

Treball final de grau

Estudi: Grau en Tecnologies Industrials

Títol: Disseny i prototipatge d'un suport de trompa per instrumentistes infantils

Document: Memòria i Annexos

Alumne: MÍRIAM TRIAS CAÑIZARES

Tutor: MARIA LUISA GARCIA-ROMEU

Departament: EMCI

Àrea: EPF

Convocatòria (mes/any): SETEMBRE 2019

Índex

Índex	i
1. INTRODUCCIÓ.....	1
1.1. Antecedents.....	1
1.1.1 Motivació.....	2
1.2. Objecte.....	4
1.3. Abast i especificacions	4
1.3.1. Abast.....	4
1.3.2. Especificacions del client	4
1.3.3. Restriccions del client	4
2. DISSENY CONCEPTUAL	5
2.1. La trompa.....	5
2.2. Benchmarking	6
2.3. Anàlisi funcional.....	8
2.4. Especificacions generals.....	9
2.4.1. Requeriments funcionals.....	10
2.4.2. Especificacions de disseny	10
3. MÈTODE DE DISSENY, SELECCIÓ I AVALUACIÓ DE LES ALTERNATIVES	11
3.1. Fase 0. Selecció inicial d'alternatives.....	12
3.1.1. Conceptes sorgits de la matriu morfològica i subdivisió del concepte en elements bàsics	12
3.1.2. Conceptes triats en l'avaluació de viabilitat	14
3.2. Fase 1. Elements prototipats	14
3.2.1. Primera etapa. Avaluació qualitativa de primer grau.....	15
3.2.2. Primera etapa. Avaluació qualitativa de segon grau	15
3.2.3. Segona etapa. Avaluació continuada i concepte final prototipat.....	16
3.3. Fase 2. Elements comercials	19
3.4. Esquema final del procés	20
4. DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ	21
4.1. Cas específic.....	21
4.2. Descripció general de la solució.....	21
4.2.1. Conjunt subjecte final.....	21
4.2.2. Conjunt unió final	22
4.2.2. Conjunt base final.....	22
4.3. Peces del prototip.....	23
4.3.1. Peça 1. Part mòbil (CS).....	24

4.3.2.	Peça 2. Part fixe (CS)	24
4.3.3.	Peça 3. Molles (CS).....	24
4.3.4.	Peça 4. Part flexible (CS)	25
4.3.5.	Peça 5. Trípod comercial (CU) i (CB)	26
4.4.	Funcionament de la solució	27
4.5.	Muntatge del prototip	29
4.6.	Avaluació final del prototip	31
5.	RESUM DEL PRESSUPOST	33
6.	CONCLUSIONS	35
6.1.	Objecte i abast	35
6.2.	Metodologia i tecnologies utilitzades	35
6.3.	Línies futures	36
7.	RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	37
8.	BIBLIOGRAFIA	37
	ANNEX A: Justificacions de les especificacions generals	39
	Patologies i bona postura	39
	Característiques dels alumnes i l'espai	40
	Característiques de les trompes	40
	ANNEX B: Mètode de disseny. FASE 0	41
	Matriu morfològica	41
	Subdivisió dels conceptes en elements bàsics.....	43
	Alternatives.....	43
	Avaluació.....	45
	ANNEX C: Mètode de disseny. FASE 1.	47
	Primera etapa	47
	Avaluació qualitativa de primer grau	47
	Avaluació qualitativa de segon grau	48
	Segona etapa	49
	Procés segona etapa de selecció	49
	Resultats de l'avaluació continuada (Diari d'impressions)	50
	ANNEX D: Mètode de disseny. FASE 2	55
	ANNEX E: Càlcul experimental del Centre de Gravetat (CDG) de la trompa estudi.....	61
	Objectiu	61
	Hipòtesi de l'estudi	61
	Metodologia	61
	Resultats	62

ANNEX F: Càlcul Diagrama de Cos Lliure (DCL) de la trompa	65
Objectiu	65
Hipòtesi de l'estudi	65
Dades	65
Metodologia	66
Resultats	67
ANNEX G: Càlcul del Diagrama de cos Lliure de conjunt subjecte (CS) i de la molla	69
Objectiu	69
Hipòtesi de l'estudi	69
Dades	69
Metodologia	69
Resultats	72
ANNEX H: Disseny de la molla	75
Objectiu	75
Dades	75
Metodologia	76
Resultats	77
ANNEX I: Entrevistes amb els experts	81

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

La música és definida com el llenguatge universal per molts experts i aquesta esdevé un element cultural bàsic en qualsevol època de la història i regió del món. Ens ajuda a expressar i canalitzar tota mena d'emocions sense paraules. A més a més diversos estudis confirmen els beneficis que obtenim amb el seu estudi i pràctica, com ara millores en les nostres habilitats intel·lectuals, creatives i emocionals.

Conscients d'aquests beneficis molts pares converteixen la música en una part indispensable de l'educació dels seus fills, la majoria dels quals iniciaran els estudis musicals durant la primària com a activitat extraescolar en escoles especialitzades. Allà aprendran la teoria musical i la tècnica necessària per poder tocar un instrument musical, normalment escollit per criteri del propi infant. De vegades, l'instrument escollit no s'adequa a la condició física de l'infant que encara està en fase de creixement. Per aquest motiu algunes cases de construcció d'instruments musicals venen versions adaptades per a nens com ara violins fraccionats o fagotinos (en el cas dels fagots). Aquestes adaptacions juniors ajuden als estudiants a començar el seu aprenentatge sense que les condicions físiques dels instruments siguin un impediment. En el cas de la trompa (*french horn* en anglès), tot i existir models educatius, les seves dimensions i el seu pes restringeixen i alentesquen l'aprenentatge de l'alumne generant mals hàbits en la postura per compensar el pes de l'instrument. Això provoca també frustracions als infants originats pel fet de no poder aconseguir els objectius proposats pel professor i no poder gaudir mentre fan música, convertint-se en la principal causa d'abandonament de l'instrument.

Si els nens no poden aconseguir una bona postura basada en la tècnica Alexander¹ com podem observar a la Figura 1. Les males postures poden derivar en futures lesions físiques no desitjades. Gran part de les patologies físico-corporals que tenen els alumnes es troben a les extremitats superior, cervical i dorsal.

En David Canet, mestre de trompa del Conservatori de música Isaac Albéniz de Girona, ha notat aquest tipus de males postures i lesions en els seus alumnes, per la qual cosa va proposar un projecte per al disseny d'un suport de trompa per a estudiants de primària d'entre 7 i 12 anys.

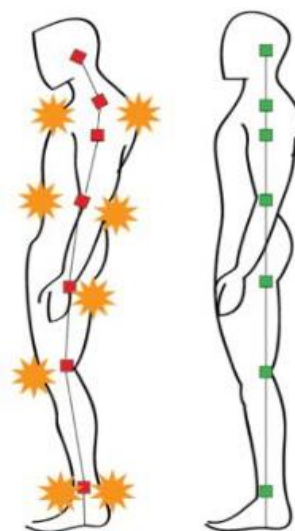


Figura 1: Exemple del concepte bona postura segons la tècnica Alexander.

¹ La tècnica Alexander és un mètode educatiu que té com objectiu precisament evitar les patologies derivades a les males postures. Consisteix, a grans trets, en aconseguir tocar amb l'esquena recta, els peus separats a l'altura de les espatlles i el cap, les espatlles i el coll relaxats mirant endavant. D'aquesta manera permetem que l'aire surti relaxadament sense impediments i amb una bona continuïtat des dels pulmons.

1.1.1 Motivació

A continuació es presenta en la Taula 1 les principals problemàtiques que identifica el professor David Canet i l'expert en pedagogia musical Jordi Albert en els alumnes del conservatori Isaac Albéniz de Girona. En la Figura 2 es pot veure les fotos d'alguns dels alumnes de trompa durant les seves classes d'instrument.

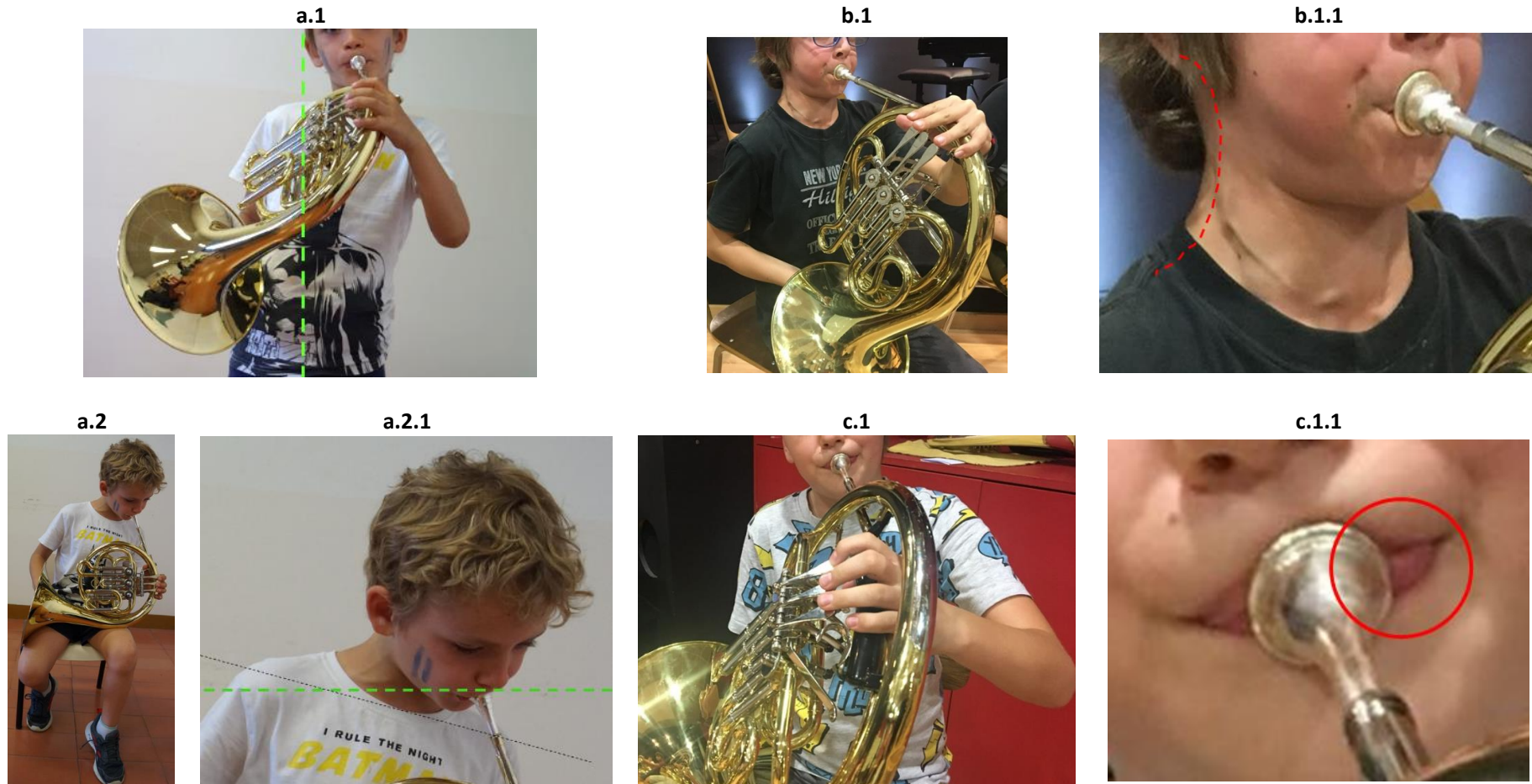


Figura 2: (a) Foto alumne A. (b) Foto alumne B. (c) Foto alumne C.

Taula 1: Descripció de les imatges sobre les patologies que pot patir l'alumne de trompa incloses en la Figura 2.

Fotos dels alumnes	Descripció posició incorrecte	Possibles lesions futures ²
Figura 2: (a.1)	En aquesta imatge es veu l'alumne tocant la trompa dret. Es pot observar ràpidament que l'alumne no està recte i que desvia part del cos cap a la dreta inconscientment. La causa d'aquesta desviació és que l'infant vol compensar el pes de l'instrument. Això fa que també el cap el tingui inclinat cap a l'esquerre per tant la posició dels llavis no és la correcta.	Tensió muscular en les extremitats superiors acompanyat de dolor. Pot derivar en tendinitis.
Figura 2: (a.2) i (a.2.1)	Ara es pot veure l'alumne A assegut en una cadira. La trompa està recolzada sobre les cames de forma paral·lela al tòrax de l'infant. El nen vol evitar aixecar la trompa per no aguantar el pes i a conseqüència l'esquena està corbada, les espatlles tortes i el cap en direcció al terra. Tot aquest conjunt de males postures fa que la columna d'aire que porta a l'instrument quan bufa per fer sonar l'instrument sigui dèbil i en alguns casos insuficient per fer sonar l'instrument..	Tensió muscular en la zona dorsal acompanyat de dolor.
Figura 2: (b.1) i (b.1.1)	L'alumne B es troba assegut de la mateixa manera que l'alumne A però en aquest cas la trompa és perpendicular al tòrax del infant. La posició de la seva mà dreta és forçada i fa que les espatlles estiguin tensada. A més a més en la imatge <i>b.1.1</i> es pot veure com la zona cervical està tensa, ja que per arribar a la broqueta de l'instrument la mandíbula inferior s'avança cap endavant.	Tensió muscular en la zona cervical acompanyat de dolor. Pot derivar en pinçaments cervicals i altres complicacions-
Figura 2: (c.1) i (c.1.1)	En aquest cas l'alumne C també es troba assegut i en termes generals es poden veure problemes semblants als altres alumnes com per exemple les espatlles no alineades, cos tort...Però l'aspecte important d'aquesta foto es observar en la imatge <i>c.1.1</i> l'embocadura incorrecte adquirida per la mala posició del seu cos. Els llavis estan torts i per tant els músculs no treballen per igual. Una bona embocadura es caracteritza per veure el broquet centrat en el llavis inferiors i superiors, i que les zones de llavi vistes des de l'exterior siguin proporcionalment igual entre elles. D'aquesta manera ens assegurem que tots els músculs treballin per igual i que la conducció de l'aire cap a l'instrument es l'adequada.	Distensió muscular o ruptura fibril·lar dels músculs dels llavis ³ .

² S'identifiquen les patologies més clares en cada situació, tot i que podrien englobar d'altres derivades a les ja explicades. Aquestes patologies es generen per les constants postures forçades durant els anys.

³ Aquestes patologies són les més greus pels músics de vent-metall, ja que deshabiliten per complert el músic fins al punt de no poder tocar mai més el seu instrument. És molt important evitar-les i prevenir-les amb una bona postura de treball juntament amb diferents exercicis d'estiraments dels músculs de la zona.

1.2. Objecte

L'objecte d'aquest projecte és el disseny d'un dispositiu o suport per trompes junior perquè els alumnes puguin concentrar-se en adoptar una bona postura a l'hora de tocar, tot seguint la tècnica postural Alexander.

1.3. Abast i especificacions

1.3.1. Abast

Aquest treball inclou el disseny i prototipat d'un suport per a trompes junior enfocat per a infants d'entre 7 a 12 anys.

Per realitzar-ho s'utilitzarà una metodologia de disseny basada en el llibre de disseny de Dieter [3] amb certes modificacions per a que el client estigui molt més implicat en el procés de creació del producte final. Aquesta implicació es veurà reflectida en les entrevistes i avaluacions que es realitzaran juntament amb el client.

A més a més s'utilitzaran diferents tecnologies de fabricació additiva que ens permetran reduir el temps de disseny i millorar el temps de resposta als canvis proposats pel client i als possibles errors de disseny.

1.3.2. Especificacions del client

El suport a dissenyar serà pensat des del punt de vista didàctic, és a dir que serà enfocat per a estudiants de música de grau elemental i mitjà (infants de 7-12 anys). El suport ha de poder aguantar el pes de l'instrument quan l'alumne toca dret i idealment també quan toca assegut, d'aquesta manera assegurem la comoditat en l'estudi i evitem males postures que poden comportar lesions a l'infant que es troba en fase de creixement.

Aquest producte ha d'estar disponible a casa del propi estudiant i a l'aula del professor de tal manera que el professor pugui utilitzar el suport per a tots els seus alumnes i les seves diferents trompes.

1.3.3. Restriccions del client

Zones de l'instrument musical on és viable fer subjeccions sense comprometre la comoditat de l'usuari en la seva utilització. En la Figura 3 podem veure que les zones marcades amb una creueta vermella no són viables per la subjecció i en canvi els tics verds sí.

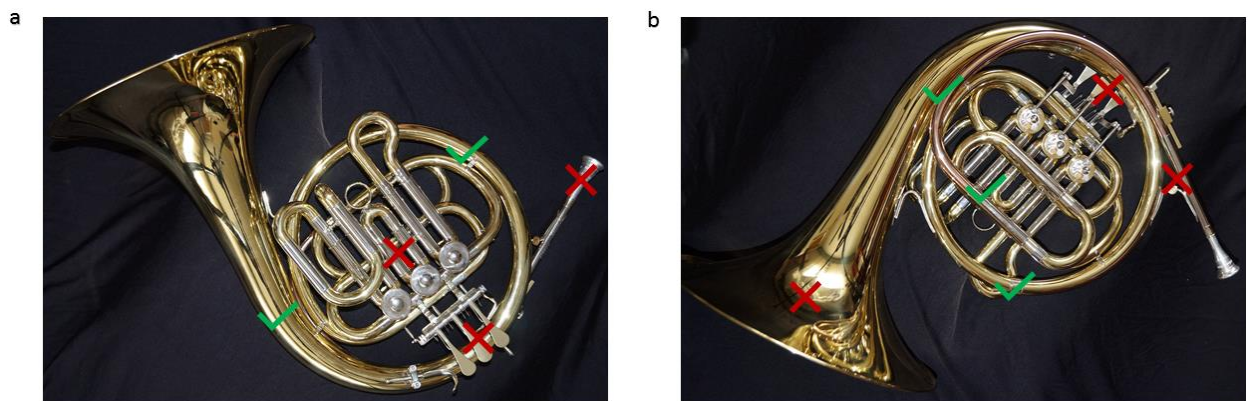


Figura 3: (a) zona anterior de la trompa, (b) zona posterior de la trompa.

El client comenta que hi ha zones on hi ha més densitat de material per tant seran zones amb més viabilitat per fer subjeccions, ja que seran més resistents. Una d'aquestes zones es troba en la part posterior de la trompa on hi ha diversos tubs cilíndrics de la trompa. També ens comenta que l'aparició de bonys a la trompa és habitual en el pavelló i els tubs cònics de major diàmetre, per tant cal que evitem fer subjeccions en aquestes zones.

2. DISSENY CONCEPTUAL

2.1. La trompa

La trompa és un descendent directe de les trompes i banyes de caça, utilitzats a França al segle XVII. Va patir diverses modificacions fins a arribar a convertir-se, a principis del segle XIX, en l'instrument actual. El tub, construït de coure, té una longitud aproximada de 4,5 metres enrotllat sobre si mateix.

Igual que els altres instruments de la família, acaba en un pavelló encara que en aquest cas és proporcionalment més gran. A l'altre extrem hi ha l'embocadura de forma cònica.

Al centre de l'instrument es troben les claus o vàlvules que permeten aconseguir els diferents tons o notes.

Encara que en l'orquestra la més utilitzada és la trompa en Fa, també hi ha altres trompes en Mi bemoll i en Si bemoll. Hem de tenir en compte que existeixen dos tipus de trompa, les simples, i les dobles. La diferència es troba en les voltes que fa el tub abans de sortir cap a la campana. En les simples només fa una volta de recorregut i en les dobles en fa dos.



Figura 4: A l'esquerre la trompa simple i a la dreta la trompa doble

A continuació la Taula 2 mostra els diferents tipus de trompa i les seves dimensions.⁴

Taula 2: Dimensions de les trompes més comuns en Europa.



	Marques comercials	Tipus	Ø cos (mm)	Ø pavelló (mm)	Longitud tub (m)	Pes (Kg)
Trompa adults	Alexander Yamaha Hoyer Holton	Generalment dobles (Sib/Fa)	≈(280-300)	Normalment ≈(300-310)	5,37-> Fa 3,97-> Sib	≈(2,3-2,6)
Trompa infants	Holton J.Michael Thomann	Generalment simples (Sib)	≈(280-300)	Normalment ≈280	3,5	≈(2,6-3,5)




⁴ Aquestes dimensions són generals, ja que varien entre les diferents cases de construcció d'instruments i països.

2.2. Benchmarking

En aquest apartat veurem l'estudi de mercat, és a dir una recerca de productes que tenen com objectiu subjectar instruments musicals semblants a la trompa: A la Taula 3 trobem un resum d'aquest estudi.

Taula 3: Benchmarking de suport per a instruments musicals.

Producte	Foto	Descripció	Posició d'utilització	Funció principal	Limitacions
<p>Ergobrass TROMPA http://www.ergobrass.com/ https://www.youtube.com/watch?v=KEPBsJtHNYc</p>		<p>Dissenyat per a trompa consisteix en una xapa d'acer inoxidable amb diversos forats que es subjecta a la part interior de la trompa amb unes brides Per protegir el material de la trompa a la zona de subjecció hi ha mig tub de plàstic. Disposa d'un peu que s'introdueix en un dels forats de la xapa, on el músic cregui convenient, per equilibrar l'instrument.</p> <p>A la part de dalt té una molla per permetre pivotar la trompa.</p> <p>El peu es posa sobre la cadira on es toca, sobre la cama o existeix un adaptador per portar-lo al cinturó en cas de tocar dret.</p>	<p>Dempeus i asseguts.</p>	<p>Reduir el pes de l'instrument i permetre l'ampli moviment del músic.</p>	<p>-El músic ha d'adreçar-se al broquet de la banya girant la seva cara i perdent la posició correcta del coll.</p> <p>-El suport no pot sostenir tot el pes de l'instrument per si mateix.</p> <p>-És per a músics professionals.</p>
<p>Hercules Horn Stand http://herculesstands.com/international/</p>		<p>Dissenyat per a trompa consisteix en una estructura d'alumini de tres peus amb dos braços per poder subjectar la trompa.</p> <p>El músic l'utilitza per deixar-hi la trompa en moments de no interpretació durant assaigs i concerts, també en el estudi a casa per evitar guardar-la en la funda.</p>	<p>Cap.</p>	<p>Donar suport a l'instrument sense la capacitat de tocar al mateix temps.</p>	<p>-El músic no pot tocar l'instrument quan utilitza l'estand..</p>

<p>Ergobone TROMBONE http://www.ergobrass.com/</p>		<p>Dissenyat per a trombó l'ergobone conté el mateix sistema de funcionament que el ergobrass però amb la única diferència que la subjecció a l'instrument es realitza amb una abraçadera.</p>	<p>Dempeus i asseguts.</p>	<p>Reduir el pes de l'instrument i permetre l'ampli moviment del músic.</p>	<p>-És el suport d'un trombó. -Mateixes característiques que ergobrass.</p>
<p>K&M 14941 Baritone Stand https://www.km.de/en</p>		<p>Dissenyat per a saxofon baríton consisteix en dos barres verticals recolzades a terra a través de dos peus cadascuna d'elles i unides entre si amb una barra horitzontal. En aquest suport trobem tres punts on serà recolzat l'instrument (extrems barres verticals i centre de l'horitzontal). L'estructura està feta amb alumini(barres), plàstic recolzament) i goma (punta del peus).</p>	<p>Cap.</p>	<p>Subjecta instruments de gran pes com la tuba o el saxo baríton sense la capacitat de tocar al mateix temps.</p>	<p>-Ocupa un gran volum d'espai i es difícil de transportar. -El músic no pot tocar l'instrument quan utilitza l'estand.</p>
<p>Soporte - Stand para fagot con regulación en altura y balanceo ZASMUSIC https://www.zasmusic.com/</p>		<p>Dissenyat per a fagot consisteix en una barra vertical de 5 peus adjuntada a una altre barra més curta amb dos recolzament per deixar el fagot. Aquesta barra curta conté un mecanisme per permetre la rotació i fixar la posició amb una mena de pinces. Està realitzada amb barres d'alumini i peces de plàstic mecanitzades.</p>	<p>Dret.</p>	<p>Subjecta l'instrument sense l'ajuda del músic i permet adaptar el conjunt suport/fagot per poder tocar de manera còmode.</p>	<p>-És un suport de fagot. -No permet tocar lliurement.</p>

2.3. Anàlisi funcional

En aquest apartat desglossem les funcions que haurà de realitzar el producte final. La Figura 5 mostra aquest desglossament i a més a més en color vermell les funcions que no s'inclouran com a especificacions i per tant no formaran part de l'abast del projecte tot i que són especificacions a tenir en compte en futurs desenvolupaments .

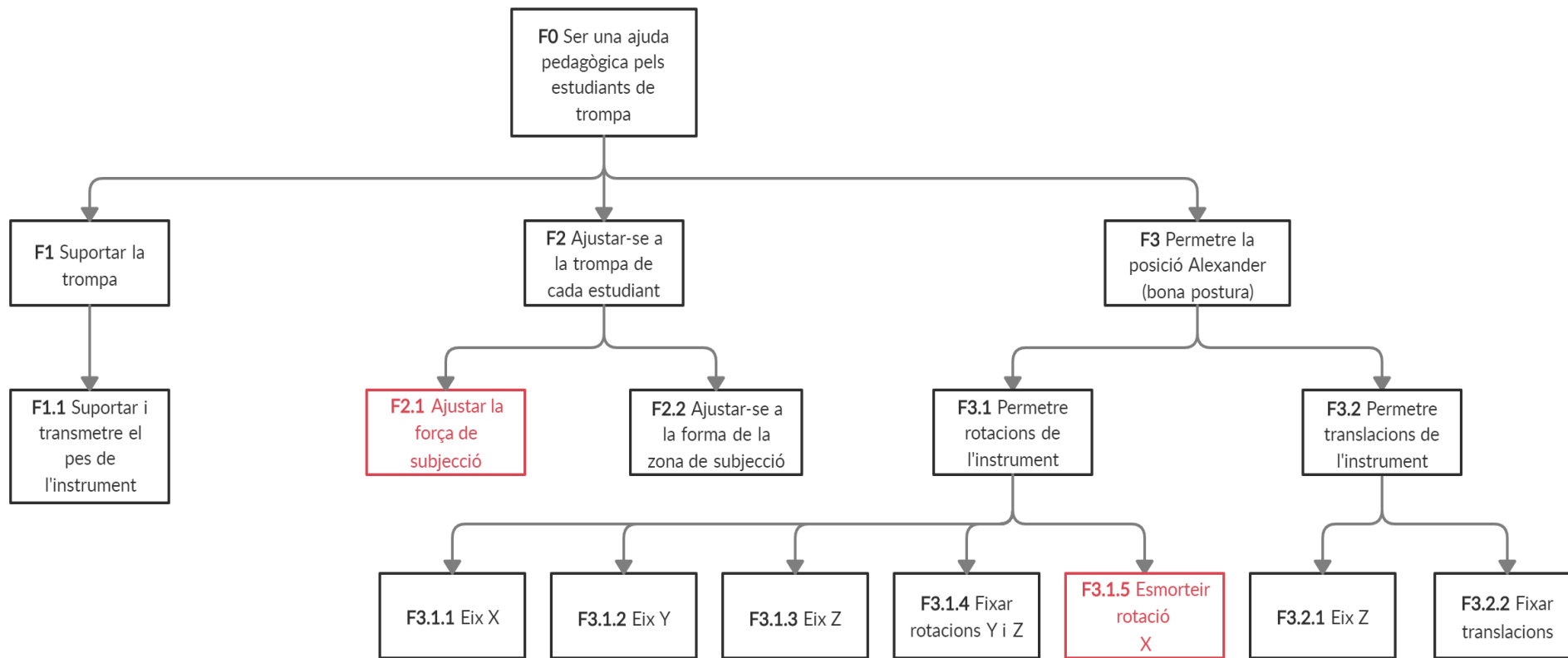


Figura 5: Anàlisi funcional del producte. En color vermell les funcions que no entren dins l'abast d'aquest projecte

2.4. Especificacions generals

En la Taula 4 es troben les especificacions generals descrites que haurà de seguir el nostre disseny. Aquestes especificacions han sorgit de l'apartat 2.3. *Anàlisi funcional* i de les trobades amb el client. En l'ANNEX A: *Justificacions de les especificacions generals* es trobarà més informació sobre les descripcions.

Taula 4: Especificacions generals

	Tema	R/D	Validat	Descripció qualitativa	Descripció quantitativa
Funció	Permetre a l'alumne tocar de forma còmode i correcte l'instrument evitant així futures patologies en els infants (base tècnica Alexander). Ser una ajuda pedagògica.	R	Si	Que permeti una posició de la cara relaxada mantenint el coll recte i mirant endavant. Amb l'esquena recta, els peus a l'altura de les espatlles i les espatlles relaxades. (Veure ANNEX A → <i>Patologies i bona postura</i>)	-
Càrrega	Suportar la trompa.	R	Si	(Veure ANNEX A → <i>Característiques de les trompes</i>)	Pes de la trompa \approx (2,3-2,6) Kg
	Ajustar la força de subjecció	R	Si	La part del suport que realitzi les subjeccions ha de permetre variar la seva força de subjecció per adequar-la a cada tipus de trompa.	-
	Evitar danys en el metall de la trompa.	R	Si	Que no el ralli ni li provoqui desperfectes. -Bonys. -Rallades del recobriment.	Llautó (Veure ANNEX A → <i>Característiques de les trompes</i>)
Moviments	Rotar la trompa respecte l'eix X,Y i Z.	R	Si	Poder girar la trompa per poder aconseguir la posició adequada per cada infant. (Veure ANNEX A → <i>Patologies i bona postura</i>)	Rotació x:(0,45) ^o Rotació Y:(0,30) ^o Rotació Z: (0,360) ^o
	Fixar i esmorteir les rotacions de l'instrument.	R	Si	Les rotacions Z i Y s'han de poder fixar en qualsevol posició que pugui permetre el moviment del suport. A més a més la rotació X ha de ser lliure amb un grau d'esmoreïment.	-
	Ser regulable en alçada.	R	Si	Poder ajustar l'altura de la trompa a cada infant que utilitzi el suport. (Veure ANNEX A → <i>Característiques dels alumnes i l'espai</i>)	Permetre la translació en z de la broqueta de l'alumne (7-12 anys): (100-150) cm
Espai	Que la estructura/dimensions del suport no molesti al músic ni li impedeixi tocar amb comoditat.	R	Si	Que el volum de l'espai utilitzat per el suport no infereixi gaire en el volum generat per l'alumne. (Veure ANNEX A → <i>Característiques dels alumnes i l'espai</i>)	L'evolvent del suport no podrà ocupar més del 60% de l'evolvent generat per l'alumne.
Dimensions	Útil per diferents mides i tipus de trompa (universal).	R	Si	El suport es pugui adaptar a totes les dimensions possibles d'una trompa o almenys a les més demandades.	-
	Que sigui transportable.	D	Si	Que no pesi i sigui fàcil de desmuntar.	Possible pes estimat del suport \approx (1-1,5) Kg
	Comoditat i senzillesa a la hora de variar les dimensions del suport.	D	Si	Que la utilització sigui possible fins i tot per a nens, és a dir de poca complexitat.	-

Les especificacions generals es classifiquen de manera específica en l'apartat 2.4.1. *Requeriments funcionals* i en l'apartat 2.4.2. *Especificacions de disseny*.

2.4.1. Requeriments funcionals

Els requeriments funcionals són aquelles especificacions necessàries perquè el producte sigui viable i correcte pel seu funcionament, i es basen en les funcions desenvolupades en l'apartat 2.3. *Anàlisi funcional*. S'utilitza la codificació extreta de la Figura 5.

Taula 5: Requeriments funcionals

CODI	Funcions	Restricció funcional
F1	Suportar i transmetre càrregues.	$-26N \leq F_z \leq -23N$
F2	Ajustar-se a la trompa de cada estudiant	Trompes Si b
F2.2	Ajustar-se a la forma de la zona de subjecció de la trompa.	-
F3.1.1	Permetre rotacions en l'eix X.	$0^\circ \leq \theta_x \leq 90^\circ$
F3.1.2	Permetre rotacions en l'eix Y.	$-45^\circ \leq \theta_y \leq 0^\circ$
F3.1.3	Permetre rotacions en l'eix Z.	$0^\circ \leq \theta_z \leq 360^\circ$
F3.1.4	Fixar rotacions.	-
F3.2.1	Permetre translacions en l'eix Z	$100 \text{ cm} \leq z \leq 150 \text{ cm}$
F3.2.2	Fixar translacions	-

2.4.2. Especificacions de disseny

Les especificacions de disseny són aquelles que estan relacionades amb el procés de fabricació, el material, l'espai i les necessitats del client.

Taula 6: Especificacions de disseny.

CODI	Descripció	Quantificador
Cs1	El material de la peça en contacte amb la trompa no pot causar danys a la superfície de l'instrument.	Material menys dur que el material de l'instrument, és a dir que el llautó.
Cs2	Màxim pes del producte.	Menys de 1,5Kg
Cs3	Universalitat del suport.	Almenys compatible amb 2 tipus de trompes en Sib (trompes junior)
Cs4	Dimensions del suport no han de ser una molèstia quan el músic toqui.	Espai ocupat pel suport < 60% del volum d'un cercle de radi de 35cm i altura 165 cm

3. MÈTODE DE DISSENY, SELECCIÓ I AVALUACIÓ DE LES ALTERNATIVES

El mètode per excel·lència per arribar a un producte comercial consta de tres etapes, Figura 6:

- Disseny conceptual (*Conceptual Design*): Etapa del procés de disseny on es defineix el problema, s'obté informació per la realització del disseny, hi ha la selecció d'alternatives i la selecció final amb un sol concepte.
- Disseny de materialització (*Embodiment Design*): Etapa on es seleccionen els materials, processos i dimensions de la solució.
- Disseny de detall (*Detail Design*): Etapa on es defineixen els dibuixos detallats i les especificacions del producte final.

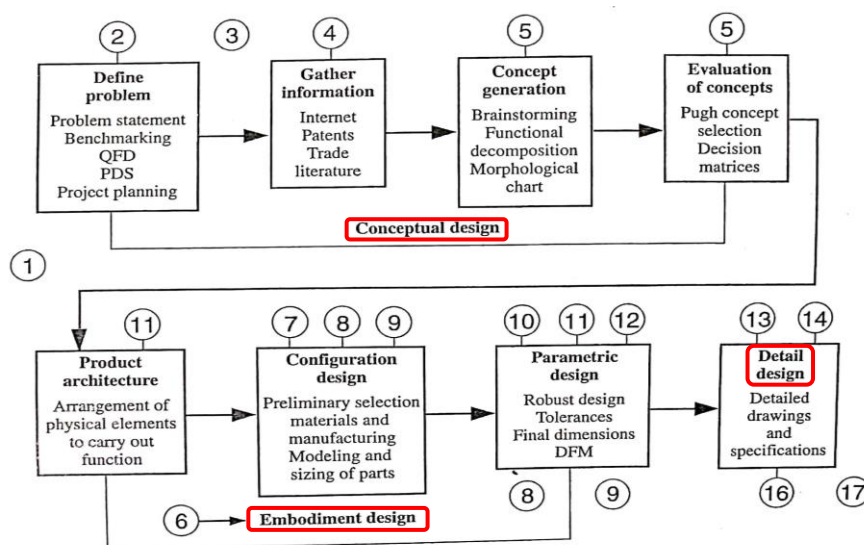


Figura 6: En color vermell les etapes principals de la metodologia de disseny. [3]

La durada de cada una d'aquestes etapes té un efecte directe en el cost implicat en el procés de disseny. Tal i com es pot observar en la Figura 7 el cost implicat per realitzar canvis augmenta amb el transcurs de les etapes de disseny. Això esdevé un problema ja que si no som capaços d'identificar errors o canvis essencials del disseny durant el disseny conceptual i l'inici del disseny de materialització implicarà en una alta inversió econòmica per resoldre el problema.

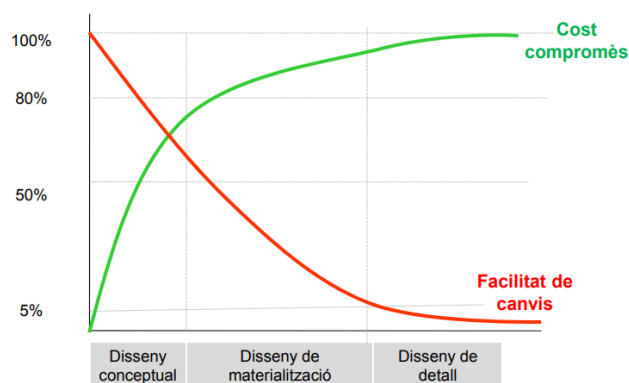


Figura 7: Gràfica que mostra el costos compromesos/la facilitat de canvis en les fases de disseny.

Triar un bon mètode de selecció d'alternatives per les fases inicials del disseny pot significar un estalvi de temps que equival també a un estalvi econòmic i d'energia per arribar al producte final, factors molt importants per l'empresa que desenvolupa el producte. La unió de les dues etapes significarà també que es podran desenvolupar diferents alternatives alhora. D'aquesta manera no s'exclourà tècniques ni possibles solucions favorables que en un inici s'haguessin eliminat perquè no es podien desenvolupar en el mateix moment amb la idea de l'antiga metodologia. A més a més es vol que el client tingui una alta participació durant el disseny, ja que d'aquesta es detectaran i es solucionaran de manera més eficaç possibles errors. Per aquest motiu aquest apartat esdevé un punt clau del treball.

Per això s'utilitzarà un mètode basat en la metodologia mostrada en el llibre de Dieter [3] que combini l'etapa de disseny conceptual i el disseny de materialització juntament amb l'ajuda del prototipatge ràpid i avaluacions amb el client. D'aquesta manera el temps de facilitat de canvis serà més llarg i a conseqüència el cost serà més petit. Es dividirà en tres fase importants (Fase0, Fase1 i Fase2) que es descriuen en el següents apartats. La unió dels resultats de la Fase 1 i la Fase 2 ens portarà a la solució final descrita en l'apartat 4.2 *Descripció general de la solució*. L'esquema del mètode resultant del procés es pot observar en la Figura 15 de l'apartat 3.4 *Esquema final del procés*.

3.1. Fase 0. Selecció inicial d'alternatives

La fase 0 de la metodologia té com a objectiu obtenir diversos conceptes o alternatives viables com a solució per poder desenvolupar-los en les següents etapes i formaria part del disseny conceptual. Aquests conceptes sorgeixen de la generacions d'alternatives a partir d'una matriu morfològica i posteriorment d'una avaluació de viabilitat per part del grup d'enginyers. En els apartats 3.1.1 *Conceptes sorgits de la matriu morfològica* i 3.1.2 *Conceptes triats en l'avaluació de viabilitat* apareixen els resultats de la fase 0.

El desenvolupament complet de la fase 0 es troba en l'ANNEX B: *Mètode de disseny. FASE 0*

3.1.1. Conceptes sorgits de la matriu morfològica i subdivisió del concepte en elements bàsics

Després de construir la matriu morfològica podem extreure possibles solucions combinant les diferents caselles de la matriu. Cada casella correspon a una solució física per una determinada funció o requeriment. D'aquesta combinació en sorgeix 4 conceptes, tal i com es mostra de Figura 8 a la Figura 11 on es pot veure la selecció en diferents colors de les caselles per als diferents conceptes i el resultat de la combinació a la dreta de la matriu. La matriu morfològica i les descripcions de les solucions es poden veure ampliades en l'apartat *Matriu morfològica i Alternatives* de l'ANNEX B: *Mètode de disseny. FASE 0*.

Funció/ restricció	Solució física A	Solució física B	Solució física C	Solució física D	Solució física E
F1	Base amb cinc peus	Tripode càmera	Support de paret de TV	Suport cadenes	
F2	Piça multi-tub	Cap pal seije	Vetes adherent	Brides	Peça de tela
F3.1	Ròtula de bola	Articulació 3D	Cadenes		
F3.2	Pal prismàtic base	Tanca bloqueig columna central	Cremallera	Pistó	Poliija
Cs.1	Goma	PLA/ABS	Fibra de carboni	Resina elàstica	Resina plàstica

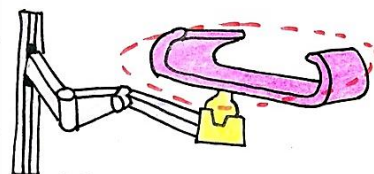


Figura 8: Concepte1 amb CODI: F1C, F2B, F 3.1A, Cs1A

Funció/restricció	Solució física A	Solució física B	Solució física C	Solució física D	Solució física E
F1	Base amb cinc peus	Tripode càmera	Suport de paret de TV	Suport cadenes	
F2	Pinça multi-tub	Cap pal selfie	Vetes adherent	Brides	Peça de tela
F3.1	Ròtula de bola	Articulació 3D	Cadenes		
F3.2	Pal prismàtic base	Tanca bloqueig columna central	Cremallera	Pistó	Politja
Cs.1.	Goma	PLA/ABS	Fibra de carboni	Resina elàstica	Resina plàstica

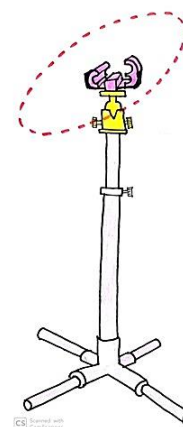


Figura 9: Concepte2 amb CODI: F1A, F2B, F3.1A, F3.2A, Cs1D

Funció/restricció	Solució física A	Solució física B	Solució física C	Solució física D	Solució física E
F1	Base amb cinc peus	Tripode càmera	Suport de paret de TV	Suport cadenes	
F2	Pinça multi-tub	Cap pal selfie	Vetes adherent	Brides	Peça de tela
F3.1	Ròtula de bola	Articulació 3D	Cadenes		
F3.2	Pal prismàtic base	Tanca bloqueig columna central	Cremallera	Pistó	Politja
Cs.1.	Goma	PLA/ABS	Fibra de carboni	Resina elàstica	Resina plàstica

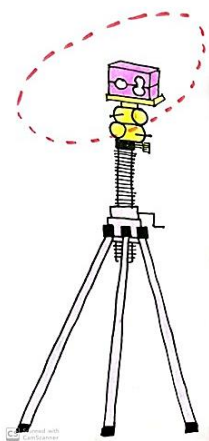


Figura 10: Concepte3 amb CODI: F1B, F2A, F3.1B, F3.2C, Cs1B

Funció/restricció	Solució física A	Solució física B	Solució física C	Solució física D	Solució física E
F1	Base amb cinc peus	Tripode càmera	Suport de paret de TV	Suport cadenes	
F2	Pinça multi-tub	Cap pal selfie	Vetes adherent	Brides	Peça de tela
F3.1	Ròtula de bola	Articulació 3D	Cadenes		
F3.2	Pal prismàtic base	Tanca bloqueig columna central	Cremallera	Pistó	Politja
Cs.1.	Goma	PLA/ABS	Fibra de carboni	Resina elàstica	Resina plàstica

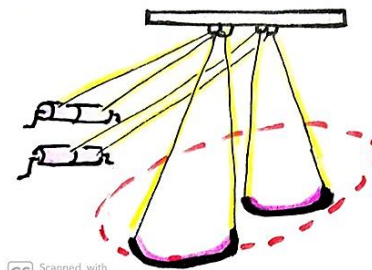


Figura 11: Concepte4 amb CODI: F1D, F2E, F3.1C i F3.2E

Un cop estan definides les diferents alternatives o concepte a continuació es subdivideixen en tres elements bàsics tal i com s'observa en la Figura 12.

- **CONJUNT SUBJECTE (CS):** conjunt de peces que estaran en contacte amb l'instrument, l'àrea de subjecció.
- **CONJUNT UNIÓ (CU):** conjunt de peces que formen part de la zona d'unió entre el conjunt de la base i el conjunt contacte.
- **CONJUNT BASE (CB):** conjunt de peces que es posaran en contacte amb l'entorn exterior com el terra, la paret o el cos del músic.

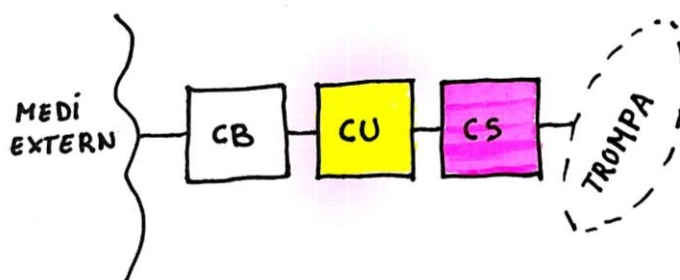


Figura 12: Esquema del elements bàsics de les diferents alternatives. En rosa el conjunt subjecte, en groc el conjunt unió i en blanc el conjunt base.

És important aquesta subdivisió, ja que fraccionem el problema inicial en subproblemes i fem que les diverses solucions siguin modulars i menys complexes de tractar. De la Figura 8 fins la Figura 11 es pot veure que els croquis de les possibles solucions estan pintats fent referència a aquesta subdivisió. En color rosa el CS, en color groc CU i en color blanc CB. Més informació de la subdivisió en l'apartat *Subdivisió dels conceptes en elements bàsics* de l'ANNEX B: *Mètode de disseny. FASE 0*.

3.1.2. Conceptes triats en l'avaluació de viabilitat

Finalment els conceptes sorgits passen per una avaluació de viabilitat de caire qualitatiu com mostra l'apartat *Avaluació* de l'ANNEX B: *Mètode de disseny. FASE 0*. Com a resultat queden el Concepte2 i el Concepte3 com es pot veure en la Taula 7 i que seran les solucions que passaran a les fases següents per seleccionar el prototip final.

Taula 7: Avaluació de factibilitat dels conceptes.

CODI	Viabilitat	Raons
Concepte1	No és factible	Gran volum, no transportable i es necessita una paret.
Concepte2	Factible	Existència de solucions en el mercat, fàcil de transportar, mecanisme simple i ocupar poc volum.
Concepte3	Factible	L'existència de solucions en el mercat, fàcil de transportar, fàcil fixació de les translacions i ocupa poc volum.
Concepte4	No és factible	De gran volum, no transportable, no ajustable, les rotacions lliures, massa complex i és necessari un sostre.

3.2. Fase 1. Elements prototipats

En aquesta fase només es treballarà aquells elements bàsics que no es puguin comprar i modificar sinó que s'hagin de crear específicament per a la solució. L'element que reuneix aquestes característiques és el conjunt subjecte (CS), ja que és l'element en contacte amb la trompa i aquesta zona, tot i està situada en el mateix lloc, tindrà una geometria diferent per a cada trompa.

Llavors l'objectiu de la Fase 1 és obtenir una única versió final de l'element CS que compleixi amb els requisits de les següents avaluacions.

L'ANNEX C: *Mètode de disseny. FASE 1.* conté tot el desenvolupament de la Fase 1.

3.2.1. Primera etapa. Avaluació qualitativa de primer grau

Durant la primera avaluació qualitativa de la primera etapa de la Fase 1 s'avalua (Taula 8) les tècniques disponibles en el taller relacionades amb la tecnologia additiva amb l'objectiu de decidir la més favorable per la construcció del prototip provant el Concepte2 i el Concepte3 amb diferents tècniques (Figura 13). En aquest cas s'ha decidit continuar amb *FDM (Fused Deposition Modelling)* per la versabilitat de materials disponibles i pel temps d'impressió relativament més curt que altres tècniques similars.

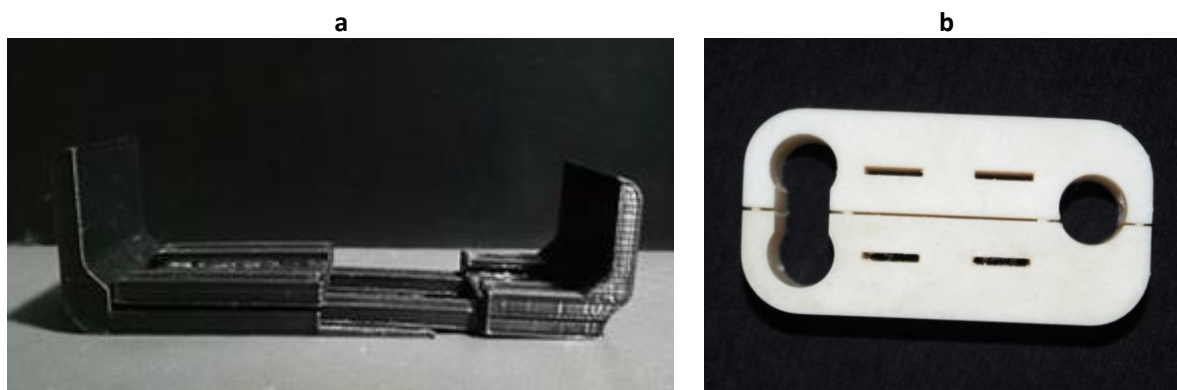


Figura 13: (a) Concepte2 prototip FDM. (b) Concepte3 prototip SLA.

Taula 8: Avaluació qualitativa de primer grau.

Elements d'avaluació	SLA	FDM
Màquina	Gamma mitja.	Gamma mitja.
Temps d'impressió	Molt llarg al voltant de les 10 hores les dues peces.	No tant llarg al voltant de les 6,5 hores les tres peces..
Aparença d'una impressió a baixa qualitat	Bona, les dimensions de les peces són més precises tot i que queden marques dels suports per tant haurà de passar per un processat.	No gaire bona, les dimensions no s'ajusten i entre les peces hi ha un error considerable. Tot i això no es noten gaire les capes de la impressió.
Extracció del material de suport	Difícil, ja que sempre s'ha de polir per eliminar els rastres del suport.	Fàcil, ja que el material de suport pot ser soluble amb aigua.

Més informació complementària en l'apartat *Avaluació qualitativa de primer grau* de l'ANNEX C: *Mètode de disseny. FASE 1.*

3.2.2. Primera etapa. Avaluació qualitativa de segon grau

En aquesta primera etapa també s'avaluen (Taula 9) les idees del conjunt subjecte del concepte2 i el concepte3 amb l'objectiu de que només resti una de les idees per passar a la segona etapa. Per fer-ho es mostren els models impresos de les idees una amb FDM i l'altre amb SLA (*Stelography*) al client que a continuació omple l'avaluació qualitativa de selecció amb el nom de *Pugh Concept Selection Method*. Finalment queda seleccionat el Concepte2 que podrà passar a la segona etapa d'aquesta primera fase de selecció.

Taula 9: Avaluació qualitativa de segon grau (*Pugh Concept Selection Method*).

Críteris	CS del Concepte2	CS del Concepte3	CS de ERGOBRASS
Ràpid de muntar	+	S	5
Fàcil de muntar	S	-	7
Fàcil de desmuntar	+	+	6
Millor aparença	+	+	4
Millor seguretat en la subjecció3	-	+	6
Sistema més agradable pel músic	+	S	6
Millor adaptació a l'instrument	S	+	7
Volum més petit	S	-	6
$\Sigma+$	4	4	
$\Sigma-$	1	2	
ΣS	3	2	

En l'apartat *Avaluació qualitativa de segon grau* de l'ANNEX C: *Mètode de disseny. FASE 1*, hi ha el procediment i resultats relacionats amb aquesta avaluació qualitativa.

3.2.3. Segona etapa. Avaluació continuada i concepte final prototipat

Després de realitzar diverses iteracions (Figura 14) es conclou mitjançant una avaluació continua que la versió 3 (V3) s'aproxima més condicions plantejades pel client i té millor dimensionament per al muntatge del conjunt subjecte.

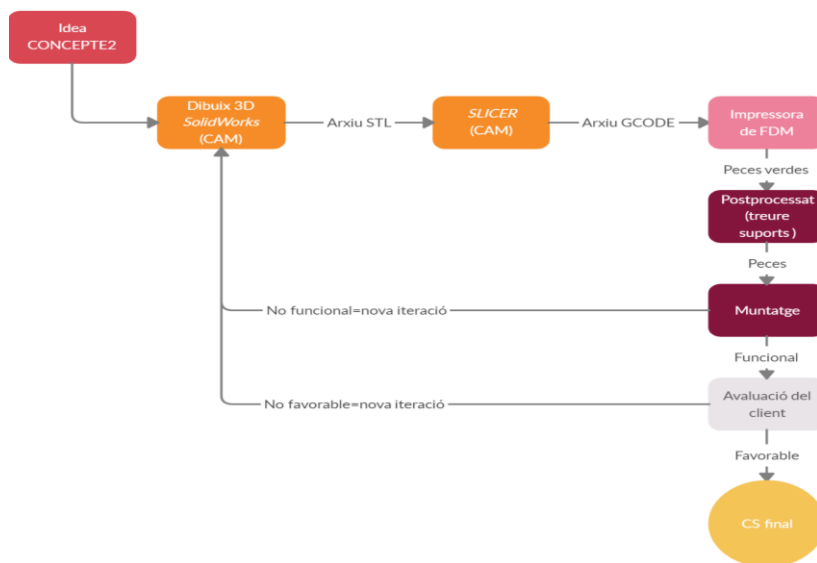

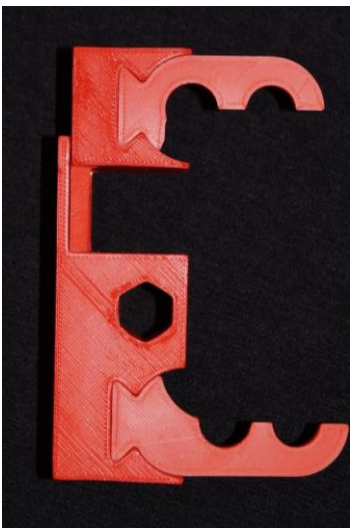

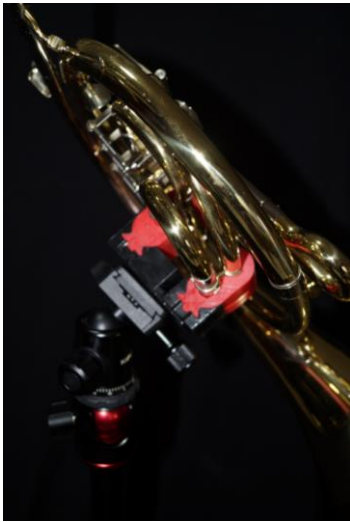


Figura 14: Procés de fabricació i selecció de la segona etapa del mètode de selecció. En color taronges les etapes amb ordinador, en rosa etapes amb màquina i en marró etapes manuals.

A continuació un petit resum de les iteracions realitzades:

Taula 10: Resum diari d'impressió. Taula complerta en l'apartat Resultats de l'avaluació continuada (Diari d'impressions) de l'ANNEX C: Mètode de disseny. FASE 1.

Iteració	Imatge	Descripció	Millores
<p>V0 15/03/19</p>		<p>Aquesta versió inicial mostra l'estructura del mecanisme de subjecció mitjançant dues motlles que treballen a compressió. Consta de tres peces: la peça 1 situada a la dreta de la imatge és la part mòbil, la peça 2 a l'esquerre que correspon a la part fixe i finalment la peça 3 fixada amb cargols sobre la peça 2. Aquesta estructura només correspon a la part universal de la solució.</p> <p>S'ha volgut imitar exactament el mecanisme d'un capçal <i>selfie</i> per poder fer les primeres millores del sistema i testejar les característiques de la impressora.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Evitar cargols en les unions -Pensar en altres geometries possibles en impressió 3D per fer unions i reduir el nombre de peces. És a dir pensar el disseny per a el muntatge (DFA, <i>Design for Assembly</i>) -Aplicar factor de correcció directament en el <i>SLICER</i>. -Mantenir el mecanisme.
<p>V1 23/04/19</p>		<p>El mecanisme s'ha millorat de tal manera que ara la peça 3 no és necessària i per tant no necessitem cargols. La peça 2 ara inclou la peça 3 com a sostre i les molles s'introdueixen per dos forats inclinats en el revers de la peça 2 a la cavitat on treballaran a compressió. També s'ha canviat el tipus d'unió entre la part universal on es troba el mecanisme i les part intercanviable per cada trompa. S'ha inclòs una unió de fusteria anomenada de cua de milà. Per provar aquesta unió s'imprimeix també el perfil <i>Holton</i> amb ABS (peça4).</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Millorar l'espai que allotja les molles. Afegir una secció rodona més gran. -Moure forats d'inserció de molles, per comprovar la seva eficàcia. -Optimitzar la forma (optimitzar topologia 3D). -Imprimir perfils específics de trompa <i>Holton</i> amb el gruix correctes i el material flexible <i>ELASTO95</i>.



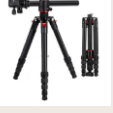
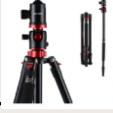
<p>V2 21/05/19</p>		<p>Aquesta és la primer iteració funcional que serà presentada al client .</p> <p>Els forats recipients de les molles en la peça 2 s'han fet més grossos i la secció ha canviat per incloure un petit tros circular .</p> <p>La peça 4 que correspon al perfil de la zona de subjecció de la trompa <i>Holton</i> s'ha imprès amb el material <i>ELASTO95</i> amb una nova geometria dels forats perquè coincideixi millor amb la zona de subjecció.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Revisar mesures de la unió entre la peça 1 i 2. -Millorar sistema cua de milà. -Millorar l'aparença exterior de manera ergonòmica. -Diferenciar les dues peces de la peça 4.
<p>V3 17/07/19</p>		<p>La iteració consta de la peça 1 i 2 fetes amb ABS negre, les quals han patit una petita transformació geomètrica de caire ergonòmic. S'han realitzat arrodoniments, perforacions poc profundes perquè l'usuari pugui obrir la pinça còmodament i s'ha dissenyat una paret en la zona de connexió amb la peça 4, és a dir on hi ha l'estructura de cua de milà, per evitar que entre la peça 4 i les altres rellisquin.</p> <p>Finalment la peça 4 està feta de <i>ELASTO95</i> i cadascuna de les seves peces conté una forma diferent en la cua de milà per evitar confusions a l'hora de muntar el dispositiu.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Millorar el disseny ergonòmic.

Per veure i conèixer el procés d'avaluació continua i el procés de creació de les diferents iteracions anar a l'apartat *Segona etapa* de l'*ANNEX C: Mètode de disseny. FASE 1*.

3.3. Fase 2. Elements comercials

La fase 2 té com a objectiu obtenir un conjunt unió (CU) i un conjunt base (CB) finals. Aquests conjunts s'han considerat objectes que es poden obtenir comercialment, per tant partint del Concepte2 i el Concepte3 s'analitza el mercat (avaluació econòmica-comercial) i es tria quin model de CU i CB té el millor balanç entre el cost i especificacions amb el mètode que utilitza la *Weighted Decision Matrix*. Finalment la solució amb codi 3 (trípode de càmera amb ròtula de bola) vas ser l'escollida.

Taula 11: *Weighted Decision Matrix*. En color verd la millor opció.

Criteri	Factor de pes	Unitats	Codi i foto solució											
			1 			2 			3 			4 		
			Valor	Punt.	Qual.	Valor	Punt.	Qual.	Valor	Punt.	Qual.	Valor	Punt.	Qual.
Cost	0,5	€/u	54,98	4	2	506,19	0	0	97,78	3	1,5	133,34	3	1,5
Capacitat de càrrega	0,18	Kg	4	1	0,18	8	3	0,54	10	4	0,72	8	3	0,54
Alçada màxima	0,12	cm	142	4	0,48	130	3	0,36	134	3	0,36	171,5	4	0,48
Adaptació	0,11	operacions	Poques	3	0,33	Moltes	1	0,11	Cap	4	0,44	Cap	4	0,44
Obtenció de CU i CB	0,07	elements	Sí	2	0,14	Sí	2	0,14	No	4	0,28	No	4	0,28
Pes del dispositiu	0,02	Kg	1,5	4	0,08	3	1	0,02	1,65	4	0,08	1,98	3	0,06
TOTAL					3,24			1,17			3,38			3,3

El contingut i desenvolupament de la Fase 2 es troba inclòs en l'ANNEX D: *Mètode de disseny. FASE 2*

3.4. Esquema final del procés

A continuació en la Figura 15 s'observen les diferents etapes realitzades durant el disseny i en quines fases s'engloben.

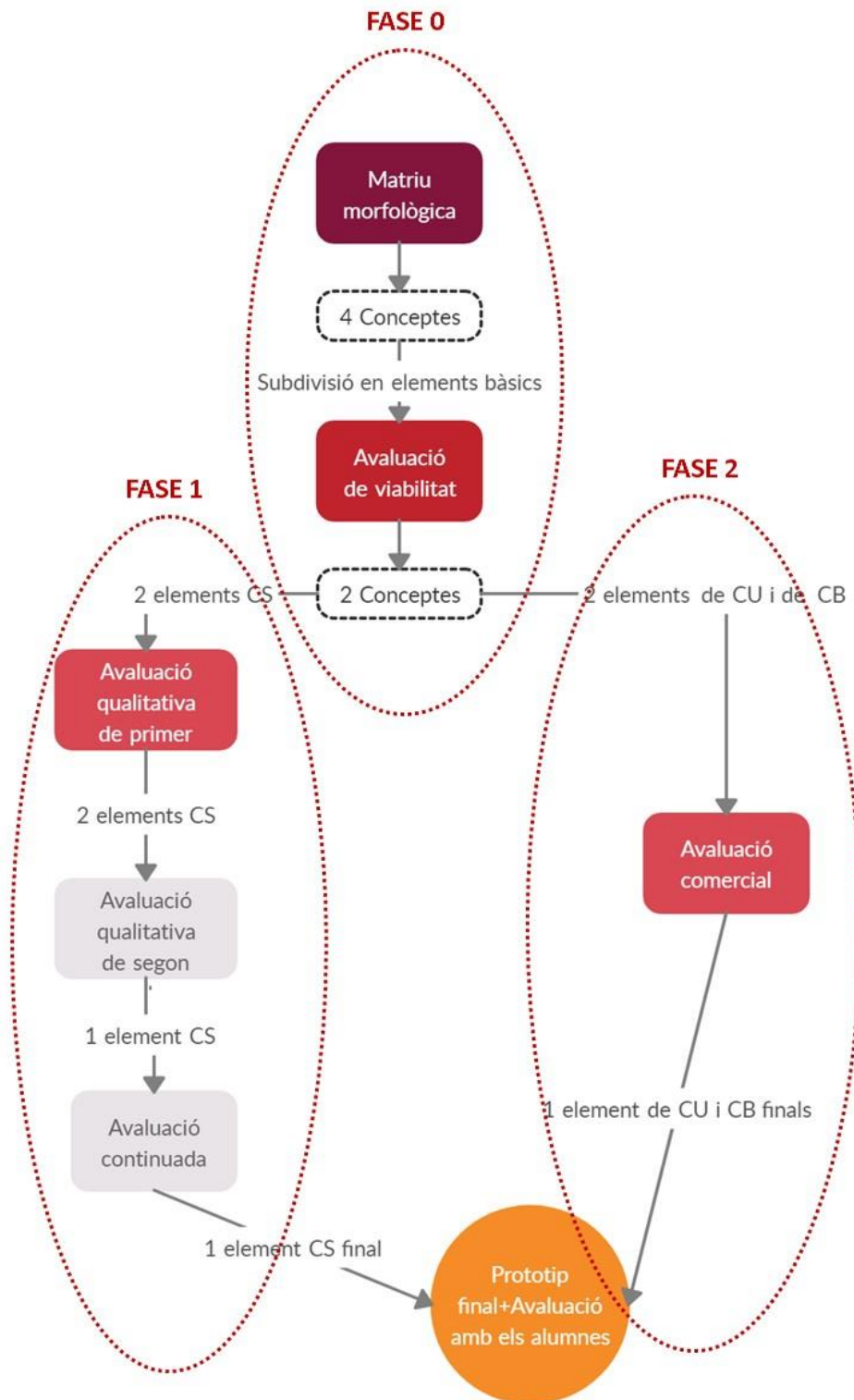


Figura 15: Esquema final realitzat al final del procés de disseny.

4. DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ

4.1. Cas específic.

El prototip desenvolupat és específic per la *TROMPA HOLTON HR650B SIB JUNIOR*. Una trompa destinada als alumnes més petits que inicien els primers anys d'estudi de l'instrument i que ha estat cedida pel Conservatori de música Isaac Albéniz de Girona durant el desenvolupament del treball.

4.2. Descripció general de la solució

Si s'uneix el conjunt subjecte (CS), conjunt unió (CU) i el conjunt base (CB) finals s'aconsegueix la solució que ha sigut prototipada. En la Figura 16 es pot veure la idea dibuixada i el prototip real. També en els apartats següents es descriu amb detall cada conjunt.

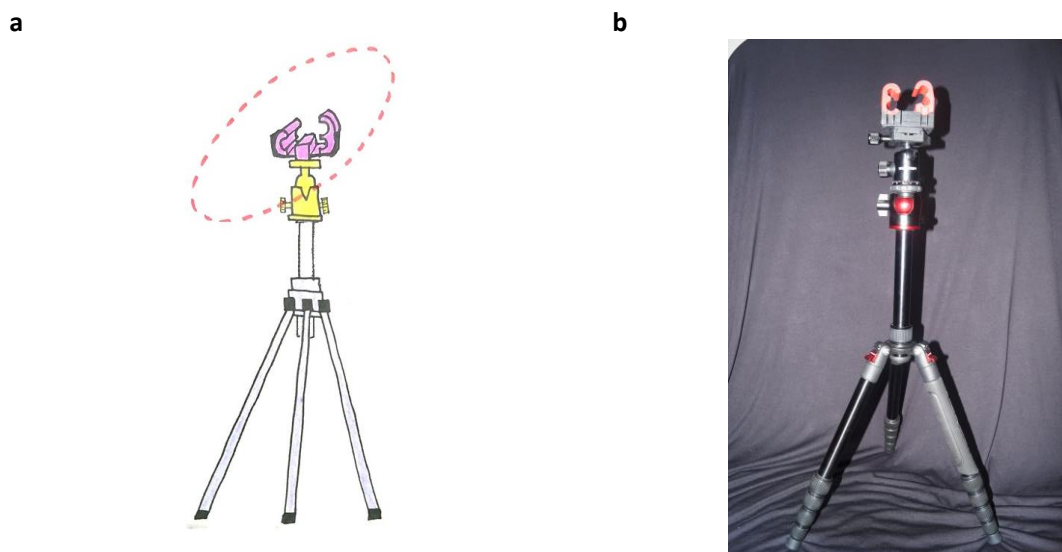


Figura 16: (a) Croquis del Concept2 sorgit de la tria d'alternatives i (b) Foto real del prototip final.

4.2.1. Conjunt subjecte final

Es tracta d'un capçal que es col·loca en els tubs interiors de la trompa molt a prop del CDG de la trompa (*ANNEX E: Càlcul experimental del Centre de Gravetat (CDG)*). En la Figura 17 es pot veure la posició del CDG de la trompa.

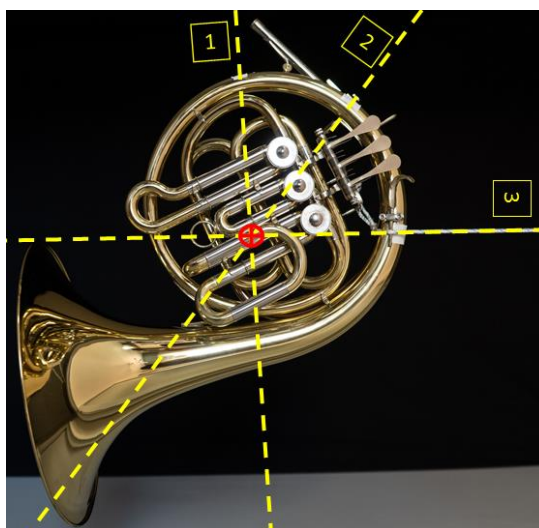


Figura 17: En groc i en discontinu les diferents línies d'equilibri i la creu vermella dins del cercle vermell és la intersecció d'elles i per tant el CDG.

El funcionament del conjunt subjecte es base en el mecanisme de pinça dels capçals de pal *selfie* per a *smartphones* explicat en l'4.4 *Funcionament de la solució*. En la Figura 18 es pot veure el capçal.

El capçal consta de dues parts diferenciades. La part universal feta d' ABS que conté les dues molles del mecanisme i la unió amb el conjunt unió (ròtula de càmera) i la part intercanviable feta d' ELASTO 95 amb geometria exacte a la zona d'unió, és adir als tubs interiors que en el cas específic és per a quatre tubs, per assegurar una bona adaptació. Es diu que aquesta última part és intercanviable perquè la geometria de la zona d'unió canvi depenen de la tipologia de la trompa, en canvi la part universal pot servir per a tot tipus de trompa. Les dues parts s'uneixen mitjançant un encaix de cua de milà modificat a pressió i estan compostes en total quatre peces explicades amb detall dins de l'apartat 4.3 *Peces del prototip*.

A més a més consta d' unes petites deformacions en la superfície exterior del capçal per poder col·locar els dits quan es vol obrir la pinça durant la col·locació a l'instrument.

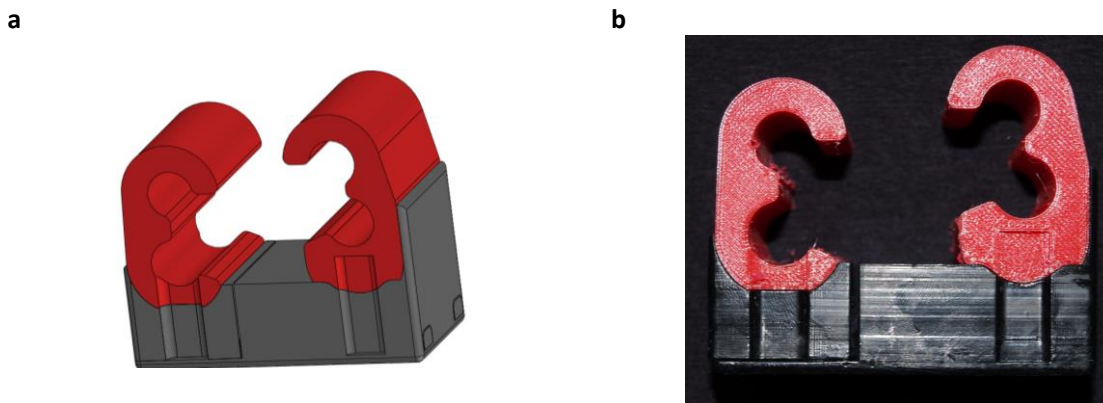


Figura 18: (a) Conjunt Subjecte dibuix del *SolidWorks* i (b) foto real del Conjunt Subjecte.

Aquest conjunt no es troba en el mercat i ha estat dissenyat i creat específicament per a trompes utilitzant una impressora de FDM. En l'apartat *Segona etapa* de l'ANNEX C: *Mètode de disseny. FASE 1*, hi ha més informació complementària de la tècnica FDM i del procés seguit per fabricar el prototip.

4.2.2 Conjunt unió final

Sortit d'opcions comercials, el conjunt unió és un ròtula de bola per a càmeres de la marca *K&F Concept* de 28 mm de diàmetre i amb capacitat de càrrega de 10 Kg. Està feta d'aliatges d'alumini amb magnesi. Permet una rotació lliure i una fixació total en qualsevol punt de l'espai de treball. Al final de la ròtula es troba l'adaptador a la càmera d'alliberació ràpida amb un cargol d'un 1/4 de polzada on es col·locarà el capçal. S'uneix al conjunt base, és a dir la base de trípode, mitjançant un cargol de 3/8 de polzada.



Figura 19: Ròtula de bola corresponent al conjunt unió final.

4.2.2. Conjunt base final

El conjunt base final, també obtingut comercialment, és la base d'un trípode *K&F Concept Trípode Càmera Reflex TM2515T*. Cos central d'aliatge d'alumini amb tres potes de cinc seccions cadascuna que poden arribar fins a una alçada màxima de 134 cm i es pot plegar fins una llargada de 39 cm incloent la ròtula. També conté una columna transversal que en certs casos es podria utilitzar quan l'alumne toca assegut.



Figura 20: Base de tríode corresponent a el conjunt base final.

4.3. Peces del prototip

En aquest apartat es presenten els components del prototip per separat i s'explica com s'han creat, de quin conjunt formen part i les característiques més importants. En la Figura 21 es pot veure com s'anomena cada peça i en quina situació es troben en el prototip en un explotat.



Figura 21: (1)Part mòbil, (2)Part fixe, (3)Molles, (4)Part flexible i (5)Trípodde comercial.

4.3.1. Peça 1. Part mòbil (CS)

Aquesta peça simbolitza la part mòbil del mecanisme del conjunt subjecte ja que és l'encarregada de variar la distància entre els punts en contacte amb la trompa. Forma part també del conjunt universal, és a dir que juntament amb la peça 2 i les molles podrà ser utilitzada per qualsevol trompa junior del marcat.

S'ha obtingut mitjançant una impressora de FDM italiana anomenada 3NTR i utilitzant com material base *ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)*. Conté una zona amb forma de cua de milà on s'insereix una de les parts de la peça 4 i els dos carrils on les molles aniran allotjades. Aquests carrils s'insereixen en els forats horitzontals de la peça 2. La Figura 22 mostra dos vistes de la peça 1.

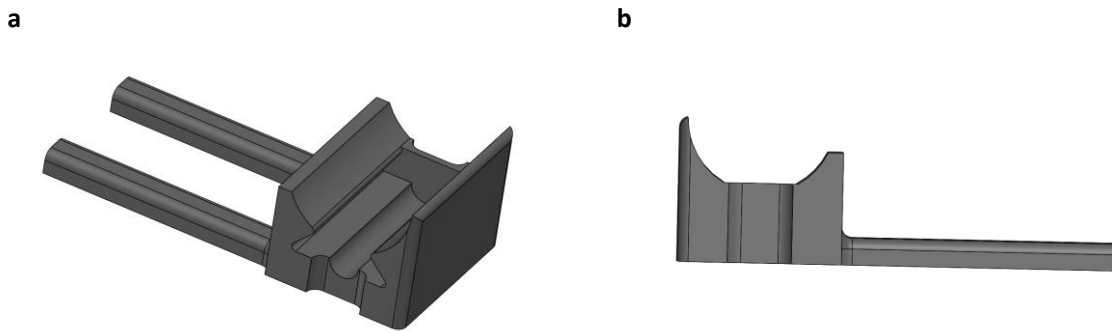


Figura 22: (a)Vista isomètrica de la peça 1 i (b)Vista del perfil lateral esquerre de la peça 1.

4.3.2. Peça 2. Part fixe (CS)

S'anomena part fixe ja que en l'acció d'obrir la pinça del capçal aquest està quiet. Forma part del conjunt subjecte i també de la part universal.

També s'ha obtingut utilitzant la tecnologia FDM amb la mateixa impressora per no tenir problemes de factors de correcció en les dimensions per la diferència de màquines. De la mateixa manera també està imprès amb ABS. En aquesta peça s'insereix la part restant de la peça 4 en la zona de cua de milà i també hi son inserits els carrils de la peça 1 en els forats horitzontals. En la Figura 23 es pot observar la peça.

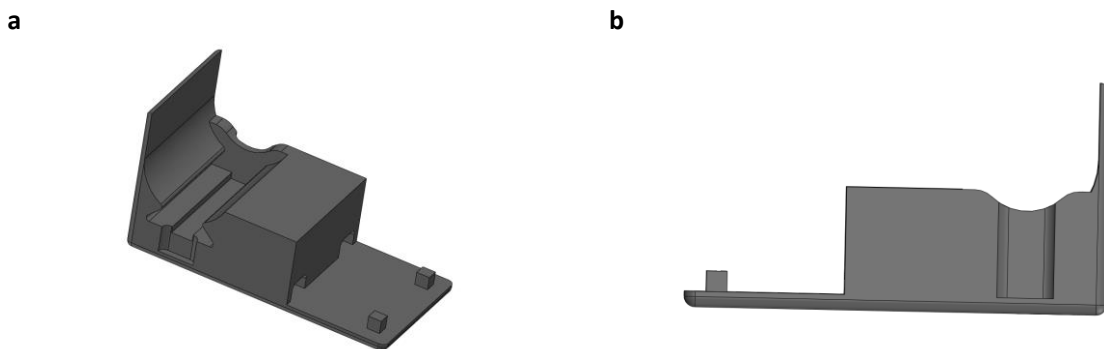


Figura 23: (a)Vista isomètrica de la peça 2 i (b)Vista del perfil lateral dret de la peça 2.

4.3.3. Peça 3. Molles (CS)

S'obtenen les característiques de les dues molles a partir de l'apartat *Resultats de l'ANNEX H: Disseny de la molla* i en la Taula 12 es poden observar. El disseny de la molla té com a base les característiques geomètriques de la resta de peces, les característiques de la trompa i les dades obtingudes en l' *ANNEX F: Càlcul Diagrama de Cos Lliure (DCL) de la trompa* i *ANNEX G: Càlcul del Diagrama de cos Lliure de conjunt subjecte (CS) i de la molla* on es busquen les forces implicades en la posició_treball.

El material de les molla és acer i es col·loquen al dispositiu a través del forats obliqüis de la peça 1 i s'acaben allotjant en els carrillets de la peça 2. Per tant formen part del conjunt universal del conjunt subjecte.

Aquestes molles treballen a compressió dins del dispositiu i son unes peces clau ja que serveixen per variar la distància entre dos punts de contacte amb la trompa i també permet col·locar el conjunt CS a la trompa.

Taula 12: Característiques del disseny definitiu d'una de les dues molles per l'element CC.

MOLLA	L_N (mm)	p (mm)	k ($\frac{N}{mm}$)	d (mm)	D (mm)	F_T (N)
$N_a = 18$	40	1,98	0,803	0,5	3,5	9,6



Figura 24: Vista isomètrica de les molles utilitzades.

Per tant la força exercida per les dues molles serà de 19,2 N.

4.3.4. Peça 4. Part flexible (CS)

La peça 4 està formada de dues peces i s'inclou a la part flexible del conjunt subjecte i a la vegada a la part o element d'especificació del dispositiu. Això vol dir que és la peça que ens permet adaptar diferents trompes a un mateix dispositiu i per tant serà intercanviable o personalitzada per cadascuna de les trompes juniors que s'utilitzin. La seva funció principal és estar en contacte amb la trompa. En la Figura 25 es pot veure la peça 4.

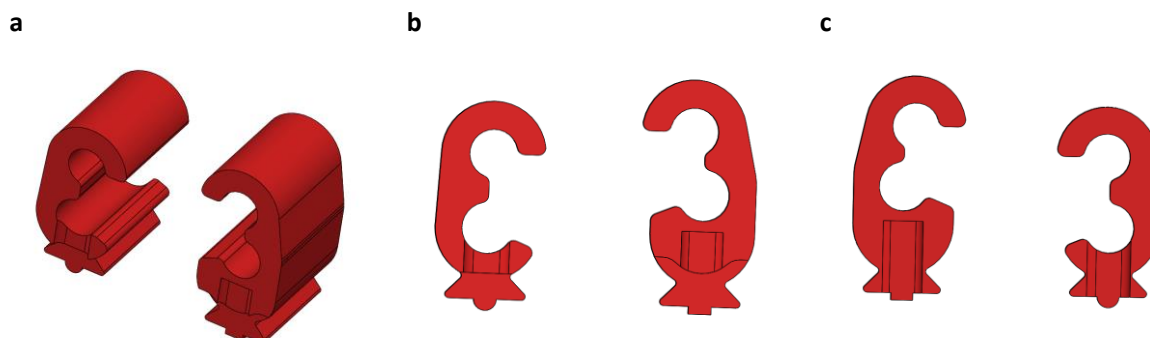


Figura 25: (a) Vista isomètrica de la peça 4, (b) Vista frontal de la peça 4 i (c) Vista anterior de la peça 4.

Per poder imprimir la peça primer es va mesurar el perfil dels tubs de la trompa en la zona de subjecció a través de la màquina de coordenades de la marca MITUTOYO com s'observa en la Figura 26. D'aquesta manera s'aconsegua un perfil exacte en la zona de contacte que assegures una major subjecció.



Figura 26: Imatge on s'observa el moment en que es mesura els tubs interns de la trompa amb la màquina de mesurament per coordenades.

Una màquina de mesurament per coordenades, màquina de mesurament tridimensional o *CMM* (*Coordinate-measuring machine*) és un instrument de mesurament directe que utilitza un punter o "palpador" físic amb el qual l'operador pot anar tocant l'objecte i enviant coordenades a un fitxer de dibuix.

D'aquest procés de mesura s'obté un full *Excel* amb les característiques dels punts o geometries agafades i també un arxiu amb format *IGES* (format per emmagatzemar dades del producte per poder visualitzar-ho en un CAD) que conté el contorn dels tubs interiors de la trompa i que seran tractats en el programa CAD (*computer-aided design*) anomenat *SolidWorks*. Posteriorment es va poder obtenir l'arxiu *STL* per objectes en 3D i posar a imprimir la peça.

Es va imprimir també amb la 3NTR però utilitzant un elastòmer concretament *ELASTO95* o *TPU95A* distribuït també per la mateixa marca de la impressora, per això el nom de la peça (part flexible). Aquest material flexible permet que el conjunt subjecte es pugui adaptar perfectament a la trompa augmentant la fricció entre les dues superfícies i sense fer malbé el material.

La col·locació de les peces a la peça 1 i 2 es realitza mitjançant una unió de fusteria anomenat cua de milà on els dos objectes a encaixar ho fan a través de pressió. En aquestes unions cada peça té una petita protuberància de geometries diferents per poder distingir bé les dues sub-peces del conjunt peça 4.

4.3.5. Peça 5. Trípodde comercial (CU) i (CB)

La peça 5, tal i com es pot veure en els apartats 4.2.2 *Conjunt unió final* i 4.2.2 *Conjunt base final*, conforma el conjunt unió i el conjunt base. També forma part dels elements universals d'aquest prototip (és a dir aquells que es poden utilitzar amb tot tipus de trompa juniors). La seva elecció es pot trobar en l'apartat 3.3 *Fase 2. Elements comercials* i a continuació en la Taula 13 les característiques principals del trípodde *K&F Concept Trípodde Càmera Reflex TM2515T*.

Taula 13: Característiques del trípod *K&F Concept Trípodde Càmera Reflex TM2515T*.

CODI	3
Nom	<i>Trípodde K&F Concept Trípodde Càmera Reflex TM2515T</i>
Descripció i combinació	Trípodde per a càmera reflex format pels conjunt CU.2 i CB.3 amb un regulador d'alçada de rosca i columna central amb la possibilitat de ser transversal. Realitzat amb aliatges d'alumini i magnesi.
CU i CB s'obtenen junts?	Sí
Necessita adaptació?	No
Preu total (€)	97,78
Capacitat de càrrega (Kg)	10
Alçada màxima (cm)	134
Pes del dispositiu (Kg)	1,65

4.4. Funcionament de la solució

Un cop presentades les peces i la relació entre elles s'explicarà el funcionament de la solució, més concretament del conjunt subjecte que no s'ha obtingut comercialment.

Tal i com s'ha comentat amb anterioritat el conjunt subjecte es basa en la idea d'un capçal de pal *selfie* per a *smartphones*, és a dir. L'element que s'encarrega de subjectar el dispositiu mòbil i que evita que es mogui o caigui. Aquests capçals són universals, ja que tenen la capacitat de variar la distància entre els punts de contacte amb mòbil utilitzant diferents mecanismes.

En el cas de conjunt subjecte el mecanisme funciona gràcies al treball de dues molles a compressió col·locades en l'interior de la peça 1 i la peça2, tal i com es pot veure en la Figura 27.

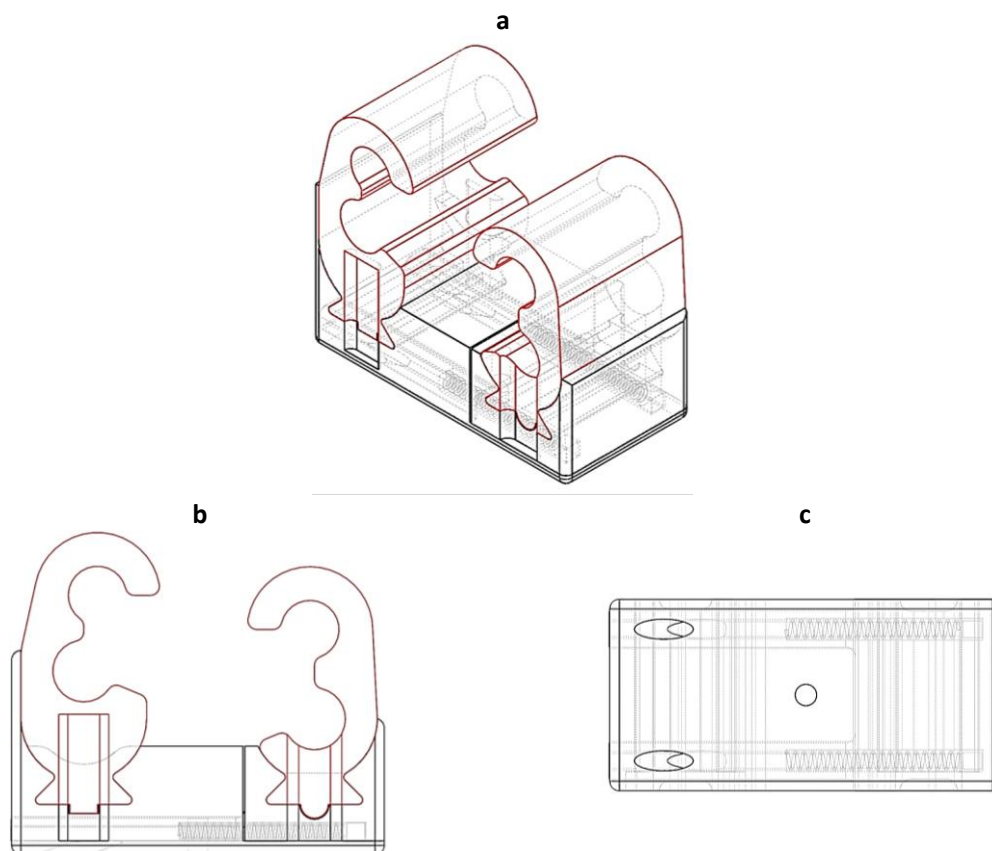


Figura 27: Vistes on es poden observar les arestes ocultes i per tant les molles en l'interior. (a) Vista isomètrica del conjunt subjecte, (b) Vista frontal del conjunt subjecte i (c) Vista posterior del conjunt subjecte.

Les molles en la seva posició de treball no es troba en la longitud natural sinó que es troba pretensada i per tant ja està exercint una força i fa que la pinça tendeixi a estar tancada. Quan l'usuari vol col·locar el capçal a la trompa ha d'exercir força amb les dues mans per estirar la peça 1 i la peça 2 en direcció contrària. D'aquesta manera la distància entre els punts de contacte amb la trompa és més gran i la molla a reduït la seva longitud i cada cop exerceix més força cap a les superfícies de contacte amb la peça 1 i la peça 2.

Un cop la pinça està oberta és col·loca en la posició de subjecció amb la trompa, és a dir on els tubs interns, i la molla allibera la força quan l'usuari deixa d'aplicar pressió cap en fora per obrir la pinça i d'aquesta manera retorna a la seva longitud inicial tancant la pinça del capçal. Mentre el capçal està col·locat com la distància entre punts de contacte amb la trompa és major que la inicial, les molles seguiran fent força per mantenir la pinça tancada. En la Figura 28 es pot observar de forma esquemàtica com evoluciona la longitud de la molla quan s'apliquen les forces de l'usuari.

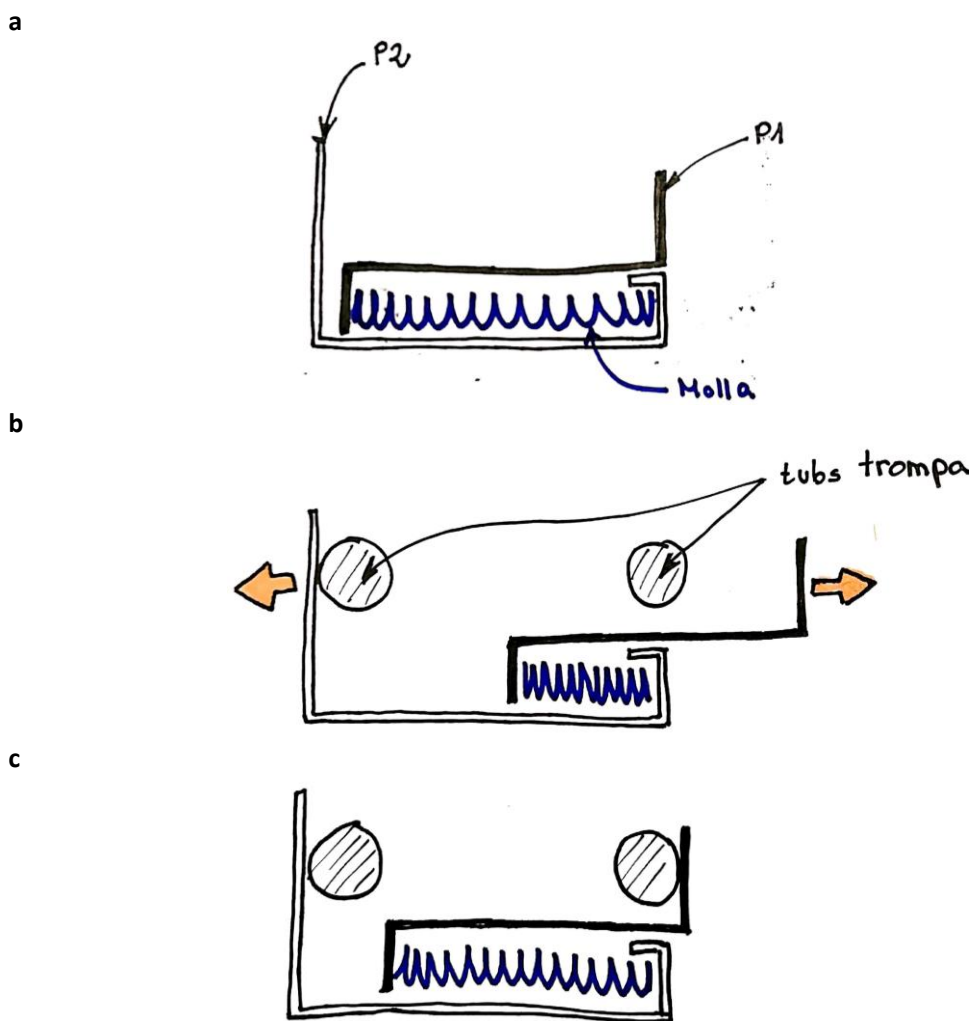


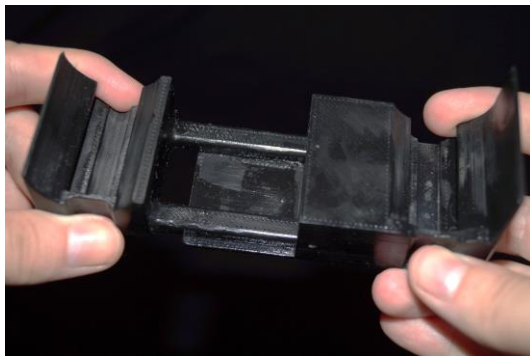
Figura 28: Funcionament esquemàtic del conjunt subjecte (CS). (a) Posició inicial del CS. En blau la molla, en negre la peça 1 i en blanc la peça 2. (b) Moment en que l'usuari obre la pinça amb les mans (color taronja simbolitza aquesta força). Es pot veure com la molla redueix la seva longitud. Els cercles simbolitzen la secció tallada dels tubs. (c) Posició de treball quan CS ja està col·locat en els tubs. La molla recupera part de la seva longitud però no tota.

La força mínima necessària que han de realitzar les molles per poder mantenir en equilibri la trompa quan aquesta es troba en la posició de treball, és a dir quan l'alumne toca, és de $18,75\text{ N}$. En el cas de les molles escollides realitzen una força de $19,2\text{ N}$ en la posició de treball. Més informació en la obtenció de la força necessària o de la selecció de molles en l'ANNEX G: Càlcul del Diagrama de cos Lliure de conjunt subjecte (CS) i de la molla i en l'ANNEX H: Disseny de la molla respectivament.

4.5. Muntatge del prototip

En la següent enumeració es presenten els passos a seguir per poder muntar el prototip. La Figura 29 acompanya amb imatges aquests passos.

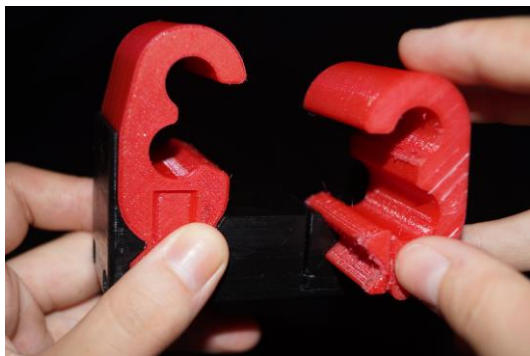
1. Primer s'agafa la peça 1 i s'introdueix dins de la peça 2 de manera que les dues parets planes es toquin.
2. A continuació s'introdueixen les dues molles a l'interior del conjunt de la peça 1 i peça 2 mitjançant els forats inclinats de la peça 1.
3. Finalment s'acaba de preparar el conjunt subjecte (CS) posant les peces flexibles que formen part de la peça 4. S'ha de vigilar amb la forma de la cua de milà, ja que indica en quina de les peces 1 o 2 van situades. En la Figura 30 hi ha CS explosionat.
4. Tot seguit de la peça 5, és a dir del tríode comercial, s'extreu la placa adaptadora de la ròtula i es cargola a l'element CS.
5. A continuació es situa la trompa sobre la taula situant el pavelló a la dreta i col·loquem el CS més la placa adaptadora als tubs interiors de la trompa tot vigilant que la peça 1 es trobi a la dreta.
6. Llavors es desplega el tríode i s'ajusta a l'alçada del infant.
7. Només quedarà col·locar la trompa al tríode i mitjançant la ròtula col·locar-la en la posició adequada.



PAS 1



PAS 2



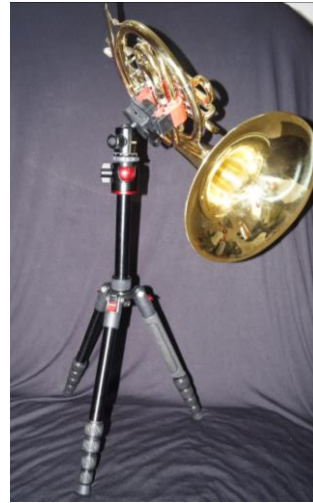
PAS 3



PAS 4



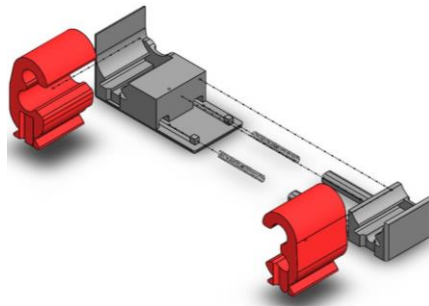
PAS 5



PAS 6 i 7

Figura 29: Imatges del muntatge

a



b

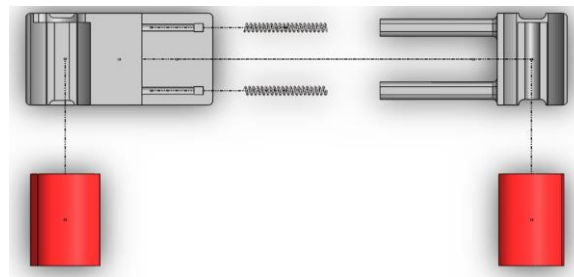


Figura 30: Explosionat del Conjunt Subjecte on es pot observar la disposició de les peces que el formen.

4.6. Avaluació final del prototip

Finalment el prototip passa per l'avaluació final. Aquesta avaluació consta de dues parts, la primera es mira si les característiques del prototip assoleixen les especificacions descrites en l'apartat 2.4.1 *Requeriments funcionals* i 2.4.2 *Especificacions de disseny*. La segona part de l'avaluació involucrà al client i als usuaris (alumnes de trompa) i no està inclosa en aquest treball però s'explica en l'apartat 6.3 Línies futures. A continuació la Taula 14 i la Taula 15 els resultats de l'avaluació.

Taula 14: Taula de requeriments funcionals amb avaluació.

CODI	Funcions	Restricció funcional	Prototip	Vàlid
F1	Suportar i transmetre càrregues.	$-26N \leq F_z \leq -23N$	24 N	✓
F2	Ajustar-se a la trompa de cada estudiant	Trompes Si b	Sí gràcies a la mesura amb CMM es poden realitzar perfils iguals a la zona de subjecció.	✓
F2.2	Ajustar-se a la forma de la zona de subjecció de la trompa.	-	Sí	✓
F3.1.1	Permetre rotacions en l'eix X.	$0^\circ \leq \theta_x \leq 90^\circ$	Sí la ròtula ho permet	✓
F3.1.2	Permetre rotacions en l'eix Y.	$-45^\circ \leq \theta_y \leq 0^\circ$	Sí la ròtula ho permet	✓
F3.1.3	Permetre rotacions en l'eix Z.	$0^\circ \leq \theta_z \leq 360^\circ$	Sí la ròtula ho permet	✓
F3.1.4	Fixar rotacions.	-	Sí la ròtula ho permet	✓
F3.2.1	Permetre translacions en l'eix Z	$100 \text{ cm} \leq z \leq 150 \text{ cm}$	Si assoleix 134 cm d'alçada	✓
F3.2.2	Fixar translacions	-	Sí el tríode ho permet	✓

Taula 15: Taula d'especificacions de disseny amb avaluació

CODI	Descripció	Quantificador	Prototip	Vàlid
Cs1	El material de la peça en contacte amb la trompa no pot causar danys a la superfície de l'instrument.	Material menys dur que el material de l'instrument, és a dir que el llautó.	ELASTO95	✓
Cs2	Màxim pes del producte.	Menys de 1,5Kg	1,6 Kg	✓
Cs3	Universalitat del suport.	Almenys compatible amb 2 tipus de trompes en Sib (trompes junior)	No del tot. Aquest prototip només serveix per la trompa del cas estudi però pot ser compatible amb una altre si canviem la peça 4.	✓
Cs4	Dimensions del suport no han de ser una molèstia quan el músic toqui.	Espai ocupat pel suport < 60% del volum d'un cercle de radi de 35cm i altura 165 cm	Correcte	✓

La majoria de les especificacions han estat complerta per tant es pot concloure que aquest últim prototip és viable i funcional per ser utilitzat en les aules. S'ha de comentar que aquest dispositiu no serveix si l'alumne seu en una cadira ja que les potes d'ela base del trípod molestien quan es toca assentat.

5. RESUM DEL PRESSUPOST

En el present projecte es contempla la feina d'un enginyer junior treballant durant sis mesos a jornada completa i el cost de fabricació dels diversos prototips en hores de fabricació i materials.

El cost total del procés de disseny i prototipatge, és a dir de l'estudi, és de:

DEU MIL SET - CENTS VUITANTA-UN euros amb VUIT cèntims..... **10.781,08 €**

Girona. 4 de Setembre de2019

Míriam Trias Cañizares

6. CONCLUSIONS

En aquest apartat es presenten les conclusions finals després de la realització del projecte així com línies futures per l'avaluació final del prototip i per la millora de la solució.

6.1. Objecte i abast

El present projecte tenia com a finalitat dissenyar i prototipar un suport pels alumnes de 7 a 12 anys que toquen la trompa. El prototip final mostra les següents característiques:

- Els alumnes utilitzen la trompa quan estan drets.
- Suporta el pes de la trompa cas estudi (2,4 Kg) sense problemes i fins i tot s'ha provat de col·locar una trompa adult doble i també la sosté sense cap problema.
- Té una part flexible intercanviable per a cada trompa amb fàcil extracció i muntatge. A més a més amb la utilització de la màquina de coordenades es poden obtenir perfils exactes a la zona de subjecció assegurant la bona subjecció utilitzant un elastòmer que no provocarà cap dany sobre la superfície de la trompa.
- Conté una ròtula de bola que permet la rotació en els tres eixos. En l'eix Z de manera plena i els altres amb una restricció de 180°.
- La mateixa ròtula permet fixar les rotacions quan s'ha arribat a la posició de treball.
- També conté una columna central que permet la translació en Z per poder-se adequar a l'alçada del alumne i un sistema de fixació de rosca, potser una mica incòmode però pot canviar en estudi futurs.
- Finalment el producte és lleuger i portàtil ja que pesa uns 1,6 Kg i es pot emmagatzemar en una bossa que no supera els 30 cm de llarg i 15 cm d'ample.

Per tant compleix amb les especificacions i restriccions que s'han acordat amb el client a l'inici del projecte.

6.2. Metodologia i tecnologies utilitzades

La metodologia utilitzada durant el projecte ha estat molt completa. Primer de tot s'ha realitzat un estudi de la funcionalitat del futur producte que ha permès descriure les especificacions de la millor manera. Això ha aportat molta informació per poder realitzar la tria d'alternatives a diferents nivells, que ha permès valorar diferents tecnologies pel prototipatge i el propi concepte del prototip. La involucració del client en tot moment ha proporcionat avaluacions ràpides i eficaces per aconseguir el que l'expert preferia i obtenir una solució amb bones característiques.

Inicialment després de l'anàlisi comercial (Benchmarking) i funcional del producte objectiu s'ha partit d'uns conceptes sorgits d'una matriu morfològica que dóna diferents combinacions físiques, els qual s'han subdivit. Això ha permès tractar el problema de diferents vessants fent un estudi més pràctic. Primer una vessant on es manufactura el conjunt subjecte i després una vessant comercial on es trobava el conjunt unió i el conjunt base. D'aquesta manera l'enginyer ha estalviat temps que ha pogut invertir llavors en centrar-se en la part de la solució manufacturada i de disseny únic i propi.

Per arribar al conjunt subjecte final s'han valorat diferents conceptes. Alhora de visualitzar aquestes conceptes sorgits de l'avaluació, tot i que els programes CAD com el *SolidWorks* (també utilitzat durant el projecte) proporcionen resultats i visualització de conceptes de forma ràpida, no deixen de ser conceptes dins d'una pantalla. La realització de prototips utilitzant tecnologies additives han permès a l'enginyer i al consumidor visualitzar el concepte físicament, valorar diferents acabats i textures en funció de la tecnologia, i identificar errors i millores de forma ràpida i segura. Això ha mostrat que la tecnologia *FDM* és molt útil per poder localitzar errors en les etapes inicials del disseny i per tant realitzar canvis que no simbolitzaran un cost important en fases finals del disseny. La tecnologia *FDM* però també conté amb un inconvenient, ja que no sempre és tant ràpid com sembla. Tot i que és una eina accessible per un públic molt extens s'ha de tenir

experiència i conèixer molt bé les configuracions i característiques de la màquina que s'està utilitzant per obtenir bones impressions.

Altres tecnologies utilitzades per obtenir mesures o informació per generar els arxius CAD de la solució final han estat el dimensionament per coordenades (realitzada amb una màquina de coordenades *MITUTUYO*) i l'escaneig 3D (realitzada amb un escàner *DAVID*). Aquesta última no ha estat mencionada durant el treball ja que les proves realitzades amb aquesta tècnica, que tenien com a objectiu reproduir els tubs interiors de la trompa, no van ser favorables perquè les peces han de ser blanques i sense brillo al contrari de les característiques de la trompa. Finalment les dades dels tubs interiors de la trompa es van obtenir amb la màquina de coordenades. Procés una mica complex perquè les mesures s'havien de realitzar en diferents plans.

En definitiva es pot concloure que la realització d'aquest projecte ha aportat a l'enginyer nous coneixements en diferents àrees com per exemple fabricació, metrologia i metodologia de disseny que seran útils en futurs projectes.

6.3. Línies futures

Primer de tot per comprovar que aquest prototip podria esdevenir un producte de servei final en les aules de les escoles de música i conservatori s'haurà de testejar en les classes de trompa.

Aquesta avaluació final del producte tindrà com objectiu comprovar l'eficiència en prevencions de lesions en els alumnes més petits i també l'aportació pedagògica en l'ensenyament de la trompa.

La seva realització es basarà en seleccionar diversos estudiants del Conservatori de música Isaac Albéniz de Girona de la franja d'edat viable pel dispositiu (7-12 anys) per a que utilitzin el suport en cada classe de trompa i en l'estudi a casa durant un curs escolar. Després d'aquest període el professor de trompa realitzarà una reunió amb els enginyers per comentar els resultats de la prova i fer una comparació amb aquells alumnes d'altres escoles que no han utilitzat el suport. També es realitzarà una enquesta als alumnes on podran comentar la comoditat del suport com a usuaris principals del dispositiu.

D'aquest procediment sorgirà la millora del prototip o el punt de partida per a una nova disseny. Algunes de les millores que s'inclourien en processos futurs de disseny serien millorar l'aspecte exterior amb l'ajuda de dissenyadors industrials o trobar possibles modificacions per a que els alumnes també puguin tocar assentats durant les classes d'orquestra o banda.

Un cop el producte estigués millorat i validat caldria fer un estudi econòmic i adequar el producte, si és necessari, a la legislació vigent per poder comercialitzar-lo en un futur i d'aquesta manera tots aquells infants que estiguin interessats en estudiar trompa puguin gaudir de l'aprenentatge.

Girona, 4 de Setembre de 2019

Míriam Trias Cañizares

7. RELACIÓ DE DOCUMENTS

El present projecte està compost dels següents documents:

- Document 1: Memòria i Annexos.
- Document 2: Plànols.
- Document 3: Pressupost.

8. BIBLIOGRAFIA

LLIBRES:

- [1] CALEGARIO, F. A Method and Toolkit for Digital Musical Instruments: Generating Ideas and Prototypes IEEE Multimedia. 2017; 24;1
- [2] GARGALLO J.A. Dificultades de aprendizaje de la práctica motriz experta en la trompeta. Phd Dissertation; 2017.
- [3] DIETER G.E. Engineering design: a Materials and Processing Approach 3rd ed. McGraw-Hill Higher Education; 2000.
- [4] RIBA C. Disseny de màquines V Metodología 1r ed. Edicions UPC; 2002.
- [5] BUDYNAS R., NISBERT K., "Shigley's Mechanical Engineering Design", 9th ed. Editorial McGraw Hill, 2008.

ARTICLES:

- [6] SERENO, L. FERRER, I. SOY, F. SALVADOR, A. ELIAS-ZUÑIGA, A.;PÉREZ, T. CIURANA, J. Designing and prototyping of new device for Scapholunate ligament repair. Proc CIRP 2013; 5; 270-275.
- [7] FERRER I. DE DEIGO M. Bolivar G. Preliminary design of a portable tens for anorectal muscle stimulation. Proceed. I Conf. on design and processes for medical devices 2012; 1; 211-214.
- [8] YAP, Y.L. Lifestyle product via 3D Printing: Wearable fashion Proceed. Inter'l Conf. on Progress in Additive Manufacturing. 2

WEBGRAFIA:

- [9] SAMPIETRO, C. Beneficis de la música amb nens/es (<http://musicoterapia-girona.blogspot.com/2010/06/article-beneficis-de-la-musica-amb.html> , 18 de setembre de 2018)
- [10] VILLARROYA, L. La influència de la música en els infants (<http://serveiseducatiu.xtec.cat/tarragones/dinamitzacio/trics/lvillarroya/> , 18 de setembre de 2018)
- [11] Ergobrass (<https://www.ergobrass.com/french-horn/> , 23 de setembre de 2018)
- [12] Ergobone (<https://www.ergobrass.com/trombone/> , 23 de setembre de 2018)
- [13]Hercules Horn Stand (<http://herculesstands.com/international/products/winds-and-percussion/french-horn/> , 23 de setembre de 2018)
- [14] Zamusic (<https://www.zasmusic.com/> , 24 de setembre de 2018)
- [15] Thomann (https://www.thomann.de/es/index.html?gclid=CjwKCAjwnrjrBRAMEiwAXsCc47s1MHzOyr3JBQWP00BsyotdRo4C7x7bTKJd5hY4kRB9t9NJIWoZZBoCnagQAvD_BwE , 24 de setembre de 2018)
- [16] Los instrumentos de viento metal (<https://es.slideshare.net/universidadpopularc3c/los-instrumentos-de-viento-metal> , 4 d'octubre de 2018)

[17] COBOS, B. Blog tècnica alexander (<http://tecnicalexander.es/> , 10 d'octubre de 2018)

Estadística alçada nens:

[18] CDC, Child Development Data and Statistics

(<https://www.cdc.gov/ncbddd/childdevelopment/data.html> , 11 d'octubre de 2018)

[19] Chart showing the average height of males and females in various world countries

(<http://www.wecare4eyes.com/averageemployeeheights.htm> , 11 d'octubre de 2018)

[20] Metodo para la determinación experimental del centro de gravedad del cuerpo humana no

<https://es.scribd.com/doc/28123658/Metodo-para-la-determinacion-experimental-del-centro-de-gravedad-de-un-cuerpo-humano> , 17 d'abril de 2018)

[21] Apuntes acerca del centro de gravedad (<https://es.scribd.com/document/31116838/Centro-de-gravedad> , 18 d'abril de 2018)

[22] RIBA, C. Disseny u càlcul de molles

(<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36327/9788498800852.pdf>, 29 d'abril de 2018)

[23] TATAY, T. Trípodes fotográficos recomendados en 2019 (<https://www.dzoom.org.es/tripodes-recomendados/> , 12 de maig de 2019)

[24] K&F concept (<https://www.kentfaith.es/tripode-camara> , 17 de maig de 2019)

[25] 3NTR A4v3 User Manual (<https://www.manualslib.com/products/3ntr-A4v3-4011018.html> , 17 de julio de 2019)

ANNEX A: Justificacions de les especificacions generals

En aquest apartat es troba la informació utilitzada per fer les descripcions de les especificacions generals tan qualitatives com quantitatives.

Patologies i bona postura

Una gran part de les patologies físic-corporals que poden tenir els alumnes estan localitzades en les extremitats superiors, cervicals i dorsals. La causa d'aquestes patologies són les postures repetitives i inadequades que poden adoptar els infants per poder sostenir el pes de la trompa. Per evitar-ho s'ha d'adoptar una bona postura de treball.

La forma habitual de tocar la trompa és orientant el pavelló de l'instrument cap a la dreta respecte de la línia central del tronc, mentre es sosté amb la mà dreta i s'accionen les vàlvules amb la mà esquerra, tal i com s'observa en la Figura 31

El cap i el coll han d'estar lliures. Per això cal mantenir la posició del cap el més recta possible pel que fa al pit i alineada amb l'eix de la columna vertebral, amb el coll relaxat, la cara mirant directament endavant i sense elevar la mandíbula. El primer que s'ha de tenir en compte és que l'instrument ha d'acostar-se al músic i no el músic cap a ell. Això últim genera una posició antinatural del coll i el cap, afectant la respiració i originant tensió corporal. El cap no ha de girar, per tal de no crear una posició descentrada d'espatlles i omòplats.

El tòrax ha d'estar en posició relaxada, amb tota la musculatura distensionada per no bloquejar el procés natural de respiració. Respecte la connexió entre els braços i el cos i la zona del trapezi es vol que estigui el menys tensa possible, evitant l'elevació de les espatlles que produeix tensió en tota la zona superior de l'esquena. Per tant en la mesura del possibles intentar mantenir les espatlles simètriques entre si

Llavors es conclou que les variables que representen una postura correcta són les que mostra el professor de Trompa del Conservatori de música Isaac Albéniz de Girona de la mateixa manera que proposa la tècnica Alexander. En la Figura 31 es pot veure com de la posició on la trompa es troba paral·lela al terra (posició_0) es realitza una rotació en l'eix Y de 30° i posteriorment una rotació en l'eix X de 45° per portar la trompa a la posició per poder-la tocar amb una bona postura (posició_treball). La rotació en l'eix Z és lliure i el músic decideix.

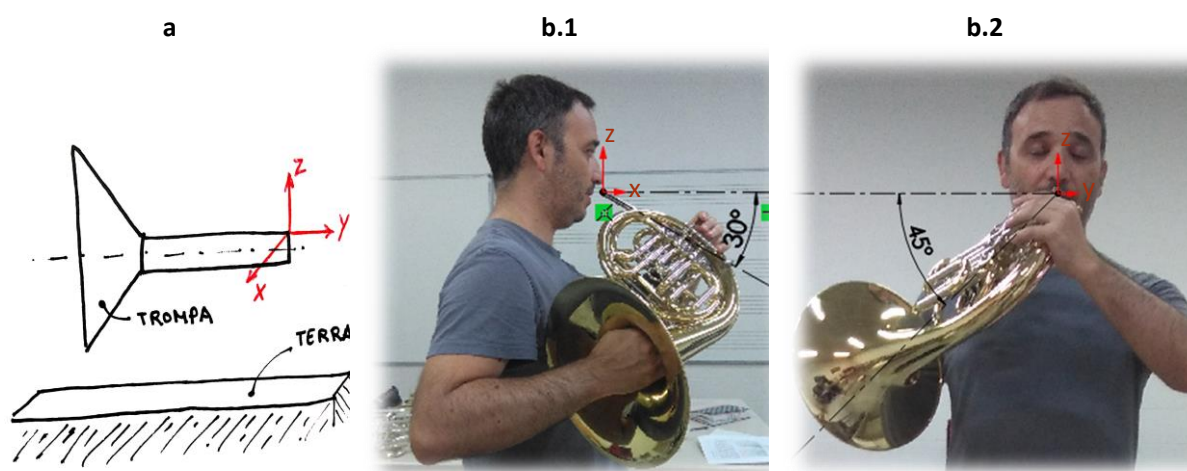


Figura 31: (a) Posició_0 trompa paral·lela al terra, pla XY. (b.1) Professor de trompa pla XZ, imatge de la rotació en X de 30° . (b.2) Professor de trompa pla YZ, rotació en l'eix Y de 45° .

Característiques dels alumnes i l'espai

L'usuari del producte seran nens i nenes d'edats entre 7 i 12 anys, i de diferents regions del món. Per aquest motiu es realitza una recerca de l'estadística d'alçades per poder ajustar l'alçada que haurà d'arribar al dispositiu final. La Taula 16 reflexa aquesta recerca. També es tindrà en compte que com volem l'alçada del broquet (dels peus fins la boca) a les alçades anteriors s'haurà de restar-li uns 15-25 cm de la distància del cap a la boca. Aquest projecte però es centrarà en els alumnes de trompa de l'Europa mediterrània incloent possibles excepcions.

Taula 16: Alçada dels infants en diferents regions del món

ALÇADA INFANTS (cm)	7 anys	12 anys
Europa Mediterrània (Espanya)	(110-131)	(149-155)
Europa Nord (Alemanya)	(113-132)	(147-163)
USA	(112-132)	(136-164)
Àsia (Xina)	(105-127)	(130-147)

Un altre aspecte important a tenir en compte és el volum que ocuparà aquest producte. Per tenir una referència es crearà un evolvent amb geometria senzilla per poder fer de manera fàcil càlculs de volums si és necessari.

L'evolvent de l'alumne que toca la trompa de forma generalitzada és un cilindre d'alçada 135 cm (valor mitjà dels infants d'Europa Mediterrània amb edats compreses entre 7 i 12 anys) i de radi 21,5 cm (en aquest cas es té en compte que l'extensió dels braços quan estan totalment oberts és igual a l'alçada de la persona per tant si féssim un cercle aquest tindria $r = \frac{135}{2 \cdot \pi} = 21,5 \text{ cm}$ i es desplaça aquest cercle al centre geomètric de la persona ja que quan toca la trompa els braços s'apropen al cos).

L'evolvent del suport no haurà d'ocupar més del 60% de l'evolvent anterior.

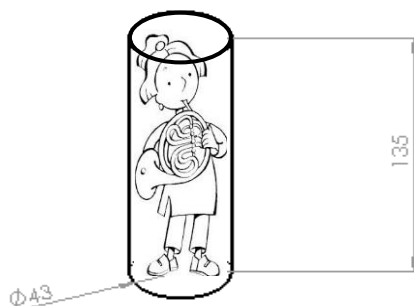


Figura 32: L'evolvent de l'alumne amb les seves dimensions en cm.

Característiques de les trompes

A continuació es presenten diferents característiques tècniques importants per definir la trompa, el pes i el material.

El pes d'una trompa junior oscil·la entre 2,3Kg i 2,6Kg i depèn sobretot del material utilitzat en la construcció i per tant en la gamma de la trompa. Majoritàriament les trompes i els instruments de vent-metall es realitzen d'aliatges mal·leables (veure Taula 16) per temes constructius i sonors

Taula 17: Aliatges mal·leables per la construcció d'instruments de vent-metall.

Material	Components
Metall groc (Llautó)	70% de coure/30% de zinc
Metall per electrificació	80% de coure/20% de zinc
German plata	Coure/zinc/níquel (en diferents proporcions)

ANNEX B: Mètode de disseny. FASE 0

Matriu morfològica

Per poder generar les primeres possibles solucions per al projecte, es va utilitzar el mètode de selecció de "matriu morfològica". Aquest mètode consisteix a fer una matriu on s'associen diferents solucions físiques a funcions o restriccions indispensables. La Taula 18 resumeix la matriu morfològica.

Taula 18: Matriu morfològica per la generació de conceptes.

Funció o restricció	Solució física A	Solució física B	Solució física C	Solució física D	Solució física E
F1. Suportar i transmetre càrregues.	Base amb cinc peus 	Trípod de càmera 	Suport de paret de TV 	Suport cadenes 	
F2. Ajustar-se a la trompa de cada estudiant.	Pinça multi-tub 	Cap pal selfie 	Vetes adherents 35 X 1 cm 	Brides 	Peça de tela 

<p>F3.1 Permetre rotacions de l'instrument.</p>	<p>Ròtula de bola</p> 	<p>Articulació 3D</p> 	<p>Cadenes</p> 		
<p>F3.2. Permetre les translacions de l'instrument.</p>	<p>Pal prismàtic base</p> 	<p>Tanca bloqueig columna central</p> 	<p>Cremallera</p> 	<p>Pistó</p> 	<p>Politja</p> 
<p>Cs1. El material en contacte amb la trompa no pot causar danys sobre la</p>	<p>Goma</p> 	<p>PLA/ABS</p> 	<p>Fibra de carboni</p> 	<p>Resina elàstica</p> 	<p>Resina plàstica</p> 

Subdivisió dels conceptes en elements bàsics

Després de generar la matriu, es realitza un debat per combinar les diferents solucions físiques entre si i així trobar les alternatives inicials. Per poder diferenciar i caracteritzar bé aquestes alternatives es va subdividir la seva estructura en tres elements essencials, tal i com podem observar en la Figura 33.

- CONJUNT SUBJECTE (CS): conjunt de peces que estaran en contacte amb l'instrument, l'àrea de subjecció.
- CONJUNT UNIÓ (CU): conjunt de peces que formen part de la zona d'unió entre el conjunt de la base i el conjunt contacte.
- CONJUNT BASE (CB): conjunt de peces que es posaran en contacte amb l'entorn exterior com el terra, la paret o el cos del músic.

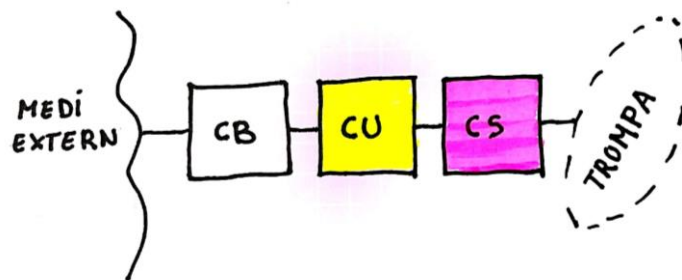


Figura 33: Esquema del elements bàsics de les diferents alternatives. En rosa el conjunt subjecte, en groc el conjunt unió i en blanc el conjunt base.

Per exemple la primera alternativa que s'ha generat és el Concepte1 i en la Figura 34 es pot veure els tres elements diferenciats per color. En color rosa el conjunt subjecte (CS), en color groc el conjunt unió (CU) i en color blanc el conjunt base (CB). Aquest concepte s'ha creat combinant diferents caselles de la matriu morfològica, les quals estan codificades amb un codi format pel número de funció o restricció primer i després la lletra de les columnes que corresponen a solucions físiques. Per tant el Concepte1 està format a partir de la combinació de F1C, F2B, F3.1A i Cs1A que correspon a un suport de televisió. Un cap de pal selfie, una ròtula de bola i goma respectivament.

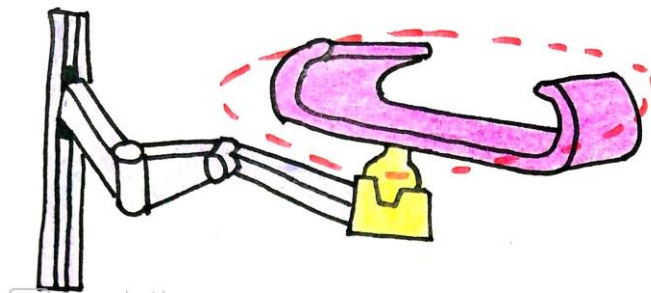


Figura 34: Concepte1 generat a partir de la matriu morfològica.

Alternatives

La totalitat dels conceptes sorgits de la selecció a partir de la matriu morfològica es poden veure dibuixats i descrits a la Figura 35 i la Taula 19.

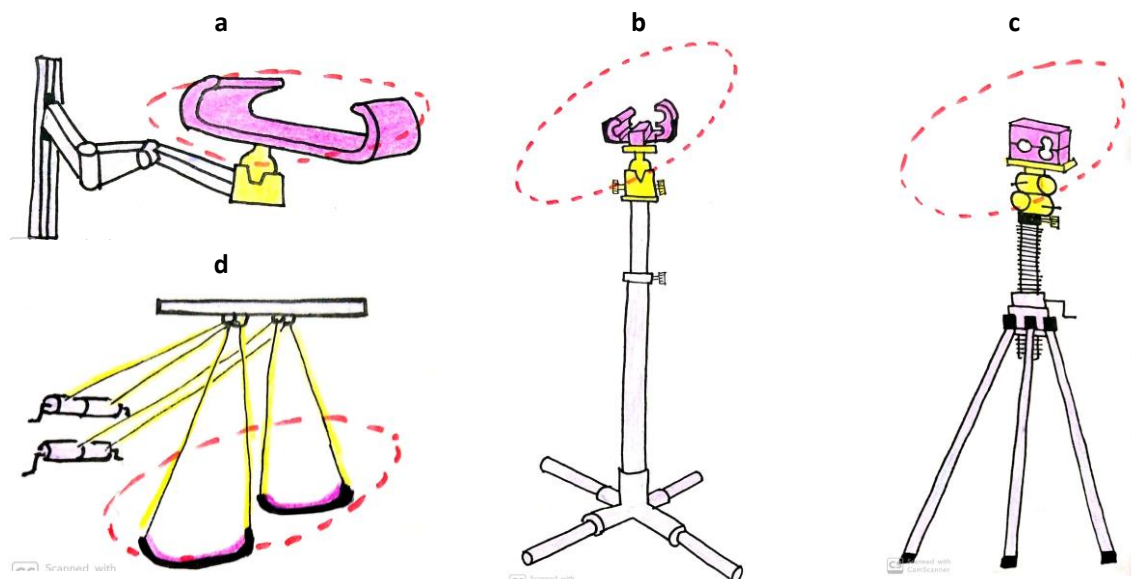


Figura 35: Els sketches de concepte. Conjunts: CS (rosa), CU (groc) i CB (blanc), posició de l'instrument vermell
petita línia de punt. (a) Concepte1 (b) Concepte2 (c) Concepte3 (d) Concepte4

Taula 19: Sumari i descripció dels conceptes sorgits a partir de la matriu morfològica.

CODI	Descripció	Combinació matriu
Concepte1	En aquesta opció la trompa és subjectada a través de la zona perifèrica dels tubs exteriors simulant un estand comercial per a trompa. Aquest conjunt està connectat amb un braç amb tres graus de llibertat (que permeten tres rotacions) situades en un bastidor a la paret vertical que permet canviar l'altura del dispositiu.	F1C, F2B, F 3.1 A, Cs1A
Concepte2	En aquest segon concepte, la trompa és subjectada per un dispositiu en forma de grapa fixada en els tubs d'interior. La base del suport és un trípede per a una càmera. Les rotacions es fan a partir d'un parell d'articulacions. Per tal d'ajustar l'alçada, tenim un sistema amb cremallera.	F1A, F2B, F3.1A, F3.2A, Cs1D
Concepte3	Aquesta solució és molt similar al Concepte2, ja que el sistema de subjecció també està situat en els tubs interns de l'instrument. En aquesta ocasió el dispositiu de subjecció és similar al del capçal d'un pal <i>selfie</i> però aquest estaria adaptat amb la forma dels tubs. Les rotacions seran possibles gràcies a una ròtula de bola. La base seria la del suport de fagot vist en Benchmarking.	F1B, F2A, F3.1B, F3.2C, Cs1B
Concepte4	En l'últim concepte la trompa se suspèn del sostre a través de cables que regulen la seva longitud amb politges. L'instrument es manté a través d'un suport tèxtil al final dels cables	F1D, F2E, F3.1C i F3.2E

Avaluació

Tot seguit es realitza una avaluació de viabilitat per reduir el nombre d'alternatives. En l'avaluació les opcions eren factibles, no factibles o condicionals ⁵. El resum d'aquesta avaluació es troba en la Taula 20 juntament amb els motius de la seva elecció.

Taula 20: Avaluació de factibilitat dels conceptes.

CODI	Viabilitat	Raons
Concepte1	No és factible	Gran volum, no transportable i es necessita una paret.
Concepte2	Factible	Existència de solucions en el mercat, fàcil de transportar, mecanisme simple i ocupar poc volum.
Concepte3	Factible	L'existència de solucions en el mercat, fàcil de transportar, fàcil fixació de les translacions i ocupa poc volum.
Concepte4	No és factible	De gran volum, no transportable, no ajustable, les rotacions lliures, massa complex i és necessari un sostre.

Per tant, les possibles solucions que es poden desenvolupar es basaran en els: Concepte2 i Concepte3.

⁵El terme condicional fa referència que la solució podria funcionar, per exemple, si alguna tecnologia específica millora o es desenvolupa.

ANNEX C: Mètode de disseny. FASE 1.

Després d'acabar la fase de disseny conceptual, en aquest annex es desenvolupa la tria del conjunt subjecte(CS).

La selecció es subdivideix en una primera etapa on es realitzen uns prototips que visualitzen les idees dels conceptes triats en l'ANNEX B: *Mètode de disseny. FASE 0* amb diferents materials i màquines. D'aquesta manera s'avalua amb l'ajuda del client quin dels dos elements conjunt del Concepte2 i del Concepte3, i quina tècnica és preferible per desenvolupar l'element conjunt subjecte (CS) en la següent etapa.

La segona etapa consisteix en desenvolupar l'element escollit en l'etapa anterior amb un mètode d'avaluació iteratiu fins aconseguir que s'aproximi tot el possible als requeriments desitjats seguint el criteri del grup d'investigadors i dels experts, i utilitzant prototips d'impressió ràpida per identificar ràpidament errors de dimensionament i materials.

A continuació es presenta els resultats d'aquesta selecció.

Primera etapa

Avaluació qualitativa de primer grau

En aquesta primera etapa anomenada *FASE M.0* es van utilitzar tècniques de fabricació additiva, concretament el modelat per deposició fosa (*Fused Deposition Modelling, FDM*⁶) més popularment coneguda com a impressió 3D i també l'estereolitografia (*Stelography, SLA*⁷).

La idea del Concepte2 va ser impresa mitjançant FDM utilitzant la impressora *Ultimaker3* molt ben valorada dins del món de la impressió 3D (Figura 36a). Es va imprimir utilitzant ABS com a material principal i PVA com a material de suport. El Concepte3 va ser realitzat amb la tècnica SLA utilitzant una de les màquines de l'empresa *FormLabs* i com a material base resina rígida blanca (Figura 36b).

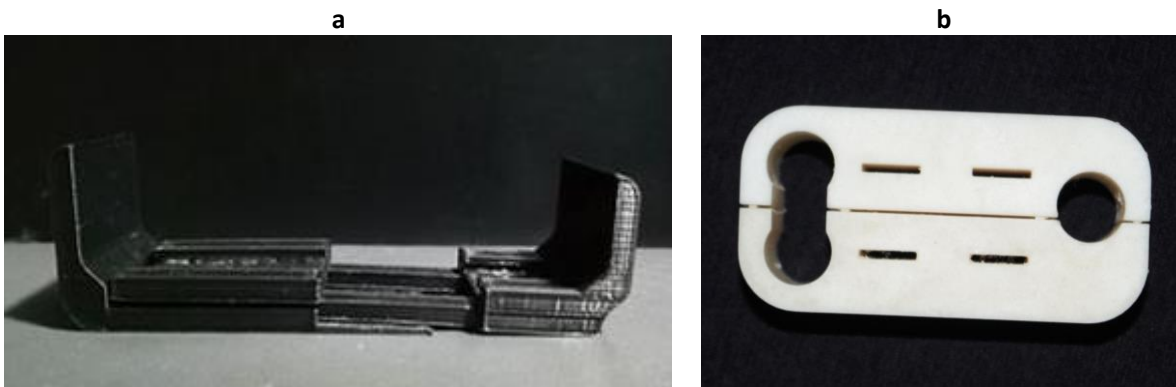


Figura 36: (a) Concepte2 prototip FDM. (b) Concepte3 prototip SLA.

Una vegada els prototips van ser impresos, es va procedir a una avaluació per part de l'equip d'enginyeria on s'avaluaven les primeres impressions de les tècniques utilitzades. La següent Taula 21 resumeix aquestes observacions. De primeres, la tècnica FDM realitza peces amb menys qualitat que la SLA per això la velocitat d'impressió d'un mateix objecte és molt més ràpida, per tant és una bona opció si no es busca precisió.

⁶ Procés de fabricació additiva utilitzat en el prototipatge i que consisteix en la deposició de capes de fils fosos una sobre l'altre per crear la peça. En aquest cas s'utilitzen majoritàriament bobines de fils plàstics.

⁷ Procés de fabricació additiva que es basa en polimeritzar la resina d'un tanc mitjançant llum ultraviolada per desenvolupar les peces.

Taula 21: Avaluació qualitativa de primer grau

Elements d'avaluació	SLA	FDM
Màquina	Gamma mitja.	Gamma mitja.
Temps d'impressió	Molt llarg al voltant de les 10 hores les dues peces.	No tant llarg al voltant de les 6,5 hores les tres peces..
Aparença d'una impressió a baixa qualitat	Bona, les dimensions de les peces són més precises tot i que queden marques dels suports per tant haurà de passar per un processat.	No gaire bona, les dimensions no s'ajusten i entre les peces hi ha un error considerable. Tot i això no es noten gaire les capes de la impressió.
Extracció del material de suport	Difícil, ja que sempre s'ha de polir per eliminar els rastres del suport.	Fàcil, ja que el material de suport pot ser soluble amb aigua.

Avaluació qualitativa de segon grau

Un cop avaluades les tècniques de forma genèrica es presenten els prototips al professor de trompa per avaluar i comparar el conjunt CS amb el producte millor valorat del mercat, l'*ergobrass*, el qual conté com a conjunt subjecte (CS) una platina amb forats que s'uneixen a la trompa mitjançant unes brides. Per fer-ho s'utilitza el mètode *Pugh Concept Selection Method* on es seleccionen diferents criteris que ens interessin revisar per el desenvolupament posterior del producte i puntuem primer de tot el producte comercial del 0 al 10. El producte comercial serà la referència de comparació. Si el concepte prototipat és millor afegirem un (+), si és pitjor (-) i si és similar (s). La Taula 22 mostra els resultats.

Taula 22: Avaluació qualitativa de segon grau (*Pugh Concept Selection Method*)

Criteris	CS del Concepte2	CS del Concepte3	CS de ERGOBRASS
Ràpid de muntar	+	S	5
Fàcil de muntar	S	-	7
Fàcil de desmuntar	+	+	6
Millor aparença	+	+	4
Millor seguretat en la subjecció	-	+	6
Sistema més agradable pel músic	+	S	6
Millor adaptació a l'instrument	S	+	7
Volum més petit	S	-	6
$\Sigma+$	4	4	
$\Sigma-$	1	2	
ΣS	3	2	

Amb la suma de cada signe en les últimes files de la Taula 22, es pot decidir quin dels dos conceptes definitivament seguirà en el procés de desenvolupament. En aquest cas, el concepte amb més símbols positius i menys símbols negatius és el Concepte2, per tant, serà l'opció que continuarà en la següent fase. Tot i que la tècnica SLA doni millor resultats en precisió, es decideix que es continuarà amb la tècnica de FDM per fer el prototip ja que és una tècnica més ràpida amb més opcions de materials i amb la possibilitat d'imprimir amb més d'un material a l'hora que ens estalviarà temps en l'eliminació de suports. També és una tècnica que no necessita de post processat al contrari de la SLA que necessita un fornejat per acabar de curar les peces.

Segona etapa

Triat el conjunt subjecte (CS) i la tècnica per desenvolupar el prototip ja es pot iniciar el procés de dibuix i fabricació. Aquest procés seguirà un procés d'avaluació contínua amb el client i estarà basat en iteracions. Es crearà una nova iteració quan la versió del disseny hagi petit un canvi notable en la geometria o en la relació entre les peces que el formen respecte a la versió anterior.

Procés segona etapa de selecció

El procés seguit de forma general en les iteracions és el mostrat en la Figura 37. Primer s'utilitza un programari de dibuix en 3D concretament el *SolidWorks (CAD)* per dibuixar totes les peces. Un cop dibuixades es desen en format *STL (Standard Triangle Language)* que defineix la geometria 3D en un conjunt de triangle i més tard s'introdueix l'arxiu STL al programari *SLICER (CAM)*. Aquest programari té com objectiu traduir la geometria 3D a llenguatge màquina a través de definir trajectòries a diferents capes amb configuracions preestablertes per l'usuari. D'aquest pas s'obté un arxiu *GCODE (CAM)* que mitjançant un targeta microSD o un USB s'introdueix a la impressora i s'inicia la impressió. Després de finalitzar la impressió s'extreia el material de suport, es muntaven les peces i s'avaluen les peces. Només s'ensenyaran al client aquelles iteracions finals, les quals siguin funcionals perquè d'aquesta manera pugui donar retroaccions sobre el funcionament. Es seguirà el procés d'iteracions fins a trobar el primer disseny que sigui suficientment funcional per ser utilitzat durant una classe de trompa.

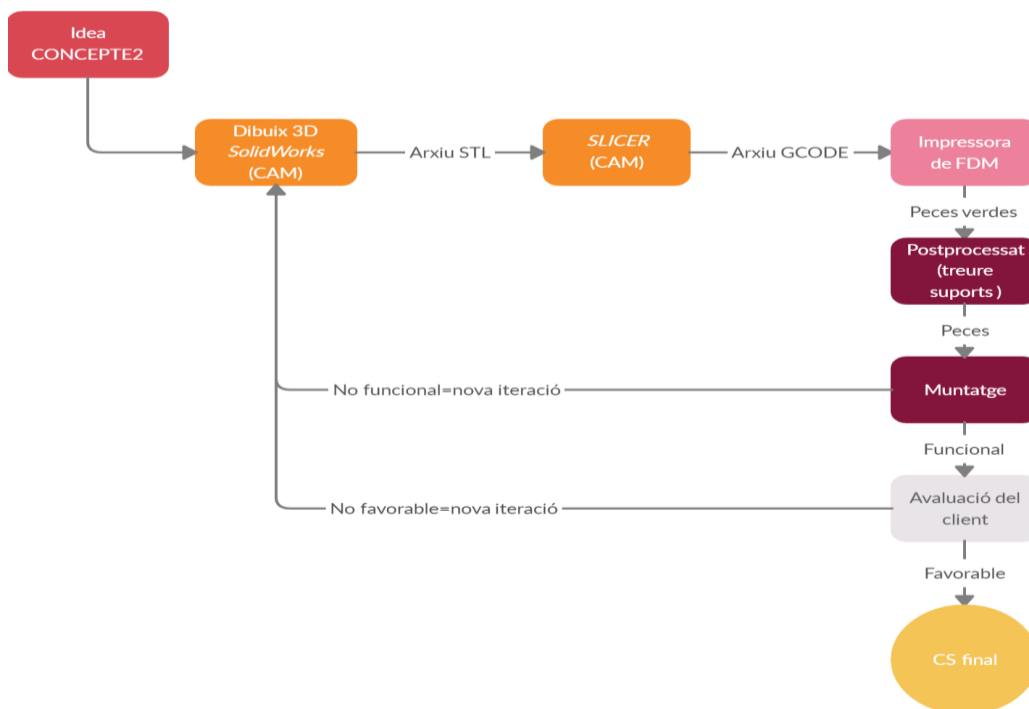


Figura 37: Procés de fabricació i selecció de la segona etapa del mètode de selecció. En color taronges les etapes amb ordinador, en rosa etapes amb màquina i en marró etapes manuals.

Resultats de l'avaluació continuada (Diari d'impressions)

En aquest apartat es descriuen les diferents iteracions realitzades juntament amb les avaluacions i millores entre elles (Taula 23). En les diferents iteracions s'haurà de tenir en compte que el Concepte2 està format per un conjunt de peces que formaran la part universal, un conjunt de peces que seran la part intercanviable o específica i finalment les molles. Les característiques de temps d'impressió i del materials gastat per peça i per versió es troben en la

Taula 23: Diari d'impressió

Iteració	Data	Impressió	Descripció	Avaluació	Millores
V0	15/03/19	<p>Per començar les iteracions utilitzem una impressora de FDM de gamma mitjana anomenada Ultimaker3. S'ha imprès amb els dos extrusors un amb el material base (PLA) i l'altre amb el material per construir suports (PVA).</p> <p>Les configuracions establertes en el SLICER per una impressió ràpida, 25% d'<i>Infill</i> (densitat de capa, 0,15 mm de gruix de capa i estil de capa hexagonal.</p>	<p>Aquesta versió inicial mostra l'estructura del mecanisme de subjecció mitjançant dues motlles que treballen a compressió. Consta de tres peces: la peça 1 situada a la dreta de la imatge és la part mòbil, la peça 2 a l'esquerra que correspon a la part fixe i finalment la peça 3 fixada amb cargols sobre la peça 2. Aquesta estructura només correspon a la part universal de la solució.</p> <p>S'ha volgut imitar exactament el mecanisme d'un capçal <i>selfie</i> per poder fer les primeres millores del sistema i testejar les característiques de la impressora.</p>	<p>Un cop imprès s'ha vist que el sistema a tres peces i amb una d'elles cargolada és complex de muntar i molt incòmode per afegir més tard els components en contacte amb els tubs de la trompa.</p> <p>A més a més. la geometria entre la peça 1 i la peça 2 no ha concordat a la primera (s'ha hagut de corregir amb un factor de correcció les mesures originals) mostrant el primer problema de treballar amb tècniques additives no convencionals, errors en les mesures associats a la temperatura i en la contracció del material.</p>	<p>-Evitar cargols en les unions</p> <p>-Pensar en altres geometries possibles en impressió 3D per fer unions i reduir el nombre de peces. És a dir pensar el disseny per a el muntatge (DFA, <i>Design for Assembly</i>)</p> <p>-Aplicar factor de correcció directament en el SLICER.</p> <p>-Mantenir el mecanisme.</p>
V1	23/04/19	<p>En aquesta versió s'ha utilitzat la impressora 3NTR de tres capçals. La precisió d'aquesta màquina és més acurada ja que en el SLICER contempla de manera predeterminada el factor de correcció de 1,04 en la</p>	<p>El mecanisme s'ha millorat de tal manera que ara la peça 3 no és necessària i per tant no necessitem cargols. La peça 2 ara inclou la peça 3 com a sostre i les molles s'introdueixen per dos forats inclinats en el revers de la</p>	<p>S'ha pogut observar que en aquest cas les peces encaixen perfectament. Tot i que a l'hora d'afegir les molles no encaixaven ja que els hi faltava espai per poder lliscar. Per tant en la següent versió s'ha d'afegir més espai allà on s'allotgen i assegurar que la rugositat de la superfície no és un</p>	<p>-Millorar l'espai que allotja les molles. Afegir una secció rodona més gran.</p> <p>-Moure forats d'inserció de molles, per</p>

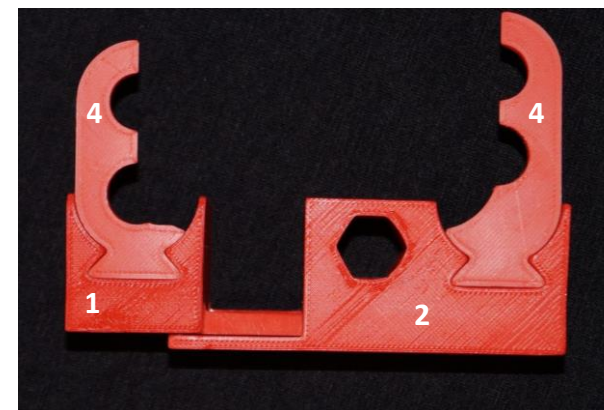
		<p>geometria que vam trobar en l'anterior versió com a solució als errors de dimensionament. La impressió s'ha realitzat amb ABS com a material base i com a material de suport el SS02 exclusiu de la marca 3NTR. La configuració era d'una impressió al 40% de precisió, amb un <i>infill</i> del 33,33% i un gruix de capa de 0,1 mm.</p>	<p>peça 2 a la cavitat on treballaran a compressió. També s'ha canviat el tipus d'unió entre la part universal on es troba el mecanisme i les part intercanviable per cada trompa. S'ha inclòs una unió de fusteria anomenada de cua de milà. Per provar aquesta unió s'imprimeix també el perfil <i>Holton</i> amb ABS (peça4).</p>	<p>impediment en el seu moviment. Els forats inclinats també s'hauran de desplaçar.</p> <p>La unió de cua de milà funciona bé amb el poc gruix del perfil imprès. S'ha de veure si amb el gruix original i amb el material flexible funcionarà en la següent iteració. Però el perfil no encaixa correctament amb la zona de subjecció de la trompa</p>	<p>comprovar la seva eficàcia.</p> <p>-Optimitzar la forma (optimitzar topologia 3D).</p> <p>-Imprimir perfils específics de trompa <i>Holton</i> amb el gruix correctes i el material flexible <i>ELASTO95</i>.</p>
V2	21/05/19	<p>Es torna a utilitzar la 3NTR amb les mateixes configuracions que la versió anterior per imprimir les peces de la part universal. En aquest cas també s'imprimeix la peça quatre o part específica amb material base d'<i>ELASTO95</i> juntament amb el seu material de suport corresponent el SS04 amb les mateixes configuracions d'impressió que la part universal.</p>	<p>Aquesta és la primer iteració funcional que serà presentada al client .</p> <p>Els forats recipients de les molles en la peça 2 s'han fet més grossos i la secció ha canviat per incloure un petit tros circular .</p> <p>La peça 4 que correspon al perfil de la zona de subjecció de la trompa <i>Holton</i> s'ha imprès amb el material <i>ELASTO95</i> amb una nova geometria dels forats perquè coincideixi millor amb la zona de subjecció.</p>	<p>Tot el mecanisme funciona correctament exceptuant que quan les molles fan el retrocés a la seva posició natural queden frenades, com si hi hagués un esmorteïment que no es buscava.</p> <p>Presentem el dispositiu al professor de trompa i l'avalua positivament ja que és capaç d'aguantar la trompa sense problemes. Creu però el sistema d'unió de cua de milà visualment podria semblar que poguessin rrelliscar les peces entre elles, tot i que s'ha comprovat que no llisquen. Per tant ell recomana que de cares a la següent iteració s'arregli.</p> <p>També comenta que la forma hauria de ser més ergonòmica per poder obrir la pinça amb més facilitat per introduir-ho a l'instrument. A més a més creu que les dues peces que formen la peça 4 s'haurien de diferenciar per no haver equivocacions en el muntatge.</p>	<p>-Revisar mesures de la unió entre la peça 1 i 2.</p> <p>-Millorar sistema cua de milà.</p> <p>-Millorar l'aparença exterior de manera ergonòmica.</p> <p>-Diferenciar les dues peces de la peça 4.</p>

<p>V3</p>	<p>17/08/19</p>	<p>Aquesta última iteració també es realitza amb la 3NTR. Les configuracions utilitzades també són les mateixes que la iteració anterior i s'utilitzen els mateixos materials tot i que l'ABS en aquest cas és de color negre per donar una mica d'elegància al prototip.</p>	<p>La iteració consta de la peça 1 i 2 fetes amb ABS negre, les quals han patit una petita transformació geomètrica. S'han realitzat arrodoniments, perforacions poc profundes perquè l'usuari pugui obrir la pinça còmodament i s'ha dissenyat una paret en la zona de connexió amb la peça 4, és a dir on hi ha l'estructura de cua de milà, per evitar que entre la peça 4 i les altres rellisquin.</p> <p>Finalment la peça 4 està feta de <i>ELASTO95</i> i cadascuna de les seves peces conté una forma diferent en la cua de milà per evitar confusions a l'hora de muntar el dispositiu.</p>	<p>Durant aquesta iteració hi hagut problemes amb la impressora, ja que aquesta ha fet diverses impressions amb molt baixa qualitat per diversos problemes. Per tant aquesta última versió podria tenir més qualitat en futures versions.</p> <p>El mecanisme funciona correctament però les molles utilitzades han cedit una mica ja que porten diferents usos i sembla que s'hauria de canviar per unes noves per poder guanyar resistència.</p> <p>La nova geometria exterior ajuda a que el dispositiu sigui més còmode i segur, però tot i així en un futur seria interessant contar amb la opinió d'un dissenyador per saber quines millores es podrien realitzar perquè pogués ser un bon producte comercial.</p>	<p>-Millorar el disseny ergonòmic.</p>
------------------	-----------------	---	--	--	--

a



b



c



d

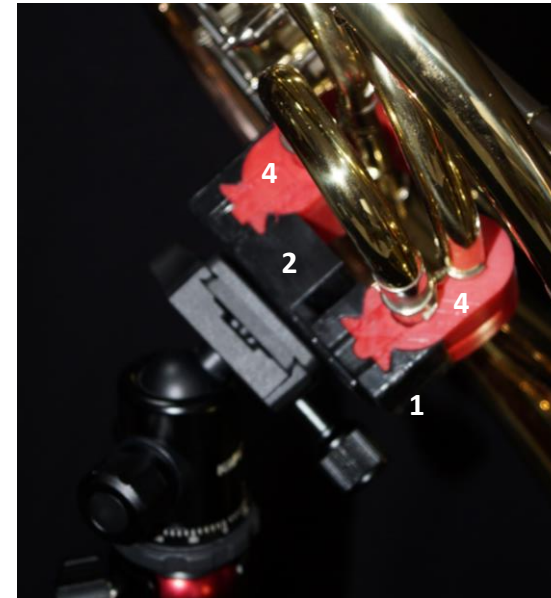


Figura 38: (a) Prototip V0, (b) Prototips V1, (c) Prototip V2 i (d) Prototip V3. En números blancs el nom de les peces.

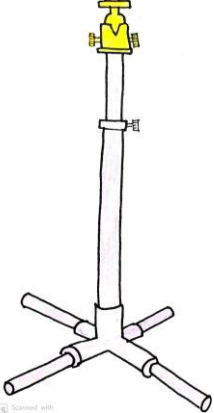
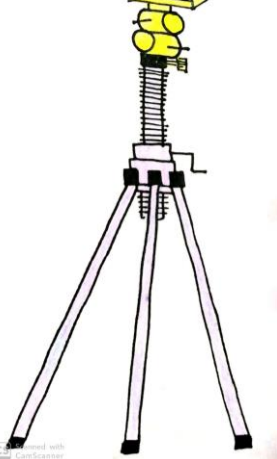
Taula 24: Material i temps d'impressió.

Iteració	Peça	Material base (m)	Material suport (m)	Temps d'impressió per peça (h:min)	Temps total impressió (h:min)
V0	1	2,74	0,97	4:47	11:57
	2	3,40	2,04	6:24	
	3	1,50	0,23	0:40	
V1	1	3,10	1,40	4:10	10:40
	2	6,20	1,57	5:43	
	4	0,57	0,20	0:20	
V2	1	3,10	1,40	4:10	16:36
	2	5,90	1,57	5:21	
	4	7,41	1,16	7:05	
V3	1	2,90	1,27	3:39	11:21
	2	4,37	1,30	4:37	
	4	6,49	0,90	5:52	

ANNEX D: Mètode de disseny. FASE 2

Aquest annex explica el procediment de selecció dels elements comercials conjunt unió (CU) i conjunt base (CB). De la Fase 0 del mètode de selecció obtenim com a idees principals els conjunts que formen part del Concepte2 i el Concepte3 (veure descripció i codificació dels conjunts en la Taula 25)

Taula 25: Resum de CU i CB dels conceptes sorgits de la Fase 0

Concepte	Descripció
 <p data-bbox="341 931 577 958">Figura 39: Concepte2</p>	<p data-bbox="667 591 1198 618">El Concepte2 conté com a conjunts els següents:</p> <ul data-bbox="715 624 1230 891" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="715 624 1230 719">• CU.2: Es tracta d'una ròtula de bola amb plaqueta adaptadora original per a càmeres que ens permet la lliure rotació. <li data-bbox="715 725 1230 891">• CB.2: Base quatre potes paral·leles al terra amb una columna central formada per dos tubs de diferent diàmetre i un regulador d'alçada de cargol típic de trípod.
 <p data-bbox="341 1429 577 1456">Figura 40: Concepte3</p>	<p data-bbox="667 1061 1222 1088">El Concepte3 conté com a conjunts els següents:</p> <ul data-bbox="715 1095 1230 1361" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="715 1095 1230 1261">• CU.3: En aquest cas es tracta d'una unió articulada que permet les rotacions també en els tres eixos, però a diferència de la ròtula, hi ha més control alhora d'aconseguir un punt en l'espai. <li data-bbox="715 1267 1230 1361">• CB.4: Base de trípod de càmera amb un regulador d'alçada de carraca o de cremallera.

Descrits els conceptes base dels elements comercials s'inicia la cerca en el mercat per veure quins productes s'acosten a les idees del Concepte2 i el Concepte3. S'ha de tenir en compte que és molt difícil trobar exactament els mateixos conceptes per tant serà vàlid buscar productes que combinin elements de dos conceptes. Per tant després de la recerca obtenim els resultat de la recerca en la Taula 26 i les imatges dels productes solució en la Figura 41.

Taula 26: Productes comercials sorgits de la recerca en el mercat.

CODI	Nom	Descripció i combinació	CU i CB s'obtenen junts?	Necessita adaptació?	Preu total (€)	Capacitat de càrrega (Kg)	Alçada màxima (cm)	Pes del dispositiu (Kg)
1	<i>Neewer 142cm Trípode de Càmera de Alumini + Cabezal Neewer panorámico</i>	Base de trípede per a càmeres de vídeo juntament amb un capçal panoràmic de tres articulacions . Format pels conjunt CU.3 i CB.2 amb regulador d'alçada de carraca.	No	Sí	24,99+29,99	4	142	1,5
2	<i>Soporte para fagot ZASMUSIC + adaptació</i>	Peu de 5 peus amb regulador d'alçada de rosca destinat al fagot, instrument musical de vent fusta amb una llargada de 1,4 metres. La combinació de conjunts és CU.2 i CB.3 sense regulador d'alçada de carraca.	No	Sí	488,2+17,99	8	130	3
3	<i>Trípode K&F Concept Trípode Càmera Reflex TM2515T</i>	Trípode per a càmera reflex format pels conjunt CU.2 i CB.3 amb un regulador d'alçada de rosca i columna central amb la possibilitat de ser transversal. Realitzat amb aliatges d'alumini i magnesi.	Sí	No	97,78	10	134	1,65
4	<i>TM2534T Trípode Monopie Kit de Canon Nikon Càmera Reflex Profesional</i>	Mateixa solució que la solució amb codi 3 però canvien les seves especificacions.	Sí	No	133,34	8	171,5	1,98

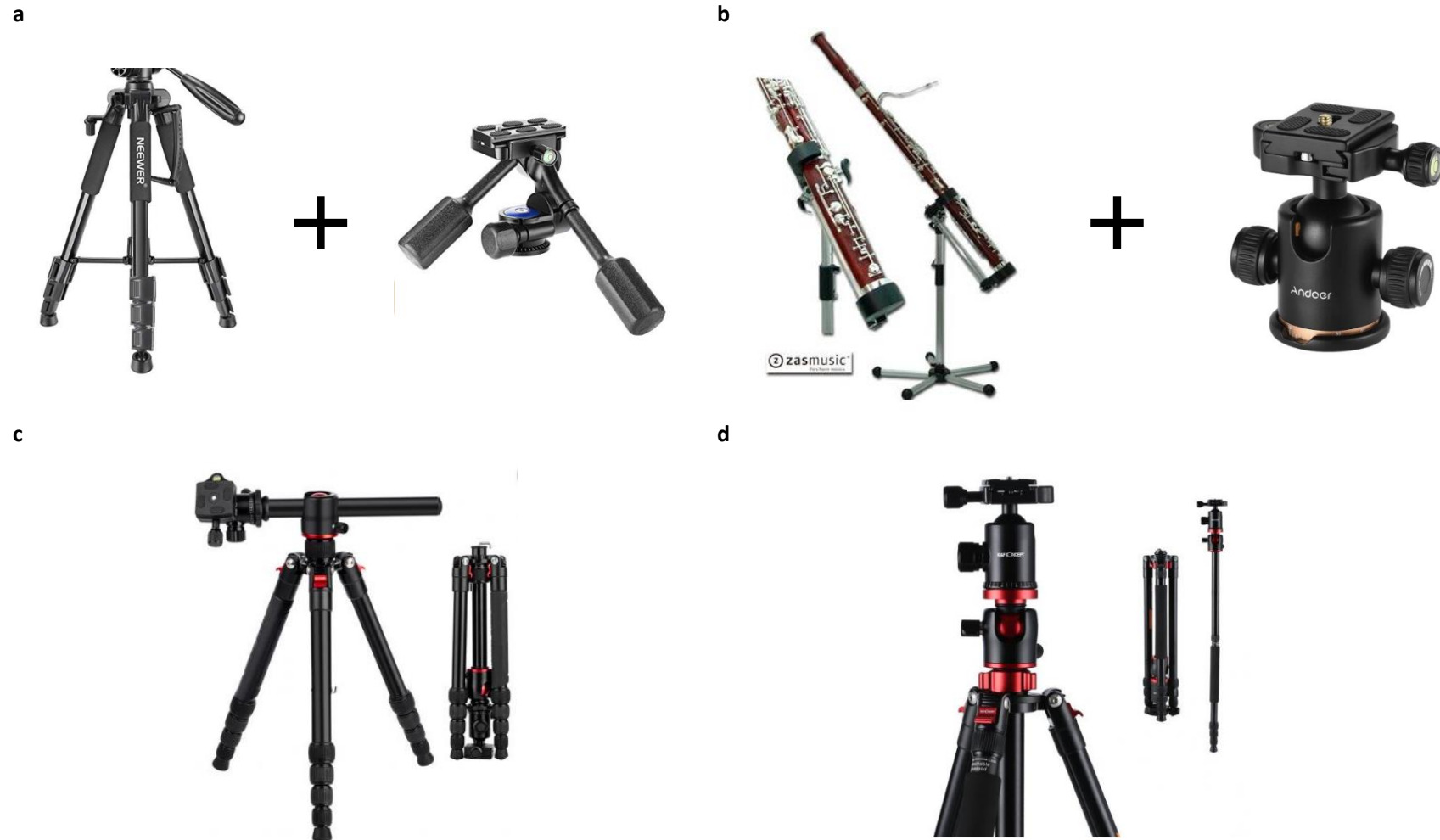


Figura 41: (a) Solució codi 1, (b) Solució codi 2, (c) Solució codi 3 i (c) Solució codi 4

Per avaluar les solucions comercials utilitzarem el mètode de *Weighted Decision Matrix*, on s'utilitza una matriu que decideix el resultat final basant-se en els pesos donats als diferents criteris de selecció i puntuant, en una escala de 0 al 4 de la Taula 27 si s'acosta cada criteri de les possibles solucions a les especificacions.

Taula 27: Taula de puntuacions per avaluar els criteris

Escala de 5 punts	Descripció
0	Inadequat
1	Feble
2	Satisfactori
3	Bo
4	Excel·lent

Primer de tot s'identifiquen els criteris de selecció, els quals seran: Cost, Capacitat de càrrega, Alçada màxima, Pes del dispositiu, Obtenció de CU i CB (fent referència si s'obtenen junts o no) i Adaptació (si necessiten adaptació o no entre els conjunts).

El següent pas és determinar un factor de pes en tant per u a cada criteri. Es realitzarà aplicant un arbre jerarquitzat a dos nivells com es pot veure a la Figura 42. Per obtenir el factor d'un nivell inferior menys específic de l'arbre multipliquem els pesos a mesura que avances en la cadena. Per exemple per obtenir el pes del criteri de Capacitat màxim s'haurà de multiplicar 0,6 per 0,3 obtenint així el 0,18 de la Taula 28.

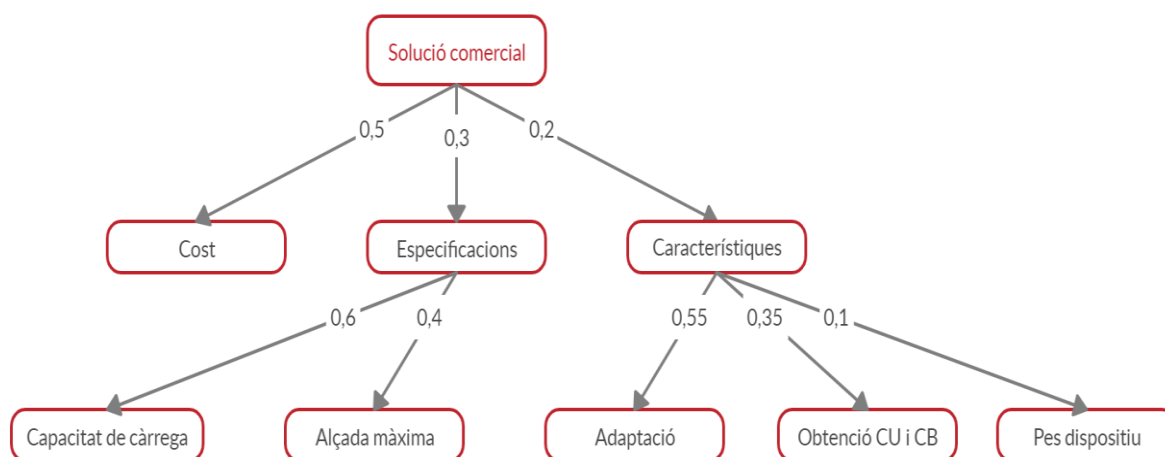


Figura 42: Arbre jerarquitzat dels criteris amb els seus pesos.

Finalment es construeix la matriu de pesos, Taula 28, on els criteris es troben en la primera columna, els pesos en la segona i en fila les diferents solucions amb els valors quantitius o qualitius dels criteris i la seva puntuació per criteri també. Per obtenir la puntuació general de cada solució se sumen la multiplicació del pes i puntuació per cada criteri. Aquella solució que s'aproximi més a 4 serà l'escollida, per tant en aquest cas serà la solució amb codi 3.

Taula 28: *Weighted Decision Matrix*. En color verd la millor opció.

Criteri	Factor de pes	Unitats	Codi solució											
			1			2			3			4		
			Valor	Punt.	Qual.	Valor	Punt.	Qual	Valor	Punt.	Qual	Valor	Punt.	Qual
Cost	0,5	€/u	54,98	4	2	506,19	0	0	97,78	3	1,5	133,34	3	1,5
Capacitat de càrrega	0,18	Kg	4	1	0,18	8	3	0,54	10	4	0,72	8	3	0,54
Alçada màxima	0,12	cm	142	4	0,48	130	3	0,36	134	3	0,36	171,5	4	0,48
Adaptació	0,11	operacions	Poques	3	0,33	Moltes	1	0,11	Cap	4	0,44	Cap	4	0,44
Obtenció de CU i CB	0,07	elements	Sí	2	0,14	Sí	2	0,14	No	4	0,28	No	4	0,28
Pes del dispositiu	0,02	Kg	1,5	4	0,08	3	1	0,02	1,65	4	0,08	1,98	3	0,06
TOTAL					3,24			1,17			3,38			3,3

ANNEX E: Càlcul experimental del Centre de Gravetat (CDG) de la trompa estudi

Objectiu

Calcular la posició del centre de gravetat (CDG) d'una trompa objecte de l'estudi. En concret fer-ho experimentalment i de manera gràfica i aproximada.

Hipòtesi de l'estudi

És interessant conèixer el centre de gravetat perquè si el punt de subjecció (anomenat punt_0) s'apropa a la posició del CDG les forces que intervindran sobre l'element conjunt subjecte (CS) seran menors.

Metodologia

La trompa és un objecte 3D format per un conjunt de tubs buits embolicats entre si, per tant és un objecte irregular i el càlcul del seu centre de gravetat de manera exacte i numèrica és realment complex. Per aquest motiu es decideix acotar la determinació de la seva posició de manera experimental.

L'experiment es basarà en penjar la trompa del sostre mitjançant una corda, tal i com veiem en la Figura 43, i trobar els diferents punts on la trompa es troba en equilibri, és a dir que sense cap mena de força que intervingui exceptuant el pes de la pròpia trompa, aquesta no s'haurà de balancejar cap a cap direcció.

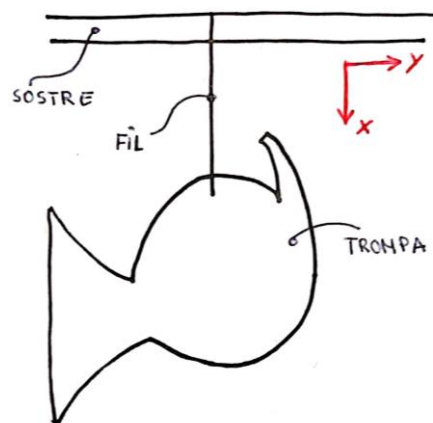


Figura 43: Croquis de l'experiment on es veu la trompa penjant del sostre i en vermell els eixos de coordenades de referència.

Quan es col·loca la trompa en una posició concreta d'equilibri, la línia que segueix de la corda en direcció positiva de l'eix X serà on residirà el CDG, però no es coneixerà la coordenada X exacte de la seva posició, Figura 44. Per conèixer en quina coordenada exacte de l'eix X es troba, s'haurà de col·locar la trompa en una altra posició d'equilibri i on es creuin les dues línies d'equilibri, la de la primera posició i la de la segona es trobarà el CDG com s'observa en la Figura 45. Es realitzarà una tercera posició per assegurar que s'ha fet correctament l'experiment, ja que si la nova línia d'equilibri cau fora d'aquest punt haurem de repetir el procés.

Per conèixer la coordenada Z realitzarem el mateix procés però en el pla YZ.

Es farà una foto per cada posició i amb un programa d'edició d'imatge es dibuixaran totes les línies d'equilibri i es trobarà el punt d'intersecció. Un cop localitzat podrem fer les mesures que convinguin en la trompa de manera física.

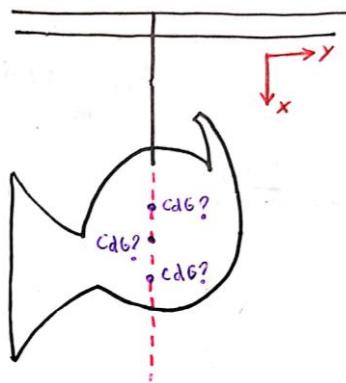


Figura 44: En color rosa observem la línia d'equilibri on es trobarà el CDG, però encara es pot saber en quin punt en concret.

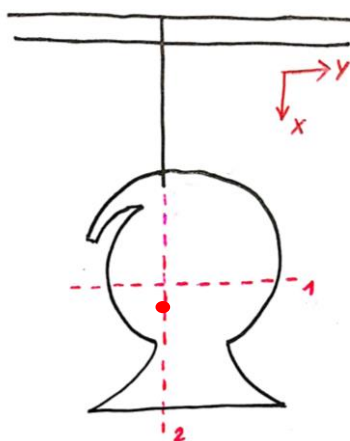


Figura 45: Nova posició d'equilibri, en aquest cas la campana està orientada cap a l'eix X. En rosa podem veure les línies d'equilibri de la posició 1 i de la nova posició 2. El punt vermell simbolitza la posició definitiva del CDG.

Resultats

Tot seguint la metodologia descrita en l'apartat anterior es penja la trompa en el sostre tal i com mostra la Figura 46 Un cop penjada en la primera posició es realitza una fotografia i es realitza el mateix procés per les diferents posicions tot traçant les línies d'equilibri posteriorment amb un programa de tractament d'imatges, tal i com s'observa en la



Figura 46: La trompa subjectada per un fil i penjada del sostre.

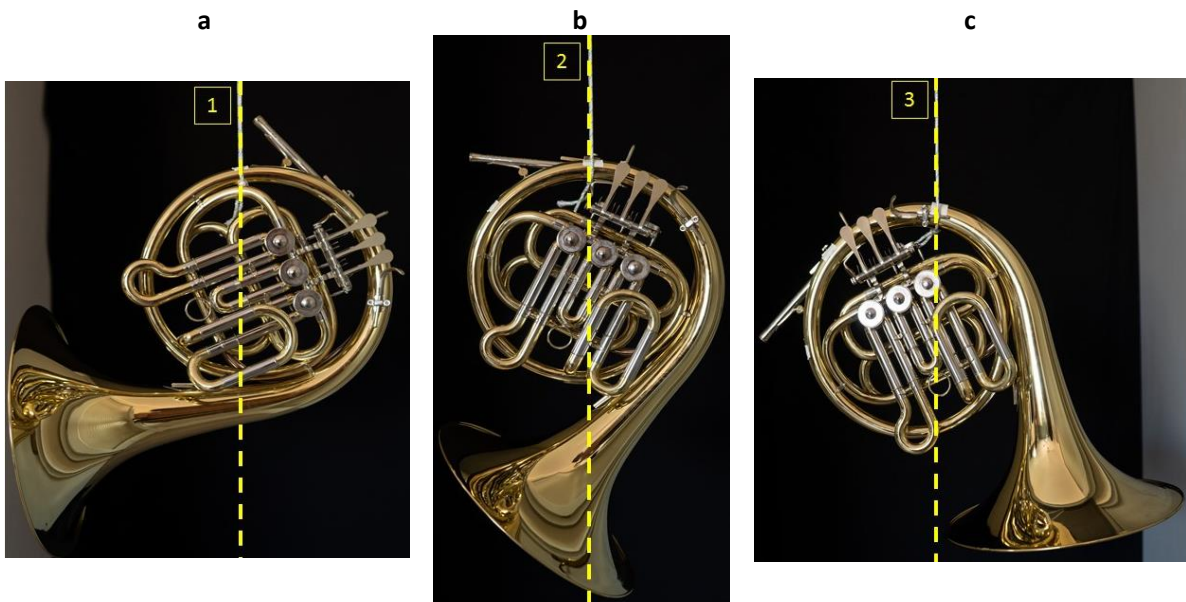


Figura 47: Posicions d'equilibri fotografiades. (a) Primera posició. (b) Segona posició. (c)tercera posició. En color groc i en discontinua les línies d'equilibri.

A continuació es superposen les fotografies i es troba el punt d'intersecció tal i com mostra la Figura 48.

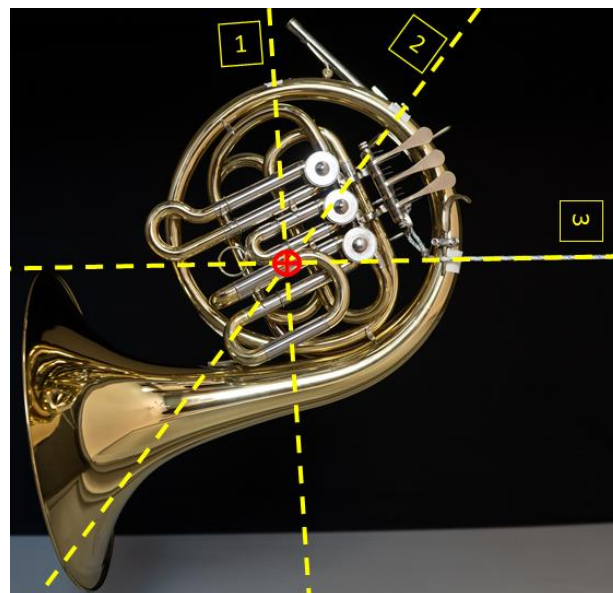


Figura 48: En groc i en discontinu les diferents línies d'equilibri i la creu vermella dins del cercle vermell és la intersecció d'elles i per tant el CDG.

D'aquesta manera es pot mesurar la coordenada X i Y respecte un punt de referència de fàcil localització que serà el centre dels eixos de coordenades, el qual es troba en la última unió entre el tub més exterior i els tubs interiors tal i com s'observa en la Figura 49 (punt blanc). Per agafar les mesures la trompa se situa plana sobre d'una taula i s'utilitza un metro i dos escaires.

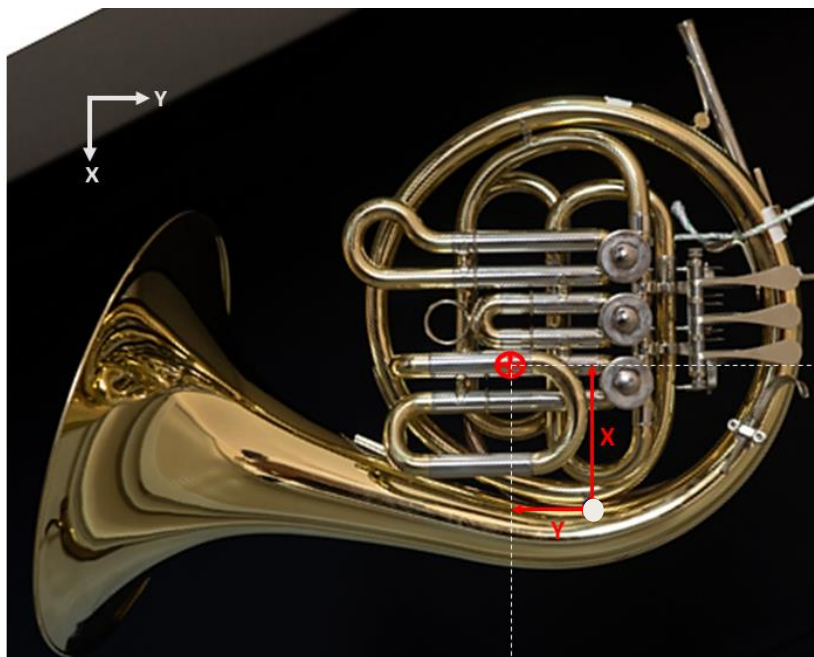


Figura 49: En color blanc es pot veure el punt de referència on s'agafaran les mesures i en blanc els eixos de coordenades.

Per tant les coordenades X i Y, son $10,6 \text{ cm}$ i $4,2 \text{ cm}$ respectivament. La coordenada Z l'obtenim de la mateixa manera però en el pla YZ de la trompa i té el valor 0 cm , ja que es troba justament en el centre del tub extern de la trompa de la mateixa manera que el punt de referència.

Ara es té el conjunt de coordenades del CDG referenciades al punt de referència i el que es vol per a futurs càlculs és el vector distància (\vec{d}_0) del punt del CDG de la trompa (CDG) fins el punt de subjecció del conjunt subjecte (punt_0). Per obtenir-lo es resten a les coordenades del punt_0 les coordenades del punt del CDG, tal i com es pot observar en l' (Eq. 1).

$$\begin{aligned} \vec{d}_0 = \overrightarrow{\text{CDGpunt}_0} &= \text{punt}_0 - \text{CDG} = \begin{pmatrix} 13 \\ 4,2 \\ 0,2 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 10,6 \\ 4,2 \\ 0 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 2,4 \\ 0 \\ 0,2 \end{pmatrix} \text{ cm} \end{aligned} \quad (\text{Eq. 1})$$

El resultat està en cm i el es voldrà finalment expressar en m com mostra l'(Eq. 2

$$\vec{d}_0 = \begin{pmatrix} 2,4 \\ 0 \\ 0,2 \end{pmatrix} \text{ cm} = \begin{pmatrix} 0,024 \\ 0 \\ 0,002 \end{pmatrix} \text{ m} \quad (\text{Eq. 2})$$

ANNEX F: Càlcul Diagrama de Cos Lliure (DCL) de la trompa

Objectiu

Calcular les reaccions en el punt de subjecció en la trompa quan aquesta es troba en la posició de treball.

Hipòtesi de l'estudi

Per realitzar aquest càlcul es suposa que l'element trompa és un sòlid rígid amb geometria més simplificada que la realitat, ja que l'original és molt complexa, només tenint en compte la posició del seu CDG. I també se suposa que es troba en una situació simplificada en les forces que hi actuen. No es considera una situació hiperestàtica ja que no es contempla la força que fa l'alumne en la trompa quan toca. Per tant, es considera que el suport és capaç de suportar tot el pes de la trompa.

Dades

Les dades utilitzades són les següents:

Taula 29: Inventari de dades per l'ANNEX F: Càlcul Diagrama de Cos Lliure (DCL) de la trompa. SR=sistema de referència.

Nom	Abreviatura	Unitats	Descripció	Dada cas específic
Gravetat	\vec{g}	m/s^2	-	$9'81 m/s^2$
Massa de la trompa	m	kg	-	$2'6 kg$
Pes de la trompa en SR inicial	\vec{p}_0	N	Vector ⁸ situat en el CDG ⁹ de la trompa.	$[0, 0, 25'51] N$
Moment generat pel trasllat de \vec{p}_0	\vec{M}_p	N/m	Moment generat per traslladar \vec{p}_0 des del punt_0 fins punt de contacte.	
Reacció en SR_inicial (forces)	\vec{R}_0	N	Vector de forces situat en el punt_0 del SR_inicial on es produeix el punt de contacte entre la trompa i el CS.	-
Reacció en SR inicial (Moments)	\vec{M}_0	N/m	Vector de moments situat en el punt_0 del SR_inicial on es produeix el punt de contacte entre la trompa i el CS.	-
Distància entre c.d.g de la trompa i el punt de subjecció, en la posició_0.	\vec{d}_0	m	Vector de distància en la posició_0 on la trompa es troba horitzontal al terra.	$[x, y, z] mm$
Distància entre c.d.g de la trompa i el punt de subjecció, en la posició_treball.	\vec{d}_T	m	Vector de distància en la posició_treball que es defineix quan apliquem les rotacions α i β .	-
Angle de rotació eix X	α	$^\circ$	-	45°
Angle de rotació eix Y	β	$^\circ$	Angle de rotació del nou eix Y després d'haver rotat α .	30°

⁸ Tots els vectors definits consten de tres components.

⁹ En el ANNEX E: Càlcul experimental del Centre de Gravetat (CDG) de la trompa estudi es pot veure com s'ha obtingut la posició del centre de gravetat, el qual serà diferent per cada trompa estudi que s'analitzi.

Metodologia

A continuació es presenta una metodologia genèrica per poder estudiar tot tipus de trompa en qualsevol posició de treball.

Primer de tot la trompa se situa en la posició_0, on l'instrument es troba horitzontal i paral·lel al terra. En aquesta posició es coneix el valor del vector \vec{d}_0 obtingut en l'ANNEX E. Ara es interessant conèixer el valor d'aquest vector (ara anomenat \vec{d}_T) quan el sòlid rígid es troba en la posició_treball. La posició_treball es defineix a partir d'una primera rotació d'angle α en l'eix X del sistema de referència inicial seguida d'una rotació en Y' amb un angle β , on Y' és la nova Y després de la primera rotació. Podem observar la transformació en la Figura 50.

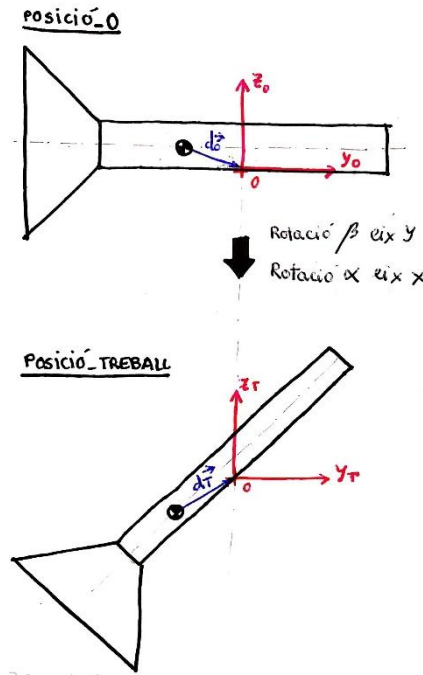


Figura 50: Evolució des de la posició_0 a la posició_treball. En rosa es pot veure els eixos Z i Y del SR_inicial el qual té el seu origen de coordenades en el punt_0 o punt de subjecció de la peça. En blau el vector distància.

Per poder obtenir el vector \vec{d}_T partint del vector \vec{d}_0 haurem de girar el sòlid rígid a partir de la matriu global de rotació R, fent ús de l'(Eq. 3).

$$\vec{d}_T = R \cdot \vec{d}_0 \tag{Eq. 3}$$

on R és la matriu de rotació global del sòlid rígid calculada multiplicant la matriu de rotació de l'eix X i posteriorment la matriu de rotació en l'eix Y', tal i com es pot observar en l'(Eq. 4, (Eq. 5 i (Eq. 6.(Eq. 5)

$$R = \text{Rotació}(x, \alpha) \cdot \text{Rotació}(y', \beta) \tag{Eq. 4}$$

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix} \tag{Eq. 5}$$

$$R = \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ \sin \beta \sin \alpha & \cos \alpha & -\cos \beta \sin \alpha \\ -\cos \alpha \sin \beta & \sin \alpha & \cos \beta \cos \alpha \end{pmatrix} \quad (\text{Eq. 6})$$

A continuació es trasllada força \vec{p}_0 des del CDG de la trompa al punt_0. Aquest trasllat generarà moment \vec{M}_p que serà calculat segons el producte vectorial de la força per la seva posició mostrat en l'(Eq. 7, en aquest cas \vec{d}_T i \vec{p}_0 respectivament.

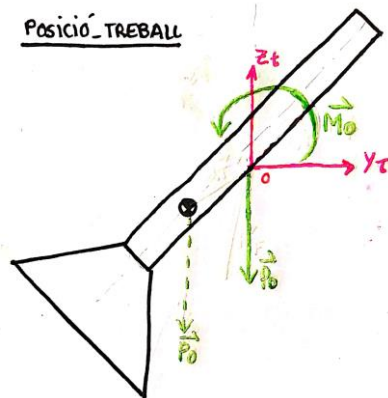


Figura 51: En color verd i discontinu es pot veure la posició original del vector \vec{p}_0 i en color verd continu el vector de la força \vec{p}_0 traslladat al punt_0 i el corresponent moment \vec{M}_0 .

$$\vec{M}_p = \vec{d}_T \wedge \vec{p}_0 \quad (\text{Eq. 7})$$

Finalment es realitza l'equilibri estàtic per trobar les reaccions provocades per CS en la trompa.

$$\sum \vec{F} = 0 \rightarrow \vec{R}_0 = -\vec{p}_0 \quad (\text{Eq. 8})$$

$$\sum \vec{M} = 0 \rightarrow \vec{M}_0 = -\vec{M}_p \quad (\text{Eq. 9})$$

Resultats

Si apliquem aquesta mateixa metodologia en el cas particular s'obtenen els següents resultats aplicant l'(Eq. 2 i (Eq. 7.

$$\vec{d}_T = \begin{pmatrix} \cos 30 & 0 & \sin 30 \\ \sin 30 \sin 45 & \cos 45 & -\cos 30 \sin 45 \\ -\cos 45 \sin 30 & \sin 45 & \cos 30 \cos 45 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,024 \\ 0 \\ 0,002 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,02178 \\ 0,00726 \\ -0,00726 \end{pmatrix} m$$

$$\vec{M}_p = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 0,02178 & 0,00726 & -0,00726 \\ 0 & 0 & 25,51 \end{vmatrix} = (0,1852 \quad -0,5556 \quad 0) N/m$$

Troblem les reaccions aplicant l'(Eq. 8 i l'(Eq. 9. Podem observar com el moment que es genera és molt més petit que la força que genera el pes.

$$\vec{R}_0 = -\vec{p}_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -25,51 \end{pmatrix} N$$

$$\vec{M}_0 = \begin{pmatrix} -0,1852 \\ 0,5556 \\ 0 \end{pmatrix} N/m$$

ANNEX G: Càlcul del Diagrama de cos Lliure de conjunt subjecte (CS) i de la molla

Objectiu

Expressar el resultat de forces de CS sobre la trompa en un nou sistema de referència i posteriorment conèixer les forces horitzontals que actuen sobre els punts de contacte de l'element CS.

Hipòtesi de l'estudi

Se suposa que l'element CS està compost per dos sòlid rígids¹⁰, un anomenat F que conté la molla i és l'element fixe i un anomenat M que formarà la part mòbil. També se suposa que la component fricció és nul·la entre els elements que formen CS.

Dades

Taula 30: Inventari de dades per l'ANNEX G: Càlcul del Diagrama de cos Lliure de conjunt subjecte (CS) i de la molla.

Nom	Abreviatura	Unitats	Descripció	Dada cas específic
Reacció en SR final de la trompa(forces)	\vec{R}_F	N	Vector de forces situat en el punt_0 del SR_final on es produeix el punt de contacte entre la trompa i el CS.	-
Reacció en SR final d'ela trompa (Moments)	\vec{M}_F	N/mm	Vector de moments situat en el punt_0 del SR_final on es produeix el punt de contacte entre la trompa i el CS.	-
Reacció en element CC (forces)	\vec{R}_S	N	-	-
Reacció en element CC (Moments)	\vec{M}_S	N/mm	-	-

Metodologia

Primer de tot es vol expressar les components de forces obtingudes en l'ANNEX F: Càlcul Diagrama de Cos Lliure (DCL) de la trompa, en un nou sistema de referència, el qual té el seu eix Y paral·lel al pla de la trompa en la posició_treball i anomenarem SR_final. D'aquesta manera serà més fàcil fer un anàlisi de forces en l'element CS.

¹⁰ La part fixe i la part intercanviable de l'element CS estan junts formant dos sòlids rígids.

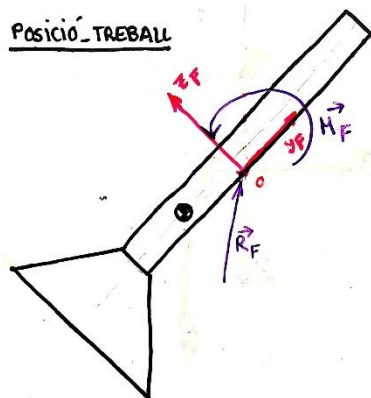


Figura 52: En color vermell es pot observar els eixos Z i Y del nou SR_final. I en color lila els vectors de força \vec{R}_F i \vec{M}_F expressats en el nou sistema de referència.

Per poder realitzar un canvi d'eixos de coordenades hem de construir la matriu de transformació global F_0T , la qual estarà formada per la multiplicació de dos matrius de rotacions. Primer la rotació en l'eix X de α i després una segona on la rotació β es realitza en l'eix Y' transformat. S'utilitzen per tant l'(Eq. 10), (Eq. 11 i (Eq. 12.

$${}^F_0T = \text{Rotació}(x, \alpha) \cdot \text{Rotació}(y', \beta) \tag{Eq. 10}$$

$${}^0_F T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix} \tag{Eq. 11}$$

$${}^F_0 T = \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ \sin \beta \sin \alpha & \cos \alpha & \cos \beta \sin \alpha \\ \cos \alpha \sin \beta & -\sin \alpha & \cos \beta \cos \alpha \end{pmatrix} \tag{Eq. 12}$$

Finalment s'obtenen les components en el nou sistema de referència utilitzant l'(Eq. 13 i (Eq. 14.

$$\vec{R}_F = {}^F_0 T \cdot \vec{R}_0 \tag{Eq. 13}$$

$$\vec{M}_F = {}^F_0 T \cdot \vec{M}_0 \tag{Eq. 14}$$

A continuació passem el resultat de forces finals \vec{R}_F i \vec{M}_F a l'element CC canviant el seu sentit i es troben les reaccions de tot el conjunt CC en el punt_base¹¹.

¹¹ Punt de contacte de l'element CS amb l'element CU, el qual es fa a través d'un cargol de 3/4 de pulgada.

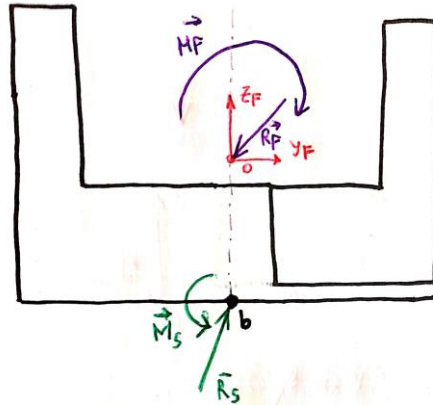


Figura 53: DCL de tot l'element CS. En color verd les reaccions en el punt_base, i en color lila les reaccions finals de l'ANNEX F: Càlcul Diagrama de Cos Lliure (DCL) de la trompa.

$$\sum \vec{F} = 0 \rightarrow \vec{R}_{F'} = -\vec{R}_F = -\vec{R}_S \quad (\text{Eq. 15})$$

$$\sum \vec{M} = 0 \rightarrow \vec{M}_{F'} = -\vec{M}_F = -\vec{M}_S \quad (\text{Eq. 16})$$

A continuació el diagrama de cos lliure de cada part del conjunt CS en la Figura 54 i la Figura 55.

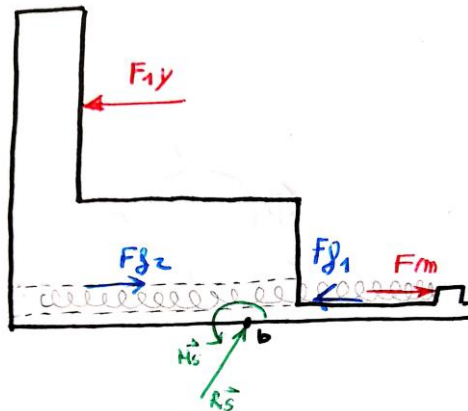


Figura 54: DCL del sòlid rígid F. En verd es troben les reaccions en el punt_base, en blau les forces de fricció i en vermell la força de la molla i la força que rep la zona que està en contacte amb la trompa. En gris es pot observar la zona on s'allotja la molla un cop el dispositiu està muntat i junt.

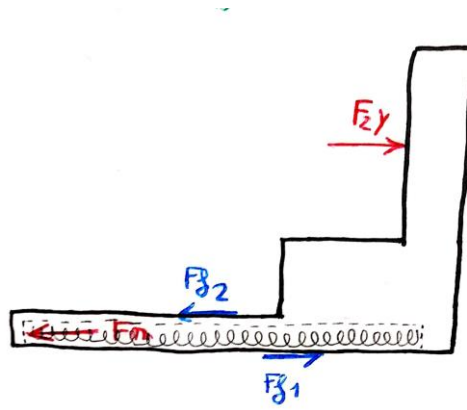


Figura 55: DCLL del sòlid rígid M . En blau les forces de fricció i en vermell les forces de la molla i la de contacte amb la trompa.

Només es valoraran les forces horitzontals quan les forces de fricció són nul·les, ja que són les més interessants per poder fer un estudi posterior del disseny de la molla i dels esforços que rebrà la zona de contacte amb la trompa. Si s'apliquen les equacions de l'estàtica s'obté l'(Eq. 17 i l'(Eq. 18. No es parlarà del moment ja que aquest en l'ANNEX E: Càlcul experimental del Centre de Gravetat (CDG) de la trompa estudi s'ha pogut observar que en general si les subjeccions es realitza en les zones dels tubs interiors aquest punt està molt proper al CDG de la trompa per tant el moment que intervé és realment petit en comparació amb la força per tant els seus efectes seran pràcticament negligibles.

$$\vec{F}_{1y} = -\vec{R}_{sy} + \vec{F}_m \tag{Eq. 17}$$

$$\vec{F}_{2y} = \vec{F}_m \tag{Eq. 18}$$

Llavors:

$$\vec{F}_{2y} - \vec{F}_{1y} = \vec{R}_{sy} \tag{Eq. 19}$$

Arribat aquest punt es realitza una decisió de disseny i es decideix que \vec{F}_{1y} sigui un 20% de la reacció \vec{R}_s , per garantir una força de fregament en aquest costat de la pinça i permetre muntar-la amb facilitat assegurant una força de contacte mínima. Per tant finalment s'obté:

$$\vec{F}_{1y} = 0,2\vec{R}_{sy} \tag{Eq. 20}$$

$$\vec{F}_{2y} - 0,2\vec{R}_s = \vec{R}_s \rightarrow \vec{F}_{2y} = 1,2\vec{R}_s = \vec{F}_m \tag{Eq. 21}$$

Resultats

Ara s'aplica al cas estudi aprofitant les dades de l'ANNEX F: Càlcul Diagrama de Cos Lliure (DCL) de la trompa. Es troben les reaccions en el nou sistema de referència utilitzant l'(Eq. 13 (Eq. 14 respectivament.

$$\vec{R}_F = \begin{pmatrix} \cos 30 & 0 & -\sin 30 \\ \sin 30 \sin 45 & \cos 45 & \cos 30 \sin 45 \\ \cos 45 \sin 30 & -\sin 45 & \cos 30 \cos 45 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -25,51 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12,755 \\ -15,621 \\ -15,621 \end{pmatrix} N$$

$$\vec{M}_F = \begin{pmatrix} \cos 30 & 0 & -\sin 30 \\ \sin 30 \sin 45 & \cos 45 & \cos 30 \sin 45 \\ \cos 45 \sin 30 & -\sin 45 & \cos 30 \cos 45 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -0,1852 \\ 0,5556 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0,1603 \\ 0,3273 \\ -0,4583 \end{pmatrix} N/m$$

A continuació s'obté les reaccions del punt_base de l'element CC amb l'(Eq. 14)(Eq. 15 i l'(Eq. 16. Es pot observar que vector moment té un valor molt més petit que el vector força per tant el menyspreem en els càlculs posteriors.

$$\vec{R}_s = \begin{pmatrix} 12,755 \\ -15,621 \\ -15,621 \end{pmatrix} N$$

$$\vec{M}_s = \begin{pmatrix} -0,1603 \\ 0,3273 \\ -0,4583 \end{pmatrix} \frac{N}{m}$$

I finalment s'obtenen els resultats de les forces horitzontals amb l'(Eq. 20 i l'(Eq. 21.

$$\vec{F}_{1y} = 0,2 \cdot (-15,621) = |-3,12| N = 3,12 N$$

$$\vec{F}_{2y} = \vec{F}_m = 1,2 \cdot (-15,621) = |-18,75| N = 18,75 N$$

Amb el resultat de la força de la molla es passarà a dissenyar la molla necessària en l'*ANNEX H: Disseny de la molla* tenint en compte que hi haurà dues. En aquest projecte no es tractarà l'anàlisi d'esforços en la zona de contacte de l'element CS i la trompa, per tant la força \vec{F}_{1y} i \vec{F}_{2y} es reservaran per un estudi futur.

ANNEX H: Disseny de la molla

Objectiu

Trobar una molla que s'adeqüi a les nostres especificacions, és a dir que compleixi amb la geometria del disseny i el rang de forces que s'estableixen en l'apartat *Dades* d'aquest annex..

Dades

Taula 31: Inventari de dades per l'ANNEX H: Disseny de la molla.

Nom	Abreviatura	Unitats	Descripció	Dada cas específic
Longitud natural	L_N	mm	Longitud de la molla quan no està en la posició de treball i no rep cap esforç.	40 mm
Longitud inicial	L_0	mm	Longitud de la molla quan està pretensada en la posició_treball.	37 mm
Longitud muntatge de la peça	L_{mu}	mm	Longitud de la molla necessària per muntar l'element CC en la Trompa. Per cada instrument serà diferent.	22 mm
Longitud de treball	L_T	mm	Longitud de la molla quan l'element CC està muntat en la Trompa	25 mm
Longitud sòlida	L_s	mm	Longitud de la molla quan està suficientment carregada per tancar totes les seves espires.	-
Espires actives	N_a	-	Espires que intervenen en la funció de la molla.	variable
Espires totals	N_t	-	-	-
Pas	p	mm	Distància mesurada paral·lela a l'eix des del centre d'una espira fins al centre de l'espira adjacent.	-
Constant elàstica	k	N/mm	Constant que defineix com la variació de la càrrega per unitat de deflexió	-
Constant de rigidesa de l'acer	G_{acer}	MPa	Constant elàstica que caracteritza el canvi de forma que experimenta un material quan s'apliquen esforços tallants.	79300 MPa
Diàmetre del fil	d	mm	Diàmetre del fil d'acer de la molla.	$d_1 = 0'40 \text{ mm}$ $d_2 = 0'50 \text{ mm}$ $d_3 = 0'55 \text{ mm}$
Diàmetre de la molla	D	mm	Diàmetre mig de la molla.	3,5 mm
Diàmetre exterior	D_E	mm	Diàmetre exterior molla.	$3,9 \text{ mm} \leq D_E \leq 4'2 \text{ mm}$
Força inicial	F_0	N	Força que exerceix la molla quan es troba col·locada de forma pretensada en la posició_treball.	$7 \text{ N} \leq F_0 \leq 8,5 \text{ N}$
Força en muntatge	F_{mu}	N	Força per aconseguir la longitud de muntatge.	$20 \text{ N} \leq F_{mu} \leq 25 \text{ N}$
Força de treball	F_T	N	Força exercida per la molla quan l'element CS està situat	$18,75 \text{ N} \leq F_T \leq 20 \text{ N}$

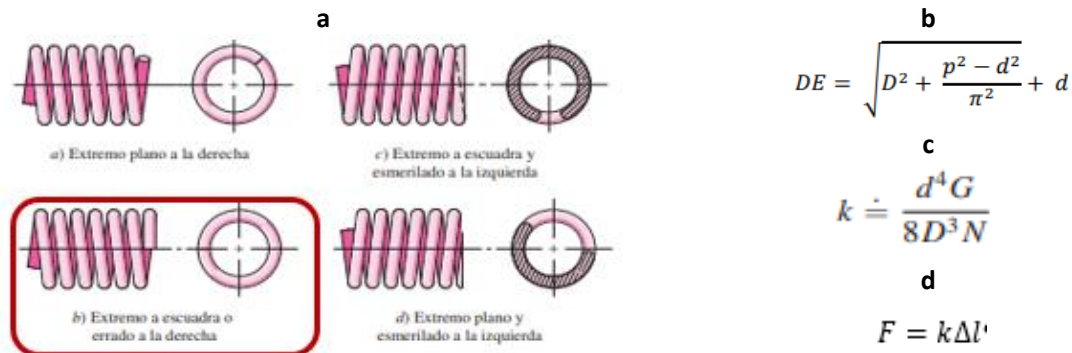
Metodologia

Es parteix identificant les dades constants del nostre estudi, les quals estan relacionades amb la geometria de l'element CS definida en el *Document Plànols*. Llavors D, L_N, L_0, L_m i L_T depenen de la seva geometria i de la funcionalitat. A més a més, també s'utilitza la constant elàstica G_{acer} trobada en les taules del llibre Shigley referència [5] en la bibliografia..

Constants:	
D	3,5 mm
L_N	40 mm
L_0	37 mm
L_T	25 mm
L_{mu}	22 mm
G_{acer}	79300 MPa

Figura 56: Dades constants en el disseny.

A continuació es decideix que les dades N_a i d son variables i que els seu valor vindrà donat per dades comercials. D'aquesta manera i seguint el formulari que ens ofereix el llibre Shigley [5] per a molles amb extrems a esquadra i tancat, es pot trobar la resta de dades necessàries per poder caracteritzar la molla, com s'observa a la Figura 57. Una de les fórmules utilitzades és la del diàmetre extern màxim que es pot tenir la molla en compressió, això serà interessant perquè tenint en compte la geometria ja dissenyada serà una condició indispensable perquè la molla es pugui allotjar correctament a la cavitat.



Término	Tipo de extremos de resortes			
	Plano	Plano y esmerilado	A esquadra y cerrado	A esquadra y esmerilado
Espiras de extremo, N_e	0	1	2	2
Espiras totales, N_t	N_e	$N_e + 1$	$N_e + 2$	$N_e + 2$
Longitud libre, l_0	$pN_e + d$	$p(N_e + 1)$	$pN_e + 3d$	$pN_e + 2d$
Longitud sólida, L_s	$d(N_t + 1)$	dN_t	$d(N_t + 1)$	dN_t
Paso, p	$(l_0 - d)/N_e$	$l_0/(N_e + 1)$	$(l_0 - 3d)/N_e$	$(l_0 - 2d)/N_e$

Figura 57: (a) Imatge extreta del Shigley [5] on es senyala la tipologia de molla més comuna que seria amb els extrems a esquadra i tancats i on es pot veure el formulari que s'utilitzarà en els càlculs del disseny. (b) És la fórmula del màxim diàmetre exterior que s'obtindrà quan la molla estigui en compressió. (c) Fórmula de la constant elàstica de la molla que ens dona informació de la relació entre força i deformació. (d) Formula per obtenir la força en diferents deformacions.

Es realitzaran llavors tres taules en una fulla Excel, cadascuna d'elles tindrà un diàmetre del fil, d , diferent pel càlcul. Després es donaran diferents valors d'espines actives, N_a , i mitjançant les fórmules obtindrem les dades considerades com especificacions. Aquestes dades condicionals seran D_E, F_0, F_{mu} i F_T .. En el cas

de les forces esmentades en la Figura 58, representen la força total. És a dir són les forces finals que s'han d'aconseguir amb dues o quatre molles depenent de la decisió final.

Condicions:	
D_E	$3,9 \text{ mm} \leq D_E \leq 4,2 \text{ mm}$
F_0	$7 \text{ N} \leq F_0 \leq 8,5 \text{ N}$
F_T	$18,75 \text{ N} \leq F_T \leq 20 \text{ N}$
F_{mu}	$20 \text{ N} \leq F_{mu} \leq 25 \text{ N}$

Figura 58: Dades que representen condicions necessàries pel disseny de la molla.

Amb els càlculs realitzats en l'Excel s'obté una llista de solucions, de les quals seran factibles aquelles que compleixin amb totes les dades condicionals escollides sota una decisió de disseny pel bon funcionament de la molla o molles.

Resultats

En aquest cas particular es decideix que l'element CS contarà amb dues molles. S'obtenen les taules següents que es poden observar en la Figura 59, la Figura 60 i la Figura 61. Les alternatives viables estan senyalitzades amb color verd, és a dir, en aquest cas només s'obtenen alternatives quan el diàmetre del fil de la molla és de 0,5 mm i 0,55 mm.

d	0,4 mm						
N_a	F_T	P	D_E	k	F_0	F_{mu}	F_T
15	17	2,387	4,0	0,395	1,18	5,919	4,735
16	18	2,238	4,0	0,370	1,11	5,549	4,439
17	19	2,106	4,0	0,348	1,04	5,222	4,178
18	20	1,989	4,0	0,329	0,99	4,932	3,946
19	21	1,884	3,9	0,312	0,93	4,673	3,738
20	22	1,790	3,9	0,296	0,89	4,439	3,551
21	23	1,705	3,9	0,282	0,85	4,228	3,382
22	24	1,627	3,9	0,269	0,81	4,035	3,228
23	25	1,557	3,9	0,257	0,77	3,860	3,088
24	26	1,492	3,9	0,247	0,74	3,699	2,959
25	27	1,432	3,9	0,237	0,71	3,551	2,841
26	28	1,377	3,9	0,228	0,68	3,415	2,732
27	29	1,326	3,9	0,219	0,66	3,288	2,630
28	30	1,279	3,9	0,211	0,63	3,171	2,537

Figura 59: Resultats del càlculs quan el diàmetre del fil d'acer és de 0,4mm.

d	0,5 mm						
N_a	F_T	P	D_E	k	F_0	F_{mu}	F_T
15	17	2,367	4,1	0,963	2,89	14,450	11,560
16	18	2,219	4,1	0,903	2,71	13,547	10,837
17	19	2,088	4,1	0,850	2,55	12,750	10,200
18	20	1,972	4,1	0,803	2,41	12,041	9,633
19	21	1,868	4,0	0,761	2,28	11,408	9,126
20	22	1,775	4,0	0,722	2,17	10,837	8,670
21	23	1,690	4,0	0,688	2,06	10,321	8,257
22	24	1,614	4,0	0,657	1,97	9,852	7,882
23	25	1,543	4,0	0,628	1,88	9,424	7,539
24	26	1,479	4,0	0,602	1,81	9,031	7,225
25	27	1,420	4,0	0,578	1,73	8,670	6,936
26	28	1,365	4,0	0,556	1,67	8,336	6,669
27	29	1,315	4,0	0,535	1,61	8,028	6,422
28	30	1,268	4,0	0,516	1,55	7,741	6,193

Figura 60: Resultats del càlculs quan el diàmetre del fil d'acer és de 0,5mm. En verd l'opció viable.

d	0,55 mm						
N_a	F_T	P	D_E	k	F_0	F_{mu}	F_T
15	17	2,357	4,1	1,410	4,23	21,156	16,925
16	18	2,209	4,1	1,322	3,97	19,834	15,867
17	19	2,079	4,1	1,244	3,73	18,667	14,934
18	20	1,964	4,1	1,175	3,53	17,630	14,104
19	21	1,861	4,1	1,113	3,34	16,702	13,362
20	22	1,768	4,1	1,058	3,17	15,867	12,693
21	23	1,683	4,1	1,007	3,02	15,111	12,089
22	24	1,607	4,1	0,962	2,88	14,424	11,540
23	25	1,537	4,1	0,920	2,76	13,797	11,038
24	26	1,473	4,1	0,881	2,64	13,222	10,578
25	27	1,414	4,1	0,846	2,54	12,693	10,155
26	28	1,360	4,1	0,814	2,44	12,205	9,764
27	29	1,309	4,1	0,784	2,35	11,753	9,403
28	30	1,263	4,1	0,756	2,27	11,333	9,067

Figura 61: Resultats del càlculs quan el diàmetre del fil d'acer és de 0,55mm. En verd les opcions viables.

Per tant es decidirà entre tres opcions. Primer tenim l'opció de 18 espiras actives amb el diàmetre de fil igual a 0,5 mm i després les opcions de 26 i 27 espiras actives amb el diàmetre de 0,55 mm. Finalment es decideix que la millor opció és la primera de totes, ja que el diàmetre de fil de 0,5 mm és un estàndard comercial, aleshores a la Taula 32 s'observen les característiques finals de les dues molles que es col·locaran en el dispositiu.

Taula 32: Característiques del disseny definitiu d'una de les dues molles per l'element CC.

MOLLA	L_N (mm)	p (mm)	k ($\frac{N}{mm}$)	d (mm)	D (mm)	F_T (N)
$N_a = 18$	40	1,98	0,803	0,5	3,5	9,6

Com que :

$$\vec{F}_m = 9,6 N \times 2 = 19,2 N > 18,75 N$$

És una bona solució.

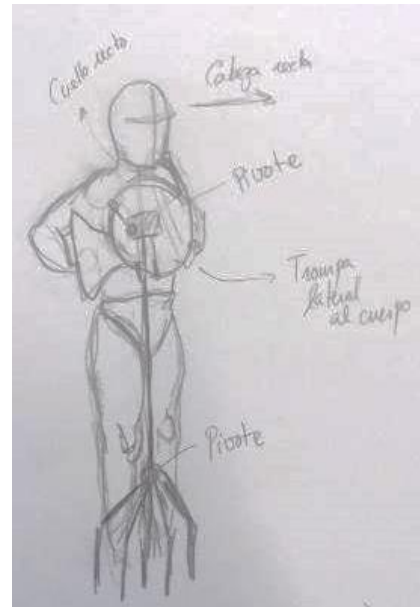
ANNEX I: Entrevistes amb els experts

<p>Entrevista 1 (06/04/2018) Assistents: Arnau Simón i David Canet</p>	
<p>En la primera entrevista no s'havia dissenyat encara un peu per aguantar el suport a terra. El dispositiu no estava encara llest per suportar una trompa, però la idea va agradar.</p> <p>El client va assenyalar alguns aspectes a millorar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que el suport tingués algun material que no danyes el metall de la trompa, perquè els músics es miren molt aquestes coses i a més podria afectar al so de l'instrument en casos extrems. - Que les varetes sobresortien massa i dificultaven al músic el poder tocar amb comoditat. <p>El client va estar d'acord amb:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La idea que el suport aguantés la trompa per l'exterior en comptes de per l'interior. - Ecurçar varetes - Simplificar el canvi de dimensions del suport - Pensar en peus per aguantar el suport 	
<p>Solució entrevista 1</p>	
	

<p>Entrevista 2 (09/05/2018) Assistents: David Canet, Arnau Simón i Jordi Albert</p>	
<p>A la entrevista 2 es va parlar amb Jordi Albert, suposat expert i doctor. Es va realitzar una gravació per part seva en la que jo deixo clar al principi que no prenc cap responsabilitat ni decisió sobre el que ell demana.</p> <p>La informació obtinguda de la reunió va ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El cos subjecta la trompa amb els músculs bíceps tríceps i deltoides. - Es diferencia de l'ergobrass perquè aquest és un projecte amb finalitat didàctica. - L'ergobrass porta la trompa al davant i fa girar la cara per tocar. - La posició de la trompa ha de permetre tenir el cos recte i el coll mirant endavant, ha de ser una posició de la trompa lateral al cos, amb la boquilla mirant totalment recte. 	

- Va suggerir trobar el centre de gravetat de la trompa, que variarà segons el model, i del dispositiu existent - - Substituir la orella per una anella/abraçadora/clip que subjecti a la barra per la barra corba més propera a la campana de la trompa.
 - El suport ideal seria amb un pivot a baix que permeti el moviment i cinc potes. També va suggerir un pivot per poder moure la trompa.
- (Del que va dir no hi ha res que no haguéssim pensat ja.)

Solucions entrevista 2



Entrevista 3 (07/09/2018)

Assistents: David Canet, Maria Luisa Garcia-Romeu i Míriam Trias

L'objectiu d'aquesta tercera trobada era realitzar una reconexió amb el client i resoldre certs dubtes i fronts oberts del projecte.

Vam realitzar les següents preguntes: (resposta del client en blau)

-Quines trompes són utilitzades pels infants? Les trompes utilitzades en infants depenen del gust del professor i tradició de cada regió. En el cas de la majoria d'Europa i en concret de la península Ibèrica s'utilitzen les trompes en Sib, ja que tenen el tub menys llarg i per tant són més petites. En Amèrica per exemple utilitzen bastant la trompa en Fa en infants perquè culturalment el so produït per aquest instrument és relacionat amb el so típic de trompa i eviten utilitzar la trompa en Sib. (Com a informació afegida ens comenta que existeix una altre

classificació centrada en on es troba situat el transpositor. Trompes GEYER si el transpositor es troba al darrere i trompes KRUSPER si aquest es troba al davant.)

-Les dimensions del tub cilíndric present en les trompes són les mateixes sempre? Sí, tot i que la distància dels tubs cilíndrics entre ells canvia depenen del constructor o del model de trompa. (A més a més el client ens comenta que aquesta zona cilíndrica conté més materials per tant és menys susceptible a bonys. En general ens comenta que les altres zones si pretenem fer subjeccions seria una mala idea perquè contenen menys material, és a dir els tubs són més primers.

-L'alumne tocaria dret o assegut amb el suport? Idealment el suport hauria de complir la seva funció quan l'infant toca dret i assegut.

A més a més ens va confirmar el rang de pes que assoleixen les trompes (2,3Kg-2,6Kg). També ens va insistir molt amb el fet que l'objectiu del suport hauria de ser permetre que l'alumne pugui tocar amb una posició correcta.

Posteriorment vam mostrar-li una possible solució ha desenvolupar, la qual va valorar positivament. Aquesta solució era diferent a la proposada en anteriors entrevistes i consistia en la subjecció de la trompa a través d'un capçal *selfie* en la zona dels tubs cilíndrics i aquest ajustat a la ròtula d'un peu per càmeres

Per últim vam preguntar si hi havia algun inconvenient en continuar el projecte i mostrar els aspectes més del camp en l'enginyeria en forma d'article i no va tenir cap inconvenient.

Entrevista 4 (03/10/2018)

Assistents: Jordi Albert, Maria Luisa Garcia-Romeu i Míriam Trias

Amb aquesta quarta trobada ens retrobem amb l'expert en matèria Jordi Albert. Durant aquesta reunió hem proposat a en Jordi ser un col·laborador a nivell informatiu en la realització d'aquest projecte.

També li hem presentat la idea que en l'entrevista 3 vam presentar al professor d'instrument. Ell sembla d'acord però no conforme ja que creu que abans d'avançar en el tema de fabricació i realització d'un primer prototip hauríem de fer un estudi concret de la morfologia de l'instrument (insistint en trobar exactament el centre de gravetat de l'instrument i fent un anàlisi d'on els alumnes exerceixen més pressió quan subjecten la trompa). La Maria Luisa escoltant les propostes de l'Albert va comentar que el que demanava s'acostava més a un treball final de doctorat que un de grau i que per tant faríem una reducció més real de l'estudi.

Després de discutir els temes d'estudi arribem a la conclusió que l'objectiu del projecte s'ha de centrar en construir un suport que esdevingui un element d'ajuda en la pedagogia de la Trompa i que aquest a d'anar evolucionant (en Jordi comenta que més que la creació d'un suport estem creant una tècnica pedagògica per a que la geometria de l'instrument no sigui un impediment en l'hora d'avançar en l'estudi de la trompa).

Tot seguit assisteixo a una masterclass d'en Jordi als alumnes de trompa del conservatori de música Isaac Albéniz de Girona. Durant la classe puc observar les diferents males postures dels infants i les millores que es produeixen en el so si aquests adquireixen una bona postura. D'aquesta sessió extrec una nova restricció que haurem de tenir en compte en el nostre disseny per assolir les necessitats bàsiques. Aquesta nova restricció consisteix en el moviment en l'eix y sigui parcialment lliure ja que els instrumentistes de vent metall necessiten configuracions diferents en la postura dels llavis per poder realitzar les diferents notes, per tant és una part

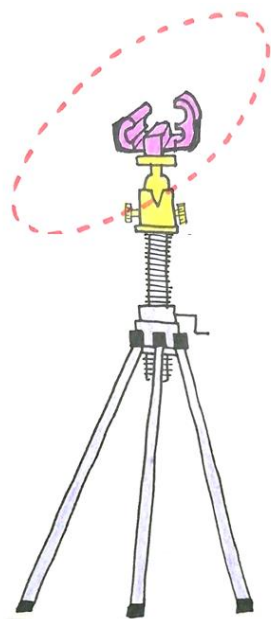
essencial en la tècnica del músic i amb aquesta restricció volem evitar també que els nens agafin mals hàbits en la posició del llavis.

Entrevista 5 (27/03/2019)**Assistents: David Canet i Míriam Trias**

En aquesta quarta trobada ens reunim amb el professor de trompa, David Canet, en el Conservatori de música Isaac Albéniz de Girona. Es tracta d'una reunió on s'ha presentat l'element CC del Concepte2 i Concepte3, i s'han avaluat aquests elements. El resultat de l'avaluació el podem trobar en l'ANNEX C. En definitiva el client ha trobat que tot i que la idea del Concepte2 és interessant i la precisió de la SLA és bona, el material de resina és pesant i fràgil en comparació al ABS de la impressió 3D. Clarament a preferit el CC del Concepte3, creu que és més versàtil i pot ser més interessant pels consumidors com ell, per tant l'element que serà desenvolupat en les següents etapes és el Concepte3.

Entrevista 6 (20/05/2019)**Assistents: David Canet, Maria Luisa Garcia-Romeu i Míriam Trias**

Durant aquesta reunió ha estat presentat la primera iteració del prototip perquè el client pugui donar retroacció. El prototip presentat es basa en el Concepte3 modificat segons l'avaluació econòmica de CB:



El producte s'ajustava correctament a la trompa model i aguantava el seu pes en totes les rotacions. Les translacions i les rotacions es poden fixar però l'expert comenta que el sistema és aparatós i preferiria un més senzill, per tant el CB hauria de ser de l'estil faristol, perquè també és incòmode tocar amb aquestes potes de trípode. El client també comenta que li agrada el fet que es pugui ajustar la força de fixació de la ròtula de bola del trípode.

Si ens fixem en el tema més important que és aconseguir una posició correcta, el sistema no ho acabava d'aconseguir però s'acosta molt. Durant la reunió també tenim l'oportunitat de provar el prototip amb un alumne de 8 anys. S'ha pogut observar que quan aquest prova el sistema nota que no ha d'aguantar el pes però a l'inici es sent incòmode per la nova posició per tocar que força el sistema.



De forma general, tot i que el producte és funcional i lleuger, és complicat de muntar i desmuntar i encara la seva aparença no és gens ergonòmica. Però el client està content perquè veu futur en la solució.

Per la següent iteració es milloraran aquest aspectes i ens centrarem en una altre solució comercial del CB preferentment semblant a la solució 5 peus del suport per a fagot.

Girona, 4 de Setembre de 2019

Míriam Trias Cañizares