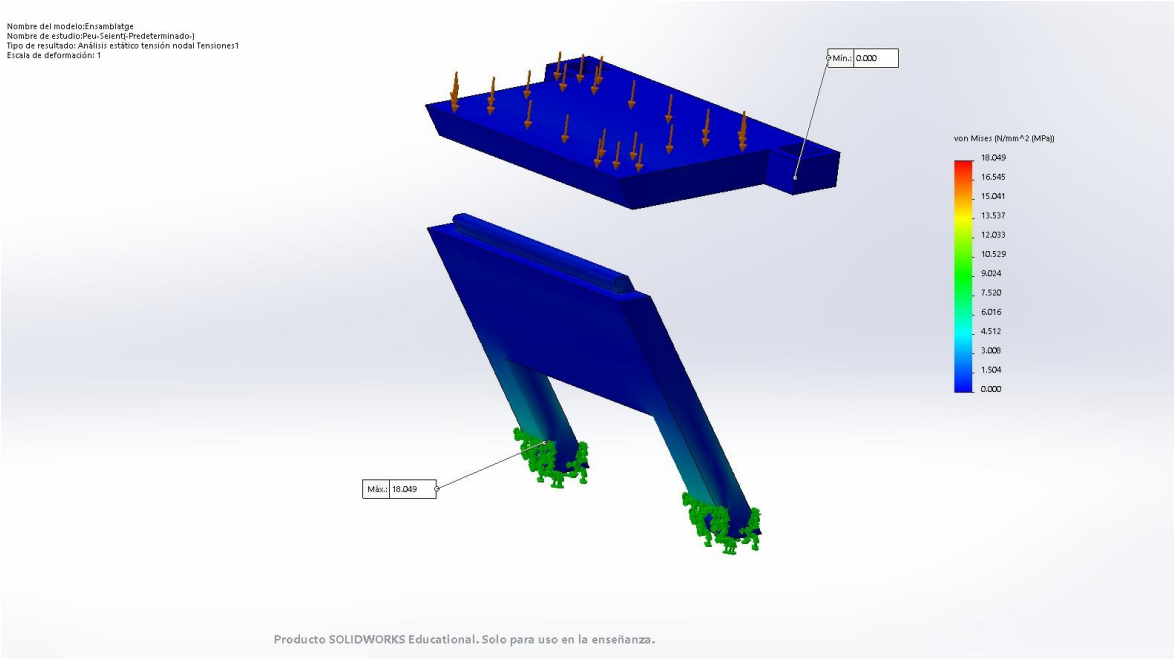
El següent conjunt ha estudiar, va ser el composat pel peu i el seient. En aquest cas les forces aplicades sobre el conjunt si que ja han estat explicades ja que no provenen de forces de reacció. Per altre banda, les restriccions de moviment no, ja que la peça peu està en contacte amb un altre part de la cadira i per tant no té unes restriccions de moviment provinents del medi exterior. És per això que les que se li van aplicar, van ser les que podrien representar la restricció que té amb la plataforma, és a dir, fixar les cares del encaix que toquen amb ella.

Pel que fa la malla, altre cop es va crear una malla fina (Il·lustració 6) que podia ser una bona solució inicial pel problema. Com es pot veure, el mateix programa canvia la mida del elements segons les mides de les diferents superfícies, es a dir, en el mecanisme que uneix el seient amb el peu els elements tenen una mida inferior que en la resta de parts.



Il·lustració 6. Mallat inicial per l'estudi de tensions en la peu i seient.

Posteriorment, es va procedir a l'execució del programa, i els resultat de les tensions van ser els següents:



Il·lustració 7. Tensions del conjunt peu i seient.

Com es pot veure, les màximes tensions no es van trobar en cap part del seient que fos important. És a dir, la part susceptible a trencar-se en aquest estudi era el mecanisme que uneix el seient i el peu, en canvi, les tensions més grans van estar situades en els encaixos del peu que és on s'hi havia aplicat les restriccions. Per tant, la part més important del estudi tenia unes tensions molt inferiors a les del límit elàstic i per altre banda no constaven de cap punt amb unes tensions molt diferents a les altres. Per altre banda, les màximes tensions trobades en la part del encaix no són preocupants, per dos motius fonamentals. El primer és que estan per sota del límit elàstic (18,049 N/mm^2) i per altre banda, aquestes tensions ja han estat estudiades en l'apartat anterior amb el conjunt plataforma-peu, va ser per això que no es van estudiar amb més profunditat.

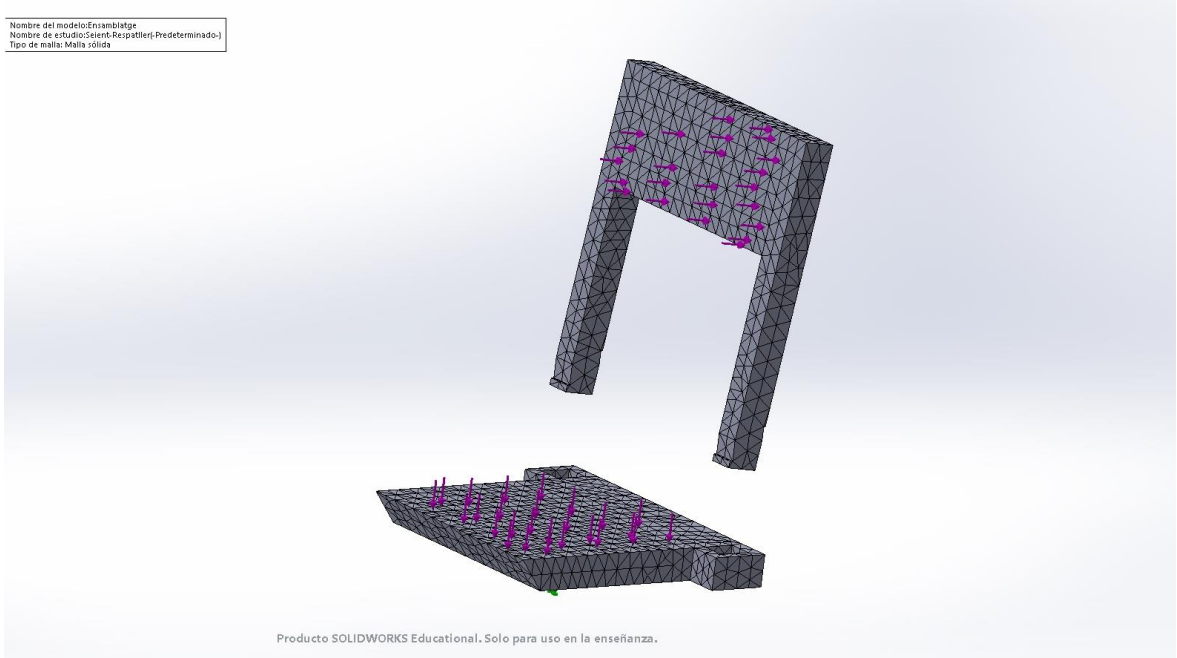
Així doncs es conclou que aquest conjunt és suficient resistent.

Seient-Respatller

Per últim, el conjunt ha estudiar va ser el format pel seient i el respatller. Altre vegada, com en el últim conjunt estudiat, les forces aplicades sobre el conjunt si que ja han estat explicades ja que no provenen de forces de reacció. Per altre banda, les restriccions de moviment no, ja que la peça seient està en contacte amb un altre part de la cadira i per tant no té unes restriccions de moviment provinents del medi exterior. És per això que les que se

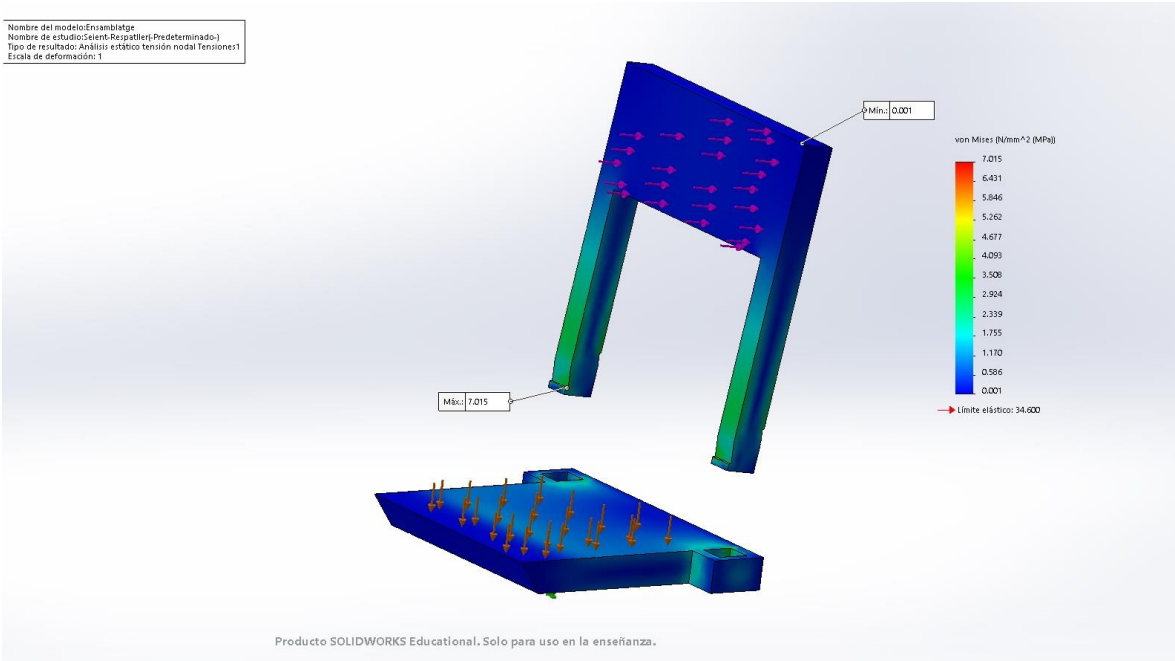
li van aplicar, van ser les que podrien representar la restricció que té amb el peu, és a dir, fixar les cares del encaix que toquen amb ella.

Seguidament, es va passar al mallat. És va crear una malla fina (Il·lustració 8) però igual per a tota la peça, sense tenir en compte el control de malla, la qual s'adequava molt bé al conjunt.



Il·lustració 8. Mallat inicial per l'estudi de tensions en la peu i seient.

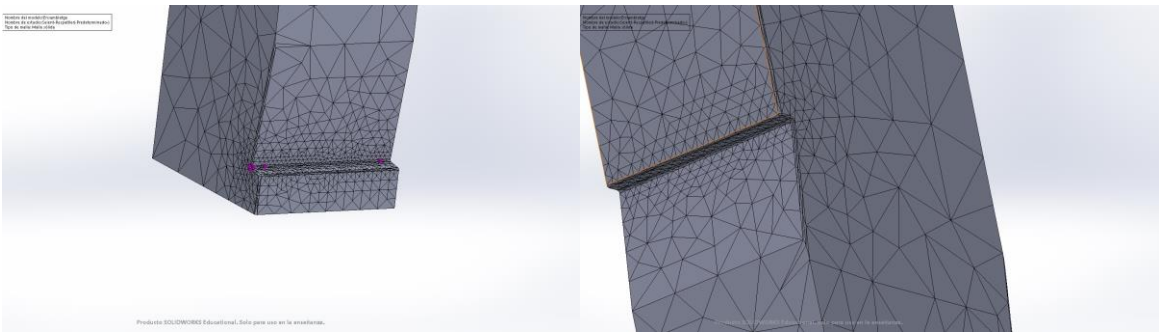
Un cop amb el conjunt mallar, es va procedir a la resolució del problema. Els resultat de les tensions equivalents van ser els següents:



Il·lustració 9. Tensions del conjunt seient i respatller.

Els resultats obtinguts en aquest estudi van ser molts semblants als del estudi de la plataforma i el peu. Les tensions màximes trobades (7,015 N/mm^2) no superaven el límit elàstic, però es trobaven situades sobre una aresta dels encaixos entre el seient i la plataforma. És per això que es va decidir arrodonir la aresta afectada i les del seu voltant per a descartar que fos una singularitat i per altre banda, es va crear un control de malla en aquestes cares per a millorar la precisió dels resultats.

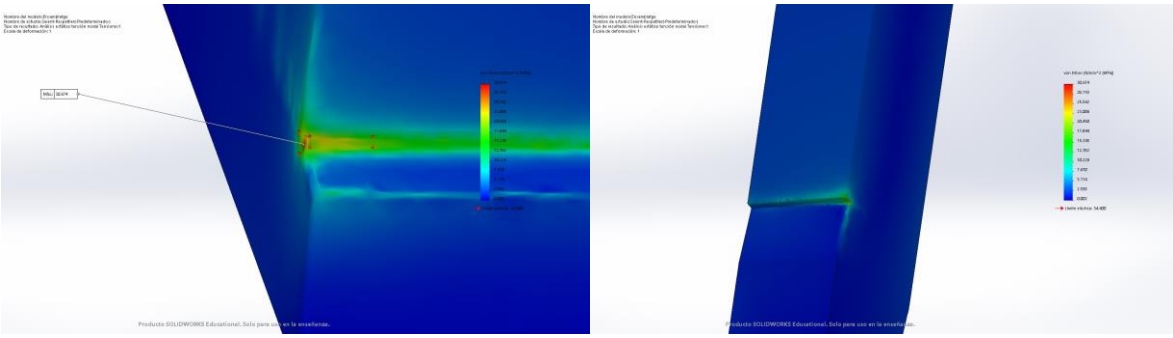
En les següents imatges es poden veure els controls de malla i els arrodoniments realitzats en les cares triades:



Il·lustració 10. Control de mallar i arrodoniment de les arestes dels encaixos del respatller.

Pel que fa el mallat de la resta del conjunt es va crear menys fina que la anterior, ja que havíem vist que els resultats de la resta del conjunt eren més irrellevants degut a que les seves tensions eren menors.

Altre vegada, es va passar a la resolució del problema i càlcul de tensions. Així doncs, només es van tenir en compte les tensions de les parts que s'havien mallat amb uns elements més fins i arrodonit les arestes. Els resultats van ser els següents:



Il·lustració 11. Tensions en les zones d'estudi del conjunt format pel seient i respatller.

Les tensions màximes trobades van ser de 30,674 N/mm^2, inferiors al límit elàstic, situades en la zona on ja s'havien trobat anteriorment. Amb aquests resultats es va poder afirmar que no podia ser una singularitat ja que s'havien arrodonit les arestes i per altre banda, que els resultats havien convergit ja que la malla era suficientment fina per que ho fessin i per tant, els resultats no depenien d'ella.

Així doncs, es va poder afirmar que el mecanisme que unia el conjunt seient-respatller era suficientment resistent.

8. Material i processos de construcció

8.1. Material

El material triat per a la construcció de la cadira ha sigut la fusta ja que complia diferents objectius dels proposats en el projecte. Aquests objectius són els següents:

1. Minimitzar residus. En aquest aspecte la fusta al ser altament reciclable no és que minimitzi els residus si no que minimitza el impacte que provoquen sobre el medi ambient ja que aquests residus poden ser reutilitzats en altres aspectes. No compleix directament l'objectiu però si que compleix una de les raons per la qual està definit, que és la de conservar el màxim possible el medi ambient.

2. Minimitzar els costs. La fusta triada és una fusta local per la qual cosa, el seu transport no és massa costos. Per una altre banda, tampoc és massa cara i els processos que se li ha de aplicar a la matèria prima, fusta, per a convertir-la en producte final, cadira, tampoc ho són. Això es degut a que les eines i la tecnologia que són necessàries per aquesta transformació són molt usats per tot tipus de productes.

3. Fabricació transversal. Des de un artesà local amb en seu petit taller fins a una factoria internacional que fabrica milers d'unitats d'aquest producte en línia, són capaços de transformar la fusta en cadira sense cap problema. Això és degut a que la fusta és molt fàcil de tractar i és molt usual crear productes amb fusta.

Un cop vists els motius pels quals es va decidir utilitzar la fusta com a material, s'ha de explicar quin tipus de fusta es va utilitzar i perquè.

La fusta triada ha sigut la de pi silvestre. Un dels motius pels quals s'ha triat aquesta fusta és perquè té la millor relació qualitat-preu. Per altre banda és una fusta fàcil de treballar i s'utilitza tant en ebenisteria com encofrats i contraxapats. És una fusta bastant usual en tot tipus de treballs i això fa que sigui fàcil d'aconseguit.

Tant pot utilitzar-se en interiors com exteriors. En quan a les propietats mecàniques, són en conjunt bones, sense ser excessivament densa. Tot hi així és un material considerat semi-dur, encara que aquesta duresa depèn de on ha estat extreta, sent més resistent les procedents d'arbres en climes freds.

Per altre banda, cal dir que un altre motiu ha sigut la procedència. Ja que aquesta fusta pot ser extreta per casi tota Europa, Espanya inclosa, i també pel nord d'Àsia. Cosa que fa que

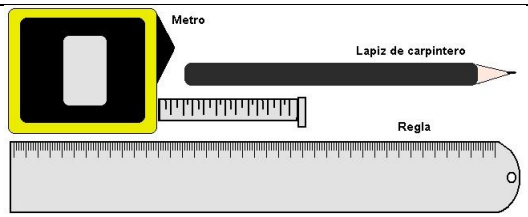
sigui un recurs abundant i per tant el seu cost disminueixi. D'altre banda, això també provoca que el seu transport sigui menor i altre vegada el cost del producte també disminueixi (objectiu d'aquest projecte).

8.2. Processos de construcció

Els processos utilitzats per a la construcció de la cadira són molt senzills i podrien ser aplicables a gairebé qualsevol altre producte fabricat amb fusta.

Un cop realitzats els planells corresponents i entregats al artesà encarregat de la fabricació de la cadira, es passa al procés de fabricació pròpiament dit. Però, primer de tot es farà una llista de les eines utilitzades (Taula 8).

Eines	Imatge
Banc de treball. És la taula sobre la qual es realitzaran la majoria de treballs.	
Cargol de banc. És un útil que va fixe a la taula. Consta d'una mordassa fixa i una altre mòbil. La mordassa mòbil es desplaça per la guia quan girem la palanca. Les peces se subjecten entre les mordasses. Immobilitzen la peça que es treballa en la taula o banc de treball.	
Sargent. S'utilitza per subjectar peces. Està compost per una boca fixe i un d'altre mòbil que es desplaça sobre la guia. La pressió s'exerceix fent girar empunyadura, que està unida al cargol. S'utilitza amb peces més petites que el banc de treball. També s'utilitza per subjectar dues peces que s'estan enganxant amb cola.	

Eines d'escriptura. Llapis de fuster, regla graduada, metros de fuster, esquadra i cartabó.	
Punxo. Té un mànec de fusta o plàstic unit a una agulla. S'utilitza per a practicar petites marques sobre la fusta que ens indiquen per on trepanar.	
Serra circular o de calar. Eina elèctrica utilitzada per a la realització de talls sobre la fusta.	
Broques. Van allotjades en l'extrem dels trepans. S'usen per perforar fusta i acaben en punta.	
Polidora elèctrica. Eina elèctrica que allisa superfícies i millora l'acabat.	

Raspall elèctric. Eina elèctrica que rebaixa la fusta.	

Taula 8. Eines pel treball de la fusta.

Un cop descrites les diferents eines, descriure el procés és molt senzill. Ja tenint el material triat, s'agafen planxes d'aquest mateix material i es porten al banc de treball. Primer de tot s'analitza la fusta en busca de qualsevol imperfecció i seguidament es passa al dibuix dels patrons sobre la fusta utilitzant regles, llapis, esquadra i cartabó. Aquest patrons són els extrets a partir dels planells.

Seguidament, es passa a la subjecció de les planxes per tal de realitzar els talls correctament. Si s'usa la serra circular, la subjecció més útil és el sergent. Per altre banda, si s'usa la serra de calar, les subjeccions més útils són el cargol de banc o bé sergents.

Pel que fa els rebaixos i forats de les peces va ser el següent pas a seguir. En el disseny d'aquesta cadira els rebaixos no van ser necessaris, però els forats si. Per a la realització de forats, el primer pas a seguir és el de marcar amb el punxo per on anirà el trepant. Un cop realitzat el forat amb la bronca, s'introdueix el fil d'una serra de calar per aquest forat. D'aquesta manera es pot seguir el patró dibuixat per a la realització del forat.

Finalment, només queda l'acabat final, que consisteix en un polit i allisat de totes les superfícies tallades per un resultat més òptim, utilitzant una polidora elèctrica.

9. Estudi mediambiental

El respecte pel medi ambient és un tema fonamental avui en dia, és per això que el producte creat durant aquest projecte ha de ser sostenible i minimitzar l'impacte ambiental durant el seu cicle de vida.

9.1. Estudi de les accions realitzades

És per això que es durà a terme un estudi del impacte ambiental el qual consisteix en *identificar, descriure i valorar els efectes previsibles que la realització de una acció o execució d'una activitat produiran sobre la salut, els recursos naturals i el medi ambient, es a dir, sobre els ecosistemes* (Margarita González, 2004).

Posteriorment s'explica un criteri per el qual es poden valorar els aspectes mediambientals (Taula 99 (Margarita Gonzalez, 2004)) i seguidament es valoraran (Taula 1010).

Puntuació			**3**	**2**	**1**
Requisits legals			No es compleixen		Es compleixen – No existeixen
Danys al medi ambient	Quantitat		Elevada	Mitja	Baixa
	Freqüència		Cada dia	Setmanal	Mensual o menys
	Gravetat	Residus	Especials	No especials	Inerts
		Aigua	Molt tòxiques	Tòxiques	No de processos
		Emissions	Molt tòxiques	Toxicitat mitja	Toxicitat baixa
		Soroll	>80 dB	70-80 dB	<70 dB
Queixes/alarma social			Hi ha hagut elevat interès	Possible interès	Ningun interès
Factors econòmics			Elevada inversió	Mitja inversió	Baixa inversió

Taula 9. Criteris de valoració d'aspectes ambientals.

Operacions	Requisits legals	Danys al medi ambient			Queixes/ alarma social	Factors econòmic	TOTAL
		Quantitat	Freqüència	Gravetat			
Obtenció de matèria prima.	1	1	2	1	1	2	8
Transport matèria prima.	1	1	2	1	1	1	7
Tractament de la fusta.	1	1	2	2	1	1	8
Procés de construcció del producte.	1	1	1	2	1	2	8
Transport producte final.	1	1	1	1	1	1	6
Reciclatge.	1	1	2	2	1	1	8

Taula 10. Valoració de les accions realitzades des de un punt de vista ambiental.

La conclusió extreta de la taula anterior on es fa una valoració dels aspectes ambientals per les diferents accions que es duen a terme durant la vida d'aquest projecte és la següent: l'impacte ambiental és molt reduït. Cal veure que la suma total de valors per a cada acció és molt petita cosa que fa que es pugui dir que no té un gran impacte sobre el medi ambient.

9.2. Estudi dels materials utilitzats

Un cop comentades les accions que es duran a terme, cal parlar dels materials que s'utilitzaran per a la fabricació, d'on s'extrauran i del seu reciclatge.

El material triat per a la fabricació és la fusta, un material altament reciclable. Aquest procés és un dels més nets i econòmics de tots els tipus de reciclatge. Ja que no és necessari cap tractament previ, tot el procés està format per medis físics i maquinaria.

Es poden distingir dos tipus de residus els quals es reciclen i són provinents d'aquest producte. Primer hi ha els residus que es van generant durant la fabricació del producte final, com pot ser petits encenalls creats durant el tall de la fusta o bé la fusta resultant que queda un cop havent extret de la planxa inicial de material les diferents parts de la cadira, entre d'altres. Per altre banda, estan els residus finals, que són, un cop ha finalitzat la vida del producte, el que queda de ell. En aquest cas seria l'esquelet de fusta de la cadira.

Un cop explicats els dos tipus de residus creats s'explicarà breument el procés que duu a terme la fusta per a ser reciclada. Al arribar a al planta de reciclatge, aquesta es inspeccionada i separada segons el tipus i la qualitat. Seguidament es tritura fins a aconseguir encenalls. Un cop acabat aquest procés, queda un producte uniforme i net. Finalment s'ha de trobar un destí que aprofiti aquest material. N'hi ha tres de principals:

1. Fabricació de taulers d'aglomerat. Són panells formats per encenalls i partícules encolades amb resina sintètica. És el destí del 80% i 90% de la fusta recupera.

2. Valorització energètica com a producció d'electricitat. Com incineracions, pròlisi i gasificació de plasma. D'aquestes tecnologies, la incineració és de les més desenvolupades.

3. Fabricació de compost per us ramader.

Tot hi així, una altre manera de minimitzar residus, és la de aprofitar el màxim el material. Aquest és un factor important en el disseny del producte el qual s'ha tingut en compte durant l'elecció final. La cadira elegida, aprofita molt bé les planxes de material no deixant pràcticament residus durant la fabricació. Ja que les peces s'intercalen entre elles dins la planxa per a no tenir trossos de fusta sobrants.

Finalment s'ha d'explicar d'on s'extreu el tipus de fusta triada, la procedència de la qual tindrà una repercussió directa sobre el medi ambient. La fusta de pi silvestre, és una fusta procedent d'Europa i nord d'Àsia, fet que fa que la seva obtenció sigui fàcil i ecològica ja que no necessita molt de transport. Per altre banda, cal dir, que és un recurs abundant, ja que la seva explotació es fa de forma controlada per a satisfer la demanda sense arriscar l'espècie. Fet positiu pel impacte ambiental d'aquest projecte.

10. Càlcul del pressupost i planificació

Es va fer un càlcul aproximat del pressupost del projecte des de dos punts de vista, primerament, el que contempla la situació actual, el projecte amb el seu projectista autònom, sense tenir en compte cap entitat ni empresa. Posteriorment, un pressupost realitzat des del punt de vista d'una empresa com a entitat que duu a terme aquest projecte.

Primerament, es va fer una llista de les despeses que composen aquest pressupost (Taula 11 i Taula 12). Aquestes, han estat calculades per a diferents lots del producte segons unes quantitats característiques.

	Sou Brut anual (€/any)	Preu unitari (€/h)
Enginyer empresa	3.5000,00 €/any	21,88 €/h
Enginyer projecte	-	60,00 €/h
Assessor i director empresa	50.000,00 €/any	31,25 €/h
Assessor i director projecte	-	100,00 €/h

Taula 11. Despeses en enginyeria.

	Preu unitari (Lot 1)	Preu unitari (Lot 500)	Preu unitari (Lot 1.000)	Preu unitari (Lot 10.000)
Transport (Desplaçaments)	44,00 €/n	39,60 €/n	35,20 €/n	27,72 €/n
Emmagatzematge (Volum)	-	11,64 €/m^3	8,00 €/m^3	7,27 €/m^3
Mecanitzat (Temps)	0,50 €/min (Mà)	0,33 €/min (CN)	0,33 €/min (CN)	0,30 €/min (CN)
Material (Llargada)	36,30 €/m	35,35 €/m	32,00 €/m	28,28 €/m

Taula 12. Despeses en producció i logística.

Cal tenir en compte que aquestes despeses per unitat de producte van disminuint quan el lot va augmentant.

Seguidament es va fer el càlcul aproximat del pressupost (Taula 13 i Taula 14) tenint en compte aquestes despeses:

	Concepte	Proveïdor	Unitats	Preu unitari	Total
Enginyeria	Direcció	Director	30 h	100,00 €/h	3.000,00 €
	Anàlisi	Enginyer	120 h	60,00 €/h	7.200,00 €
	Disseny	Enginyer	150 h	60,00 €/h	9.000,00 €
	Desenvolupament	Enginyer	100 h	60,00 €/h	6.000,00 €
	Assessorament	Professor simulació	10 h	100,00 €/h	1.000,00 €
Producció	Matèria prima	-	1	36,30 €/m	72,60 €
	Mecanitzat prototip	-	1	0,50 €/min	240,00 €
Logística	Transport	-	1	44,00 €/n	44,00 €
	Emmagatzematge	-	1	- €	- €
				TOTAL	26.556,60 €

Taula 13. Pressupost projecte.

	Concepte	Proveïdor	Unitats	Preu unitari	Total
Enginyeria	Direcció	Director	30 h	31,25 €/h	937,50 €
	Anàlisi	Enginyer	120 h	21,88 €/h	2.187,50 €
	Disseny	Enginyer	150 h	21,88 €/h	2.625,00 €
	Desenvolupament	Enginyer	100 h	21,88 €/h	1.968,75 €
	Assessorament	Professor simulació	10 h	31,25 €/h	312,50 €
Producció	Matèria prima	-	1	36,30 €/m	72,60 €
	Mecanitzat prototip	-	1	0,50 €/min	240,00 €
Logística	Transport	-	1	44,00 €/n	44,00 €
	Emmagatzematge	-	1	- €	- €
				TOTAL	8.387,85 €

Taula 14. Pressupost empresa.

Un cop sabent el pressupost d'aquest projecte, es va calcular el PVD (preu de venta al distribuïdor) (Taula 15) i PVP (preu de venta al públic) (Taula 16) tenint en compte altre vegada, les despeses de producció, logística, administració, infraestructures i màrqueting. Per a fer aquest càlcul es va imposar un marge comercial del 20% sobre el cost de producció de la cadira. Aquest estudi del PVP també es va fer per les diferents mides de lots, d'aquesta manera es podria tenir una comparativa de quin seria el preu final segons la demanda.

	Unitats			
	1	**500**	**1.000**	**10.000**
Producció	312,60 €	80,60 €	73,90 €	65,47 €
Logística	44,00 €	39,92 €	35,42 €	27,92 €
Administració	- €	8,06 €	7,39 €	6,55 €
Infraestructures	665,35 €	1,33 €	0,67 €	0,07 €
Màrqueting	- €	8,06 €	7,39 €	6,55 €
Marge comercial (fabricant)	46,89 €	12,09 €	11,09 €	9,82 €
PVD unitari	**1.068,84 €**	**150,06 €**	**135,85 €**	**116,37 €**

Taula 15. PVD segons les diferents mides de lot.

	Unitats			
	1	**500**	**1.000**	**10.000**
PVD	1.068,84 €	150,06 €	135,85 €	116,37 €
Marge comercial (botiga)	106,88 €	15,01 €	13,59 €	11,64 €
PVP unitari	**1.175,73 €**	**165,07 €**	**149,44 €**	**128,01 €**

Taula 16. PVP segons les diferents mides de lot.

Finalment, amb els diferents preus de venda al públic, s'ha de fer una comparativa amb el disseny original (Taula 17).

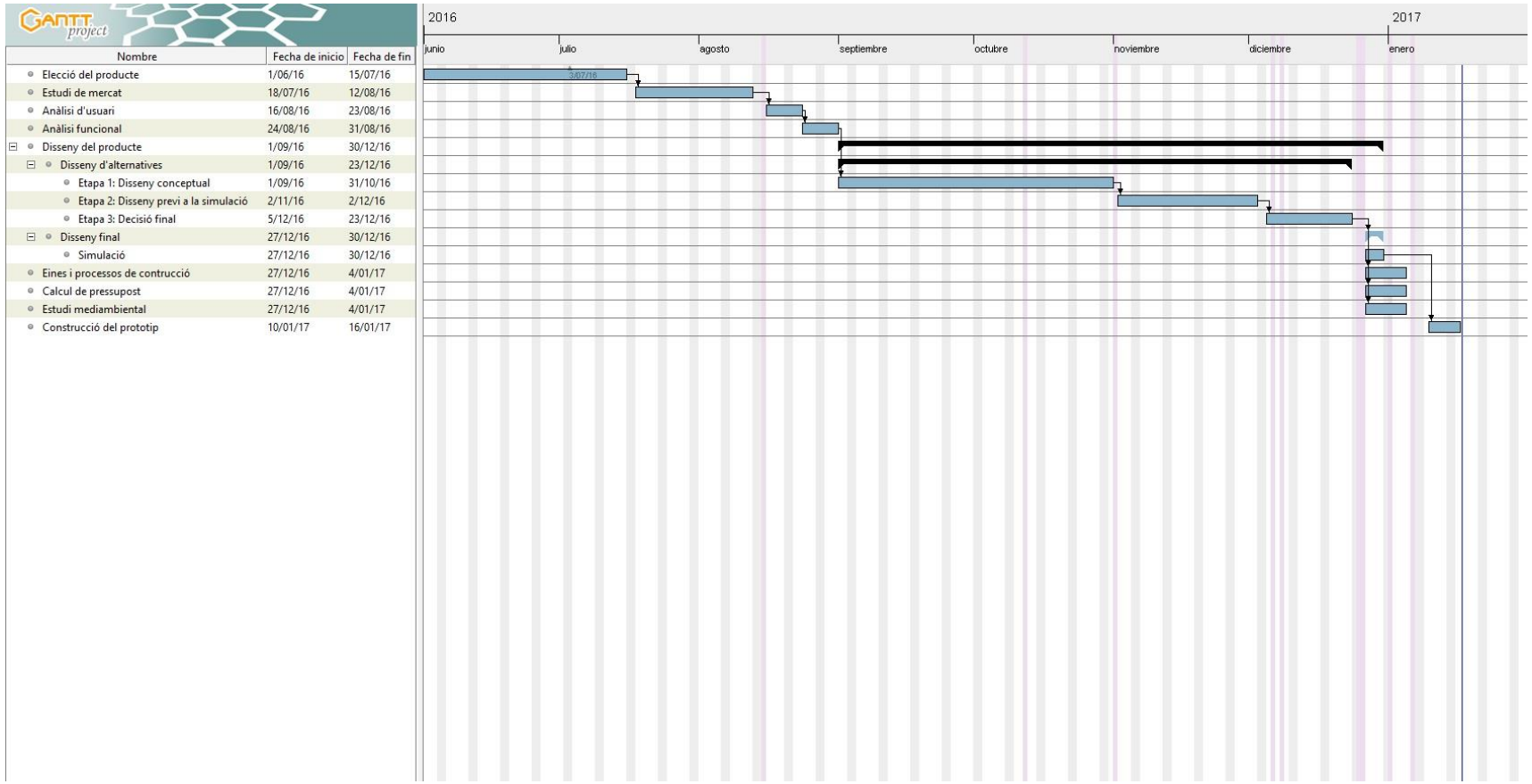
Disseny i mida del lot	Preu per unitat (€)
Original (360 Zig Zag)	1.300 €
Nou – 1 unitat	1.176 €
Nou – 500 unitat	165 €
Nou – 1000 unitat	149 €
Nou – 10.000 unitat	128 €

Taula 17. Comparativa de PVP de les diferents cadires i mides de lot.

Així doncs, es pot concloure que el preu del nou disseny, per a qualsevol mida de lot és inferior al preu del disseny original. D'aquesta manera es compleix un dels objectius d'aquest projecte com és el de minimitzar els costos de la cadira. Per tant, podem afirmar que respecte la cadira comparada, el disseny presentat aquí és competitiu econòmicament.

D'altre banda, la planificació seguida durant aquest projecte està composada per un seguit d'etapes les quals són, bàsicament, els diferents apartats que es poden trobar en aquesta memòria.

A continuació, es mostra un gràfic de GANTT (Il·lustració 12) del projecte amb les diferents etapes amb la seva cronologia i durada.



Il·lustració 12. Gràfic GANTT sobre la planificació del projecte.

11. Conclusions

Una vegada finalitzat aquest projecte hi ha que determinat que els objectius proposats al inici d'aquest projecte s'han assolit.

Com s'ha anat demostrant durant l'execució d'aquest treball fins a trobar la solució final, s'han anat complint tots els objectius els quals són:

- ✓ Aprofitar al màxim el material. Mínims residus.
- ✓ Minimitzar els costos.
- ✓ Ergonomia.
- ✓ Minimitzar la importància dels elements de l'assemblatge (frontisses, ...)
- ✓ Minimitzar l'espai d'emmagatzematge.

Cal explicar també que aquest estudi pot ser l'inici d'un futur producte comercial. S'ha marcat un pla d'actuació des de l'inici del estudi fins al prototipatge a escala. Tot hi així el projecte per a comercialitzar aquet producte no està acabat. Faltaria un estudi més exhaustiu de les possibilitats de mercat i empresa, posteriorment un prototip a escala real per comprovar el seu funcionament i possibles modificacions. També s'haurien de tenir en comptes altres aspectes, com l'empaquetatge que no s'han pogut tenir en compte amb la voluntat de focalitzar els esforços en la millora de la cadira.

Per altre banda, s'hauria de fer un estudi dels usuaris més acurat el qual els propis usuaris poguessin donar el seu punt de vista en quan aquest producte i el valoressin, a partir d'enquestes. Ja que al cap i a la fi, són els més importants en tot projecte ja que són el motiu pel qual estan creats, satisfer les seves necessitats.

Per altre banda, la valoració personal que he extret d'aquest treball és molt positiva. Considero que aquest treball m'ha ajudat a aprendre i consolidar com aplicar els coneixements adquirits durant els grau. Sobretot coneixements enfocats en el disseny que és l'àmbit de l'enginyeria que més m'agrada.

12. Bibliografia

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. *SolidWorks Simulation.* Massachusetts. 2011.

Beat Collection. *Medidas adecuadas para el diseño de sillas ergonómicas* [blog]. 22 Juny 2012. Disponible a: http://beatcollection.com/blog/medidas-adecuadas-para-el-diseno-de-sillas-ergonomicas/

Pinterest. *Renovación De Sillas Plegables.* Disponible a: https://es.pinterest.com/explore/renovaci%C3%B3n-de-sillas-plegables/

La unión. *Taburete plegable madera 46x35x31cm.* Disponible a: http://www.launionferreteria.es/producto/taburete-plegable-madera-46x35x31cm-banco-de-encartar-mader-0402922118

Bless this sutff. *Desile Folding Chair by Christian Desile.* Disponible a: http://www.blessthisstuff.com/stuff/living/seating/desile-folding-chair-by-christian-desile/

Christian Desile. In fine design chair. Disponible a: http://www.infinedesignchair.com/

Paola Noguera. Moret han this [blog]. 11 Març 2013. Disponible a: https://paolanoguerablog.wordpress.com/category/disenadores-2/

Il Tavolo Verde. *Sillas plegables daneses.* Disponible a: http://www.iltavoloverde.com/portfolio_item/sillas-plegables-danesas/

Reformas obres Madrid. *Sillas plegables para combinar.* Disponible a: http://www.reformasobrasmadrid.com/sillas-plegables-para-combinar/

Classis design. *Silla Tomasa – design Studio Simon.* Disponible a: http://w.classicdesign.it/tomasa-simon-sp-1708.html

Cassina. *Studio Simon.* Disponible a: http://www.cassina.com/en/designer/studio-simon

Osko+deichmann. *Clip chair by Moooi.* Disponible a: http://www.oskodeichmann.com/products/clip-chair-moooi

Moooi. *Clip chair.* Disponible a: https://www.moooi.com/sites/default/files/product-pdf/temporary/clip_chair_pi_0.pdf

Stardust Modern. *Moooi Clip Chair by Blasius Oska and Oliver Deichman.* Disponible a :

http://www.stardust.com/MOOOICLIPCHAIR.html

Furniture Fashion. *The explanding chair from Baita design.* Dispoible a: http://www.furniturefashion.com/just_to_show_our_space/

Behance. *Sharing Cross.* Disponible a : https://www.behance.net/gallery/312657/Sharing-Cross

Cappellini. *Stitch chair.* Disponible a: http://www.cappellini.it/en/products/chairs-and-armchairs/stitch-chair

Utility. *Cappellini Stitch chair.* Disponible a: http://www.utilitydesign.co.uk/cappellini-stitch-chair

Naharro. *Silla Zig Zag – Cassina.* Disponible a: http://www.naharro.com/tienda/details/905/silla-zig-zag---cassina

Minim. *Silla 280 ZigZag.* Disponible a: http://www.minim.es/es/mobiliario/producto/silla-280-zigzag-cassina/120913Tifon

Hipermueble. *Pack 4 sillas Kamil.* Disponible a: http://www.tifon.es/catalogo-muebles/mesas-y-sillas/sillas/silla-kamil

Studio Dror. *Dror for Pick chair.* Disponible a: http://www.studiodror.com/for/pick-chair/

Classic designs. *Pick chair – design Dror Benshetrit.* Disponible a: https://classicdesign.it/productdetails-495-en.html

Core77. *Pick chair folds flatter than my wallet.* Disponible a: http://www.core77.com/posts/10841/Pick-Chair-folds-flatter-than-my-wallet

Minimmoi. *Taburete Pop azul cielo y rosa salmón.* Disponible a: http://www.minimoi.com/es/taburete-pop-azul-cielo-y-rosa-salmon.html

Redecorando. *Pata, taburete plegable.* Disponible a: http://www.redecorando.com/2008/09/11/pata-taburete-plegable/

Takashi Sato. *Pata.* Disponible a: http://www.takashisato.jp/Project_Pata.html

Alberch. *Productos - Maderas*. Disponible a: http://www.alberch.com/productos/madera

DecoEstilo. *Tipos de maderas para muebles*. María Tebar, 2012. Disponible a: http://www.decoestilo.com/articulo/tipos-de-madera-para-muebles/

LinaAlquibala. *Herramientas para trabajar la madera*. Disponible a: http://www.linalquibla.com/TecnoWeb/madera/contenidos/herramientas.htm

Gabarró. *Pino Silvestre.* Disponible a: http://www.gabarro.com/es/enciclopedia-madera/pino-silvestre/

Historia de la Covaleda. *Características de la madera de pino silvestre para uso estructural.* Disponible a: https://historiadecovaleda.wordpress.com/2016/06/01/caracteristicas-de-la-madera-de-pino-silvestre-para-uso-estructural/

Construmática. *Madera de Pino Silvestre.* Disponible a: http://www.construmatica.com/construpedia/Madera_de_Pino_Silvestre

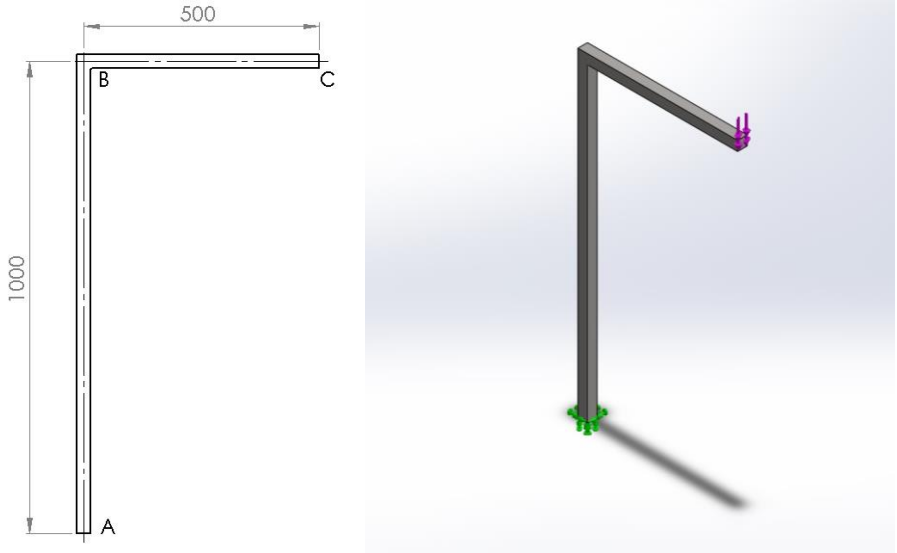
Scielo. *Caracterización estructural de la madera de Pinus radiata.* Disponible a: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2007000300003

Madex. *Características de la madera de pino.* Disponible a: http://www.madex.es/index.php?id=300

13. Annexos

13.1. Verificació del programa

La biga ha estudiar va ser la següent:



Il·lustració 13. Mides i condicions de contorn de la biga.

En la primera imatge (Il·lustració 13) es pot veure les mides i la forma que té la biga. En la segona imatge, es veu l'aresta on està aplicada la força de **1000 N** (extrem superior dret de la biga) i la cara on estan aplicades les restriccions de geometria fixa (extrem inferior esquerra) les quals impedeixen tots els possibles moviments fent-la estàtica i sense cap grau de llibertat. En aquesta segona imatge, també es pot veure que la secció és quadrada amb una àrea de 30x30 mm^2.

El material de la biga és un acer AISI 304 amb les següents propietats:

- Mòdul de Young: $E = 1{,}9x10^5$ N/mm^2
- Coeficient de Poisson: $v = 0{,}29$
- Densitat: $\rho = 8000$ kg/m^3
- Límit elàstic: $f = 206{,}8$ N/mm^2

Aquestes propietats han estat extretes de la taula de materials del mateix software.

Un cop dissenyada la biga i aplicant les seves condicions de contorn es va passar al anàlisis, primer manual i després amb el programari, de la peça.

13.1.1. Anàlisi manual

Per el anàlisis manual, primer de tot es van fers els càlculs i diagrames d'esforços (Il·lustració 14) de la peça com es veu a continuació:

CB:

T_y = 1000 N

M_z = -1000·x Nmm

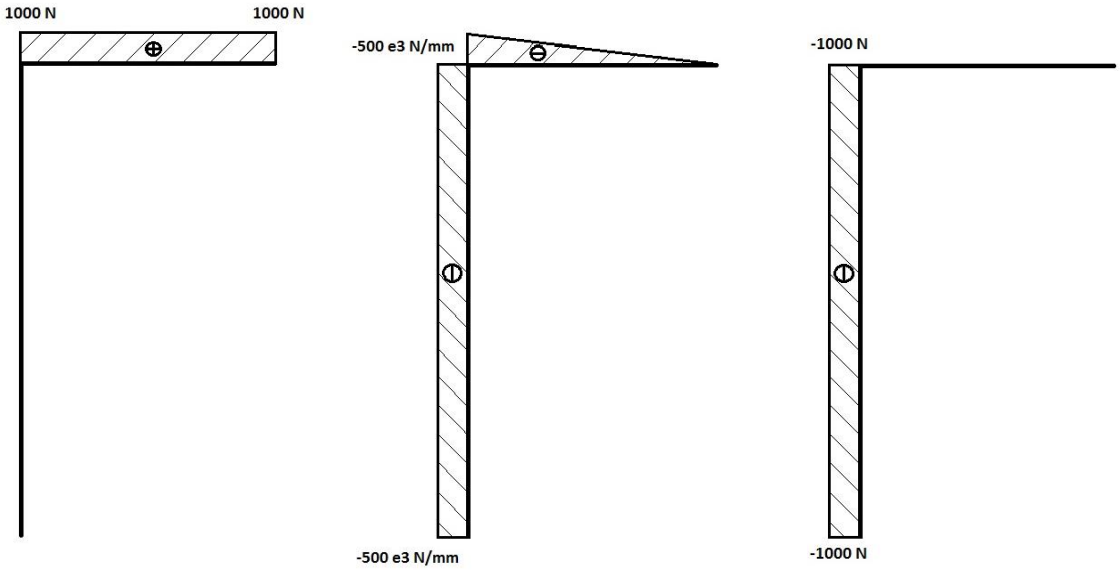
N_x = 0 N

BA:

T_y = 0 N

M_z = -1000·500 Nmm

N_x = -1000 N



Il·lustració 14. Diagrama d'esforços tallants, moments i esforços normals.

Per a fer els càlculs es va agafar cada tram per separat i es va triar la x com a variable començant-la en el principi de cada tram, de dreta a esquerra i de dalt a baix.

Un cop amb les equacions en funció de x dels esforços es va triar una secció la qual se li calcularia de manera quantitativa aquests esforços. Aquesta secció va ser la que hi ha a la meitat del segment BC ja que era una secció fàcil en els seus càlculs perquè no disposava d'esforç normal.

Així doncs es va passar a l'aplicació de les formules per trobar la tensió equivalent en un punt determinat de la nostre biga:

(1) Moment d'inèrcia respecte l'eix z:

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot a \cdot a^3$$

(2) Àrea:

$$A = a \cdot a$$

(3) Tensió normal:

$$\sigma_x = -\frac{M_z}{I_z} \cdot y + \frac{Nx}{A}$$

(4) Tensió tallant per una àrea rectangular:

$$\tau_{xy} = \frac{3}{4} \cdot \frac{T_y}{A} \cdot \left(1 - 4 \cdot \frac{y^2}{a^2}\right)$$

(5) Tensió equivalent de Von Mises:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{{\sigma_x}^2 + 3 \cdot {\tau_{xy}}^2}$$

Les constants del problema són: **h** que és l'altura de la biga vertical (1000 mm), la **e** que és la llargada de la biga horitzontal (500 mm), **a** que és l'aresta de la secció de la biga (30 mm) i finalment **y** que és la distancia des de el centre de la secció fins a el punt on es va decidir calcular aquesta tensió, en aquest cas, l'aresta superior (Il·lustració 15) (15 mm).

Il·lustració 15. Aresta de la secció on s'ha fet el càlcul de tensions.

Així doncs la tensió equivalent finalment va ser de **55,55 MPa.**

Per el càlcul del desplaçament vertical, es va utilitzar el teorema de Castigliano ja que la força té la mateixa direcció que el desplaçament. En canvi, per el càlcul del desplaçament horitzontal, també es va utilitzar el mateix teorema però aquesta vegada aplicant-lo juntament amb el teorema de la força fictícia, es a dir, se li va aplicar una força fictícia en la direcció horitzontal a part de a força de 1000 N que ja hi havia i es va calcular el desplaçament en aquella direcció. Un cop resolt, aquesta força va ser igualada a 0 i d'aquesta manera es va trobar el desplaçament.

$$W = \int \frac{M^2}{2 \cdot E \cdot I} + \frac{T^2}{2 \cdot G \cdot A} + \frac{N^2}{2 \cdot E \cdot A}$$

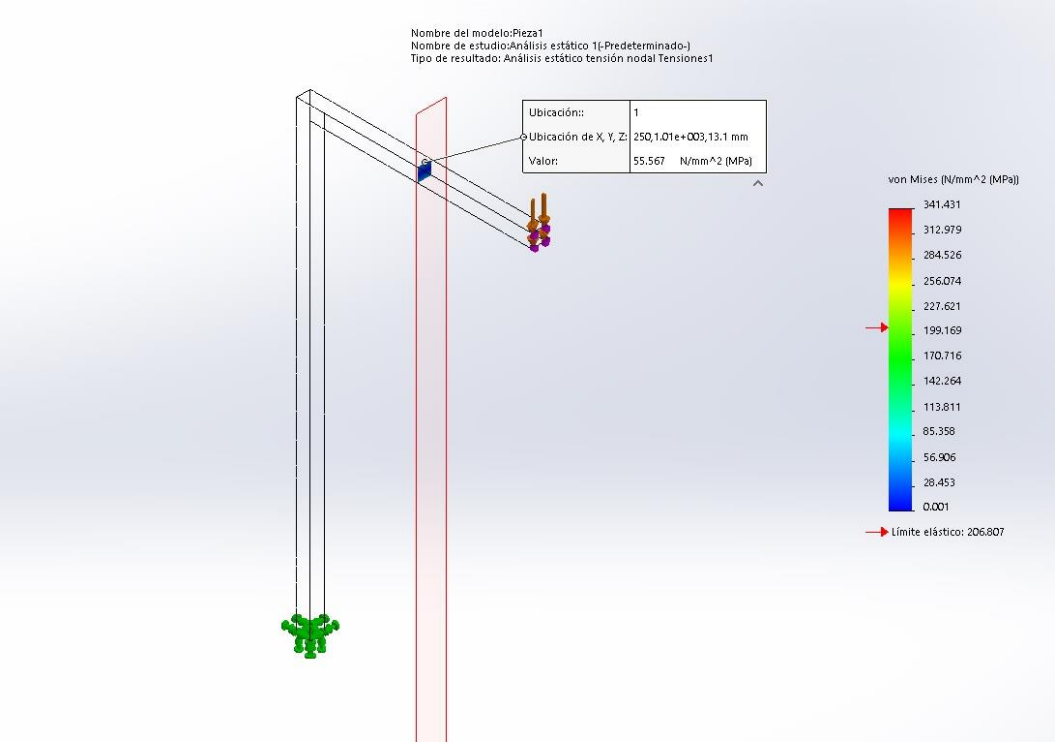
$$\delta = \frac{\partial W_{TOTAL}}{\partial F}$$

Els resultats finals dels desplaçaments van ser, pel desplaçament vertical **22,76 mm** i pel horitzontal **19,49 mm**.

13.1.2. Anàlisi amb el programari

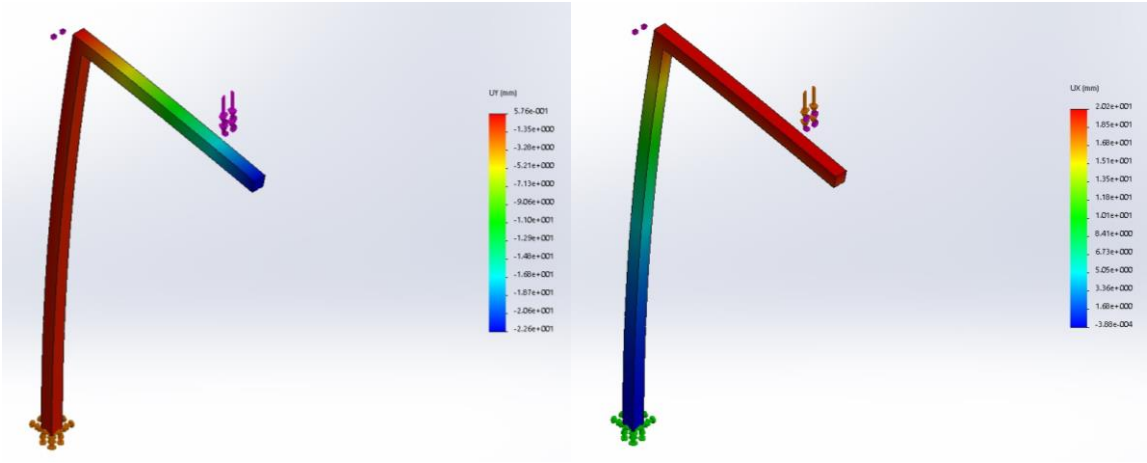
L'anàlisi amb el software va ser més ràpid. Es va fer un disseny i posteriorment es va passar al seu càlcul aplicant-li les condicions de contorn que ja s'han explicat anteriorment.

Els resultats obtinguts van ser els següents. Per les tensions equivalents de Von Mises en la secció triada (Il·lustració 16) van ser de **55,57 MPa**



Il·lustració 16. Diagrama de la tensió de Von Mises en la secció seleccionada.

Els desplaçaments verticals i horitzontals (Il·lustració 17) trobats amb el programari van ser de **22,60 mm** i **19,50 mm** respectivament.



Il·lustració 17. Diagrames de desplaçament vertical i horitzontal.

13.1.3. Comparació de mètodes

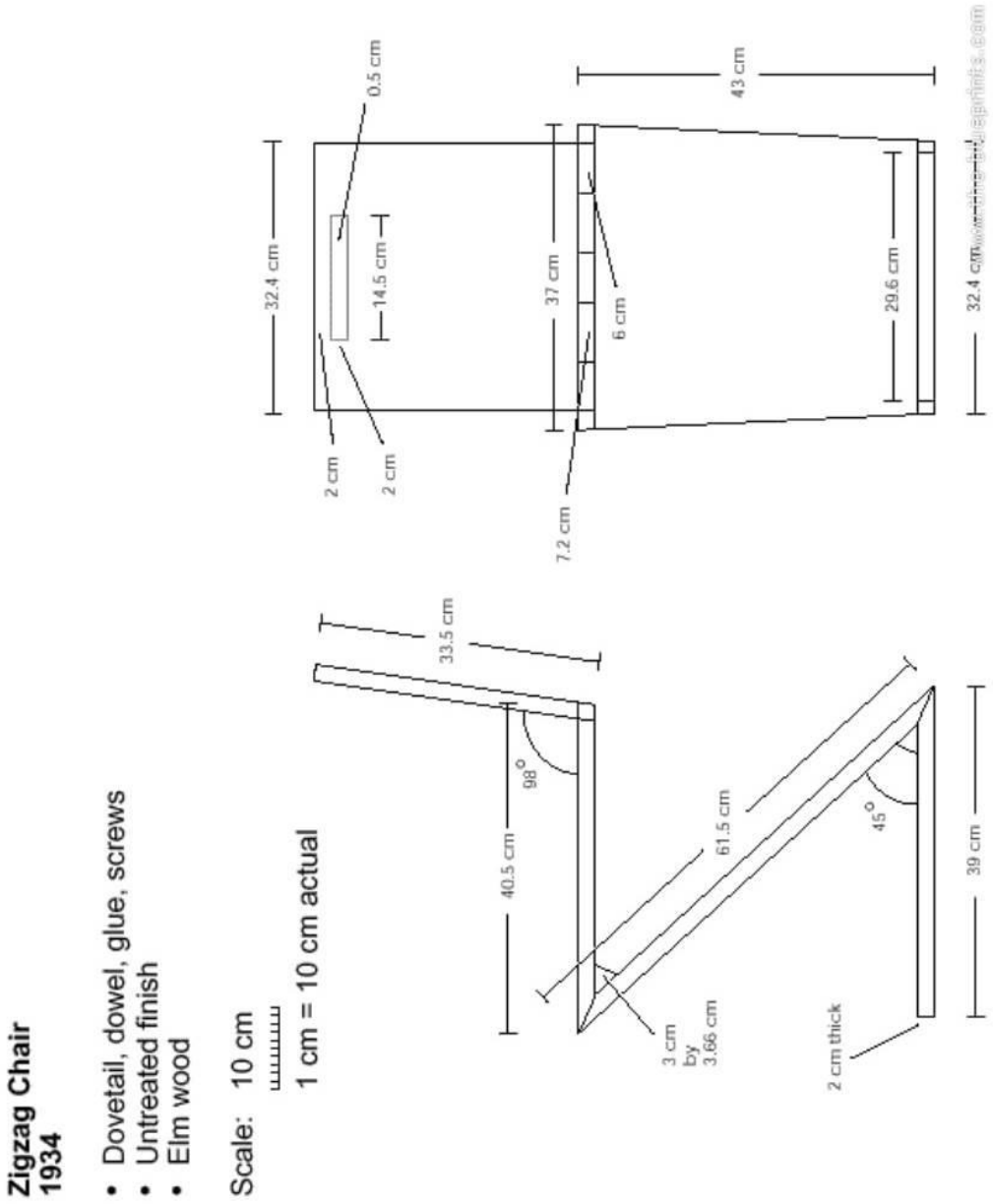
Finalment com ja s'havia anunciat, es va passar a fer una comparació dels resultats emprant els dos mètodes, manualment i amb programari. Així doncs, els resultats van ser els següents (Taula 1818).

	Manualment	Software	Error
Tensió equivalent de Von Mises (MPa)	55,55	55,57	0,04%
Desplaçament vertical (mm)	22,76	22.60	0,70%
Desplaçament horitzontal (mm)	19,49	19,50	0,05%

Taula 18. Comparativa entre els resultats extrets manualment i amb el software.

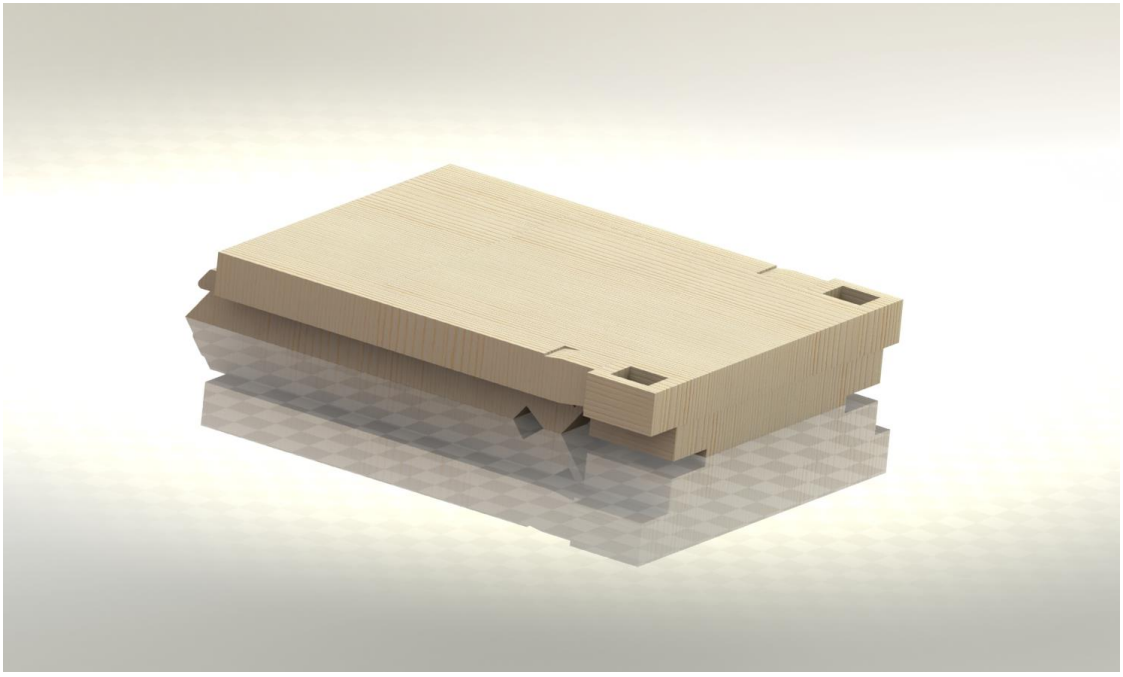
Amb els resultats trobats (errors més petits al 1%) es va poder concloure que les solucions proporcionades pel programari eren correctes i que per tant, es podien extrapolar aquestes conclusions al problema de la cadira.

13.2. Planells de la cadira ZigZag original



13.3. Imatges complementaries del disseny final

Il·lustració 18. Renderització de la cadira utilitzant un maniquí humà assegut.



Il·lustració 19. Renderització de la cadira desmuntada.