

**Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
Electrònica i Informàtica La Salle**

Treball Final de Màster

Màster Universitari en Enginyeria de Telecomunicació

Hexō: un robot modular

Alumne

Cristina Abad Moya

Professor Ponent

Alexandre Barco Martelo
David Badia Folguera

ACTA DE L'EXAMEN DEL TREBALL FI DE CARRERA

Reunit el Tribunal qualificador en el dia de la data, l'alumne

D. Cristina Abad Moya

va exposar el seu Treball de Fi de Carrera, el qual va tractar sobre el tema següent:

Hex̄0: un robot modular

Acabada l'exposició i contestades per part de l'alumne les objeccions formulades pels Srs. membres del tribunal, aquest valorà l'esmentat Treball amb la qualificació de

Barcelona,

VOCAL DEL TRIBUNAL

VOCAL DEL TRIBUNAL

PRESIDENT DEL TRIBUNAL

Abstracte

En aquest projecte l'objectiu és construir un robot basat en mòduls. Els mòduls s'entenen com peces o blocs que es poden afegir o treure magnèticament a la base del robot. Aquests es poden organitzar per muntar tres personatges d'una granja: un porquet, un granger o un tractor.

Per complir amb l'objectiu es realitzen tres fases. La primera fase anomenada d'inspiració consisteix en analitzar el mercat per saber els productes similars existents. Seguidament, a la segona fase es crea el disseny final del producte i finalment, a l'última fase, es realitza el procés de construcció.

El robot està creat a partir d'una *Raspberry Pi* i cada mòdul disposa al seu interior mínim d'un component electrònic. Tots els personatges tenen un botó en alguna de les seves peces que el posa en funcionament i el pot també parar. El porquet mou les quatre potes i una cua, el tractor disposa d'unes rodes per moure's mentre activa unes llums de senyalització i una pala i finalment, el granger té dues cames per ballar al ritme de la música.

Finalment, es realitza un test amb nens que serveix per treure conclusions sobre el seu ús.

Abstracto

En este proyecto el objetivo es construir un robot basado en módulos. Los módulos se entienden como piezas o bloques que se pueden agregar o quitar magnéticamente a la base del robot. Estos se pueden organizar para montar tres personajes de una granja: un cerdito, un granjero o un tractor.

Para cumplir con el objetivo se realizan tres fases. La primera fase llamada de inspiración consiste en analizar el mercado para saber los productos similares existentes. Seguidamente, en la segunda fase se crea el diseño final del producto y finalmente, en la última fase, se realiza el proceso de construcción.

El robot está creado a partir de una *Raspberry Pi* y cada módulo dispone en su interior mínimo de un componente electrónico. Todos los personajes tienen un botón en alguna de sus piezas que lo pone en funcionamiento y lo puede también parar. El cerdito mueve las cuatro patas y una cola, el tractor dispone de unas ruedas para moverse mientras activa unas luces de señalización y una pala y finalmente, el granjero tiene dos piernas para bailar al ritmo de la música.

Finalmente, se realiza un test con niños que sirve para sacar conclusiones sobre su uso.

Abstract

In this project, the objective is to build a robot based on modules. The modules are understood as parts or blocks that can be added or removed magnetically to the base of the robot. These can be organized to mount three different characters from a farm: a little pig, a farmer or a tractor.

To fulfill the objective, three phases are carried out. The first phase of inspiration is to analyze the market to know the existing similar products. Then, in the second phase the final design of the product is created and finally, in the last phase, the construction process is carried out.

The robot is created with a *Raspberry Pi* and each module has a minimum of one electronic component inside. All the characters have a button in one of their pieces that turns it on and stops it. The pig moves the four legs and a tail, the tractor has wheels to move while activating signaling lights and a shovel, and finally, the farmer has two legs to dance to the rhythm of the music.

Finally, a test is carried out with children that helps to draw conclusions about its use.

Agraïments

Després d'un intens període, escric l'apartat d'agraïments per finalitzar el treball final de màster. Voldria agrair a totes aquelles persones que m'han ajudat i recolzat durant aquest procés.

Primer de tot, m'agradaria agrair al meu tutor pels ànims i el tracte càlid que sempre em dona. A la meva parella, que fa l'impossible per ajudar-me i fer-me forta. Als meus amics, per acompanyar-me i donar-me savis consells. I al gimnàs *Hansan* per deixar que realitzi els tests als seus alumnes i així poder finalitzar el meu treball.

Per últim, als que han fet possible aquest treball, els meus pares i la meva germana, per la immensa ajuda i dedicació, hem fet un gran equip.

No ho hagués aconseguit sense tots vosaltres, moltes gràcies.

Índex

Abstracte	i
Abstracto	iii
Abstract	v
Agraïments	vii
Índex	ix
Acrònims.....	xii
Índex de figures	xiv
Índex de taules	xvii
1. Introducció	1
1.1 Definició del projecte.....	1
1.2 Objectius.....	2
1.3 Organització del projecte.....	2
1.4 Pla de projecte.....	4
2. Descripció del projecte	5
2.1 Fase d'inspiració	5
2.1.1 Àrea de recerca.....	5
2.1.2 Recerca de disseny	6
2.1.2.1 Perfil d'usuari.....	6
2.1.2.2 Context	7
2.1.3 Estudi de mercat.....	7
2.1.4 Recerca tècnica.....	13
2.1.5 Briefing	17
2.1.6 Referents	19
2.2 Fase d'ideació	22
2.2.1 Proposta de valor.....	22
2.2.2 Limitacions.....	22
2.2.3 Sketching	24
2.2.4 Disseny final.....	26
2.2.5 Branding	27
2.3 Fase d'implementació.....	28
2.3.1 Solució tècnica.....	28
2.3.1.1 Esquemàtic dels components.....	39

2.3.1.2	Codi.....	41
2.3.1.3	Selecció dels materials.....	41
2.3.2	Procés de construcció.....	42
2.3.2.1	Base	42
2.3.2.2	Mòduls.....	47
3.	Testing.....	58
3.1	Introducció	58
3.2	Manual d'ús.....	58
3.3	Descripció.....	59
3.4	Extracció de resultats	63
4.	Conclusions i línies de futur	73
5.	Bibliografia.....	75
	ANNEX I.....	77
	ANNEX II.....	93
	ANNEX III.....	99

Acrònims

TFG: Treball Final de Grau.

IA: Intel·ligència artificial.

Wi-Fi: *Wireless fidelity*.

CPU: *Central Processing Unit*.

RAM: *Random Access Memory*.

GPIO: *General Purpose Input/Output*.

HDMI: *High-Definition Multimedia Interface*.

USB: *Universal Serial Bus*.

LED: *Light Emitting Diode*.

RGB: *Red Green Blue*.

PLA: *Poly-Lactic Acid*.

3D: *Three Dimensional*.

Índex de figures

Figura 1. Robot Sophia.....	8
Figura 2. Robot Pepper	9
Figura 3. Robot Paro	9
Figura 4. Robot Fable.....	10
Figura 5. Robot SMORES-EP.....	11
Figura 6. Robot Cubelets	12
Figura 7. Raspberry Pi 3 Model B+.....	13
Figura 8. Relés i motors DC.....	14
Figura 9. Servomotor	15
Figura 10. Polsadors.....	15
Figura 11. Altaveu.....	16
Figura 12. LED taronja.....	16
Figura 13. LED RGB	17
Figura 14. Mr Potato.....	19
Figura 15. Zowi	20
Figura 16. Rellotges d'animals	20
Figura 17. Robodi.....	21
Figura 18. Primeres formes del robot.....	24
Figura 19. Primeres formes del robot.....	25
Figura 20. Definir detalls.....	26
Figura 21. Logotip i forma dels imants.....	27
Figura 22. Logotip final	27
Figura 23. Hexo.....	28
Figura 24. Base	29
Figura 25. Forats	29
Figura 26. Base	30
Figura 27. Unió peces	31
Figura 28. Porquet	31
Figura 29. Porquet	32
Figura 30. Porquet	32
Figura 31. Porquet	33
Figura 32. Porquet	33
Figura 33. Granger	34
Figura 34. Granger	34
Figura 35. Granger	35
Figura 36. Granger	36
Figura 37. Tractor	36
Figura 38. Tractor	37
Figura 39. Tractor	37
Figura 40. Tractor	38
Figura 41. Tractor	38

Figura 42. Tractor	39
Figura 43. Connexionat animal	39
Figura 44. Connexionat cotxe	40
Figura 45. Connexionat humanoide.....	41
Figura 46. Impresora 3D	42
Figura 47. Proves LEDs.....	43
Figura 48. Proves LEDs.....	43
Figura 49. Base translúcida	44
Figura 50. Base translúcida	45
Figura 51. Base translúcida	45
Figura 52. Interior de la base	46
Figura 53. Botó On/Off	46
Figura 54. Peces provisionals.....	47
Figura 55. Peces provisionals.....	47
Figura 56. Peces provisionals.....	48
Figura 57. Peces provisionals.....	48
Figura 58. Peces provisionals.....	49
Figura 59. Peces provisionals.....	49
Figura 60. Peces provisionals.....	50
Figura 61. Peces definitives	50
Figura 62. Peces definitives	51
Figura 63. Imants	51
Figura 64. Peces de l'humanoide	52
Figura 65. Peces de l'animal	52
Figura 66. Peces del tractor	53
Figura 67. Peces del tractor	53
Figura 68. Peces del tractor	54
Figura 69. Porquet final	54
Figura 70. Porquet final	55
Figura 71. Tractor final.....	55
Figura 72. Tractor final.....	56
Figura 73. Granger final	56
Figura 74. Granger final	57
Figura 75. Hexo.....	57
Figura 76. Manual d'ús	58

Índex de taules

Taula 1. Resum estudi de mercat	12
Taula 2. Resultats tests	64
Taula 3. Resultats tests	65
Taula 4. Resultats tests	66
Taula 5. Resultats tests	67
Taula 6. Resultats tests	68
Taula 7. Resultats tests	69
Taula 8. Resultats tests	69
Taula 9. Resultats tests	70
Taula 10. Resultats tests	71
Taula 11. Resultats tests	72

1. Introducció

1.1 Definició del projecte

Un projecte significa fer un treball d'investigació per trobar noves tecnologies, nou coneixement i noves idees innovadores per poder desenvolupar un producte que compleixi uns objectius específics.

El projecte es basa en la creació d'un robot modular anomenat Hexō. Parteix de la mateixa idea del TFG anomenat *Robodi: un robot modular*, on la primera idea era fer una segona versió d'aquest robot. Analitzant el passat projecte, es va veure la oportunitat d'enfocar el treball de manera diferent i realitzar un nou robot modular però que parteix del mateix punt. Per tant, es basa en crear les tres formes de robots més utilitzades a través de mòduls: humanoide, animal (zoomòrfic) i cotxe (mechanoide).

La idea sorgeix davant la situació actual en que l'abundància de robots modulars, on l'usuari pugui interactuar amb ell a través de blocs, és escassa. Actualment, els robots modulars existents es basen en unir peces petites que tenen la mateixa estructura per tal d'arribar a una funcionalitat diferent segons la forma que se li hagi donat, com per exemple adaptar la seva forma a l'entorn per poder desplaçar-se sense importar els obstacles. Partint d'una idea semblant, s'ha volgut realitzar un robot on s'afegeixin mòduls a una base i en funció d'aquests, el robot es comporti d'una manera o altra.

Aquests esmentats mòduls disposen de diverses funcionalitats com ara posar en funcionament un determinat moviment, permetent interactuar amb l'usuari.

Es pot arribar a treballar amb aquestes funcionalitats gràcies a uns actuadors que es comuniquen amb una *Raspberry Pi 3 Model B+*. Aquesta plataforma electrònica *open-source* és un ordinador monoplaca amb uns principis que es basen en disposar d'un *hardware* i un *software* lliure més fàcils d'utilitzar. La gran avantatge d'aquesta eina és que disposa d'una gran comunitat darrera, fet que fa que es pugui trobar fàcilment codis d'exemple d'altres usuaris i fòrums que donin resposta a diferents problemes que puguin sorgir dins d'internet. Gràcies a això, ens trobem davant d'una forma més senzilla de realitzar projectes per a qualsevol perfil d'usuari, tant aquells que han fet més electrònica o com d'altres que no n'han fet mai.

Així doncs, la part que suposa un repte en el treball és realitzar un disseny tal que permeti el funcionament correcte dels mòduls y alhora que sigui atractiu per l'usuari final, que en aquest cas seran nens.

1.2 Objectius

L'objectiu general del projecte és la construcció d'un robot basat en mòduls. Els mòduls s'entenen com peces o blocs que es poden afegir o treure a la base del robot. Els mòduls encaixen entre ells, es poden imaginar com peces d'un trencaclosques, i cadascun d'ells aporta una funció diferent al robot.

A continuació es detallen els objectius principals:

- Realitzar un estudi del mercat actual per analitzar els tipus de robots existents, els seus dissenys, materials i funcions.
- Plantejar el perfil d'usuari i el context d'utilització del robot.
- Dissenyar l'estructura, forma, mecanisme de connexions i estètica adients a les finalitats del projecte.
- Cercar els components tècnics i realitzar la seva programació.
- Crear un robot que, en funció dels mòduls que s'afegeixin, sigui capaç d'interactuar amb l'entorn a partir de les diferents funcionalitats que aporten els blocs incorporats.
- Validar la interacció entre el robot i el perfil d'usuari definit i el correcte funcionament d'aquest a través d'un test.

1.3 Organització del projecte

Per poder complir amb els objectius descrits anteriorment, s'ha de realitzar una bona organització del projecte a través de diferents fases que s'explicaran amb més detalls en els següents capítols.

Inicialment, per tal de poder fer un bon disseny, s'ha de realitzar la **fase d'inspiració**. El primer pas, consisteix en definir l'àmbit de treball i el context d'ús del robot. Seguidament, fer una recerca per tal d'escollir els elements electrònics que s'utilitzaran en el projecte, fer un estudi per saber si existeixen productes similars en el mercat i definir els referents que produeixen el disseny final. Finalment, fer un resum de les conclusions extretes a partir de la informació obtinguda.

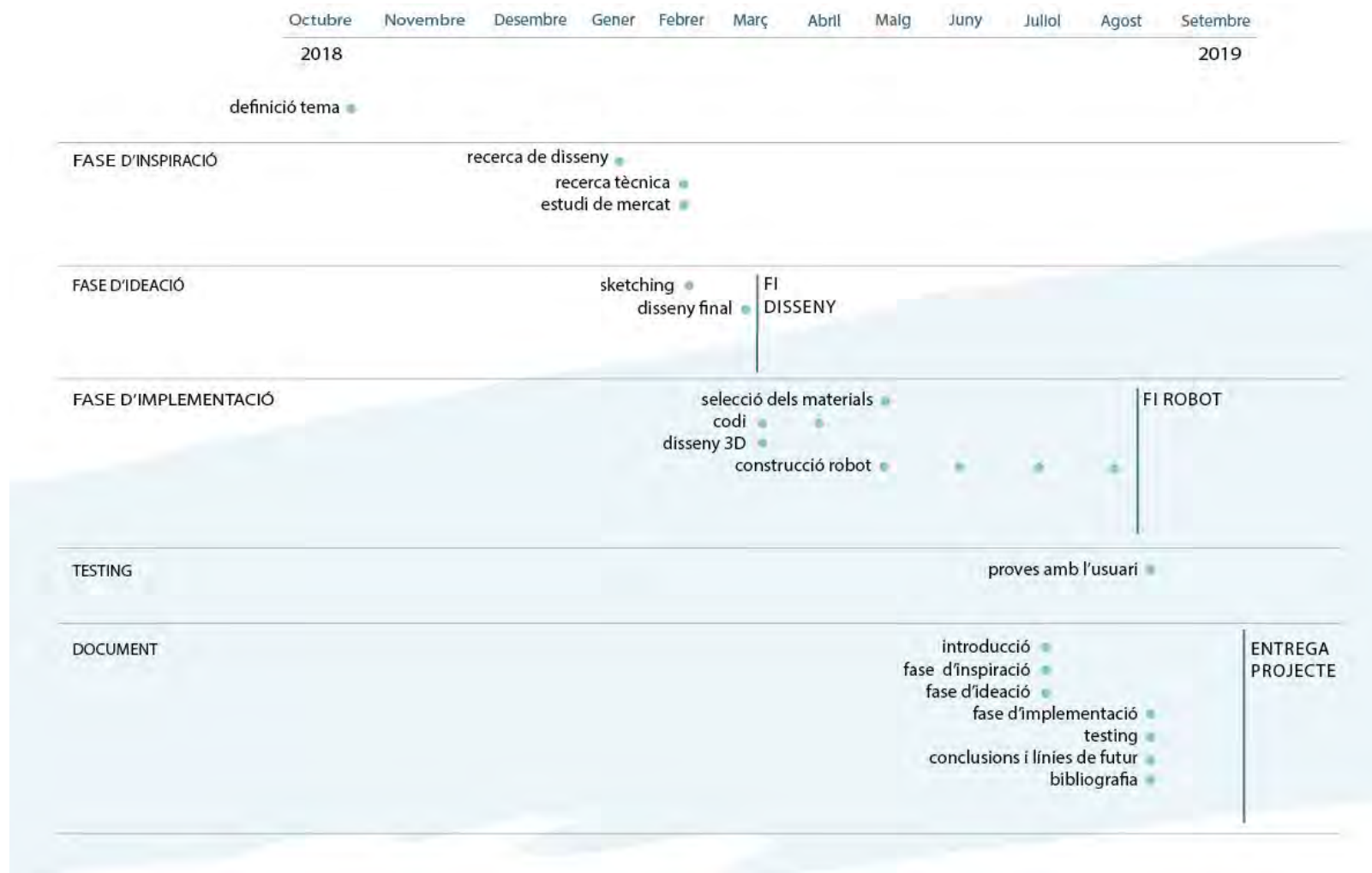
Una vegada conculsa la primera fase del projecte, s'ha d'iniciar la **fase d'ideació** la qual es basa en crear un disseny final del producte. Primer, s'ha de definir el valor que es vol aportar a partir d'aquest projecte i una vegada definit, a partir de les conclusions extretes de la fase anterior,

definir les limitacions que tindrà el robot. Arribats a aquest punt, s'han de crear diverses propostes de disseny i finalment, escollir una d'elles com a proposta final.

Partint del disseny, s'ha de passar a la última fase, la **fase d'implementació**. Consisteix en definir com s'assoleix l'objectiu proposat tècnicament i en plasmar el procés de construcció. Per tant, en aquesta fase es defineix de manera tècnica els components electrònics escollits a la primera fase i es fa una recerca dels materials a utilitzar. A més a més, s'explica com s'ha programat el *software*.

En aquest punt del projecte, el robot ja compleix amb l'objectiu plantejat però s'ha de **testejar**. Així doncs, l'objectiu final del projecte és analitzar la interacció de diferents usuaris amb el robot modular sense cap tipus d'informació prèvia i veure si són capaços de fer un ús correcte del robot a partir dels mòduls creats i per suposat, comprovar si el robot actua correctament en funció dels estímuls rebuts.

1.4 Pla de projecte



2. Descripció del projecte

2.1 Fase d'inspiració

2.1.1 Àrea de recerca

L'origen de la paraula robot prové del vocable txec *robota*, que es refereix al treball realitzat de manera forçada. Va ser utilitzada per primera vegada a l'any 1921, quan el escriptor txec *Karel Capek* va estrenar al teatre nacional de Praga la seva obra *Rossum's Universal Robot*. Tracta sobre una empresa que construeix humans artificials amb la finalitat d'alliberar la carga de treball a la resta de persones. Aquests homes artificials s'anomenaven robots, tot i que tenen més a veure amb el concepte modern d'androide o clon, ja que tenen el do de poder pensar. La obra acaba amb la confrontació d'aquestes màquines amb la societat que acaba destruint la humanitat.

Un robot té varies definicions. La que més s'adapta seria que un robot és tot allò que sensa, processa i actua. És a dir, tots aquells dispositius que reben estímuls de l'entorn, els processen i en funció del que s'ha percebut, generen una acció. Es poden rebre els estímuls a través de sensors, com podria ser un sensor de llum o a través d'una pantalla on l'usuari clica una regió determinada. És per tant, la manera com el dispositiu coneix l'entorn. A partir d'aquí es processa la informació rebuda, a través de *software*. Finalment, el dispositiu actua en conseqüència, com podria ser encendre un llum o activar un motor.

Feta una definició de què és un robot i d'on prové la paraula, el projecte es centrarà en l'àrea de la robòtica social.

Un robot social és aquell que interactua i es comunica amb les persones, seguint comportaments, patrons i normes socials. Els robots no han de semblar-se als éssers humans, però reproduir les seves característiques resulta útil per tal de tenir una millor interacció amb els humans. Necessiten disposar d'habilitats que es classifiquen dins del domini anomenat intel·ligència social. S'ha de tenir en compte que la socialització amb les persones és un tema difícil ja que els robots i els humans no comparteixen un llenguatge comú ni perceben el món de la mateixa forma.

En el disseny del robot s'ha de tenir en compte els aspectes descrits anteriorment. La recerca s'encara a nens i no a adults, per tant, la forma i l'aspecte del robot ha de ser atractiu per a ells. A més, ha de ser capaç d'interactuar de manera senzilla i intuïtiva amb l'usuari, fet que implica una dificultat afegida al tractar-se de nens.

Quan els nens i les nenes tenen iguals oportunitats d'accés als diferents jocs i joguines, i no hi ha al seu voltant criteris i accions dels adults, prohibint o permetent un o altre tipus de jocs, s'observa que seleccionen generalment les mateixes joguines en les edats més primerenques, i que només a partir de l'edat pre-escolar, bàsicament pel reforçament educatiu i social, és quan comencen a observar-se diferències més grans. És als dos anys que el nen comença a mostrar interès pel seu voltant. El nen ja té opinions i desitjos propis i la joguina amb què juga el fa sentir-se identificat. Apareix la concentració en el joc i ja no només és representat en la mateixa joguina com un humanoide, sinó que és capaç d'imaginar-se pujat al vehicle amb què ha estat transportat o fins i tot donant vida als peluixos com a mascotes. Estudis han revelat que és a partir dels 3 anys quan els nens comencen a mostrar interès pels animals, juguen en granges, i representen els sons de les joguines. És per això que s'ha triat aquest ambient, un ambient que inciti la curiositat per als més petits, on el robot representa tres personatges; l'animal serà un porquet, el cotxe un tractor i l'humanoide serà un granger.

2.1.2 Recerca de disseny

2.1.2.1 Perfil d'usuari

En aquest apartat es defineix el perfil d'usuari que utilitzarà el producte. Aquest perfil, no es refereix a una persona concreta sinó a un recull de diferents usuaris. Aquests usuaris disposen d'actituds i característiques diferents però que compleixen amb els requisits d'utilització del producte.

L'Hexō està orientat a nens entre 4 i 8 anys. A partir d'aquesta edat, els nens desenvolupen el seu potencial, el seu caràcter i autonomia. Comencen a tenir les seves pròpies idees. Tot i que els amics comencen a representar un paper més important, la família i els pares segueixen sent els referents. Comencen a llegir, a escriure i a unir conceptes. S'obre un món apassionant davant d'ells. Tenen molta curiositat i aprenen molt ràpid. Utilitzen ordinadors, mòbils i consoles de forma fluida. Es tornen autònoms i alhora aprenen a compartir amb els amics. Per tant, destacar la importància de crear un robot que es pot utilitzar de manera individual però també de manera conjunta. D'aquesta manera, s'aconsegueix ensenyar diferents valors a través del joc, el qual té un paper fonamental en aquesta edat, i integrant aspectes tecnològics.

2.1.2.2 Context

Pel que fa el context d'utilització, es refereix a ubicar el producte, en aquest cas, el robot. Es separa en dos tipus, un primer context físic on es defineix l'espai i un segon context personal on es defineix la manera d'ús.

Per començar, es comenta el context físic. L'Hexō està pensat per un ús domèstic. No està adaptat per espais exteriors on les condicions climatològiques com la pluja i el vent podrien afectar al seu funcionament. Dins dels espais interiors, l'Hexō s'adapta majoritàriament a superfícies planes com el mateix terra, però també pot situar-se damunt d'una taula.

Pel que fa el context personal, és un robot destinat a aportar diversió a l'usuari creant un ambient de companyia i distracció. Es vol que sigui una eina d'entreteniment d'ús individual o bé d'ús col·lectiu.

2.1.3 Estudi de mercat

Per tal de fer un bon disseny, prèviament s'ha de fer un bon estudi dels robots que existeixen al mercat. Concretament, s'estudia el mercat en robots socials i en robots modulars separats en humanoides, zoomòrfics i mechanoides.

S'han escollit els següents robots socials:

- Sophia

Sophia és el darrer robot similar a l'home de *Hanson Robotics*, presentat el 14 de febrer de 2016, creat combinant innovacions en ciència, enginyeria i art. Està pensat per la investigació avançada de la intel·ligència artificial (IA) i la robòtica, i un agent per explorar l'experiència del robot humà en aplicacions de servei i entreteniment.

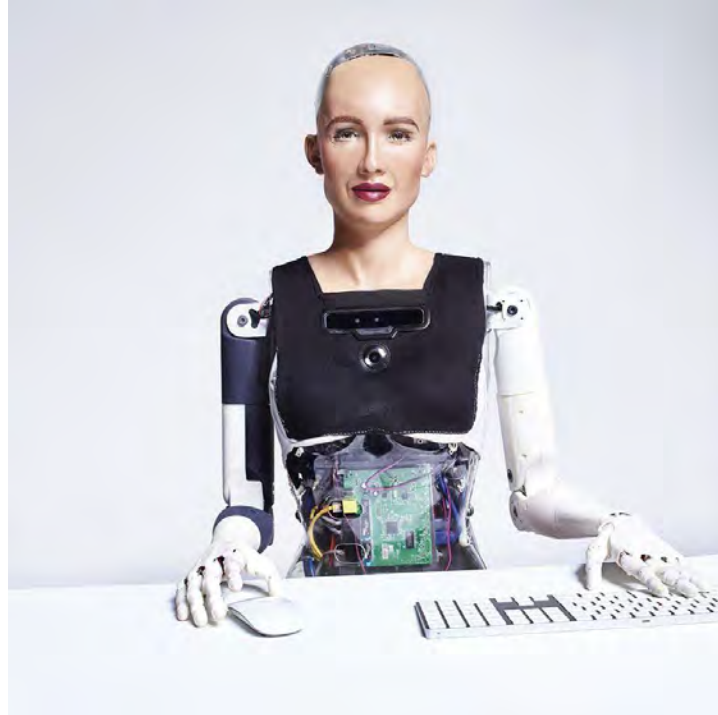


Figura 1. Robot Sophia

La seva IA combina treballs de xarxes neuronals, sistemes experts, percepció de màquines, processament de la llengua natural conversacional, control motor adaptatiu i arquitectura cognitiva, entre d'altres. Això permet que pugui donar respostes úniques per a qualsevol situació o interacció donada.

- Pepper

Pepper és un robot semi-humanoide fabricat per *SoftBank Robotics*, presentat per primer cop en una conferència l'any 2014. Pesa uns 28 kg i disposa de capacitat per detectar emocions mitjançant l'anàlisi d'expressions facials i tons de veu. Els seus creadors el defineixen com un robot per fer feliç a la gent, dissenyat per treballar en qualsevol àmbit professional adaptant-se a cada situació de la manera més natural possible.



Figura 2. Robot Pepper

El concepte principal del seu disseny és la interactivitat. Disposa de múltiples sensors tàctils i de so, una càmera en 3D i una pantalla tàctil que transmet, rep informació i posseeix connexió *on-line*. Tot això permet programar al robot per tal de poder interactuar amb el seu entorn.

- Paro

Paro és un robot terapèutic amb aspecte de nadó foca creat pel japonès *Takanori Shibata*. Es va exposar per primera vegada al públic a finals de 2001, pesa uns 3 kg i està pensat per crear un ambient de relaxació i provocar respostes emocionals en pacients d'hospitals i llars d'infermeria, similar a la teràpia assistida per animals però fent ús d'un robot.



Figura 3. Robot Paro

Paro està equipat amb dos processadors de 32 bits, tres micròfons, dotze sensors tàctils que cobreixen la seva pell, bigotis sensibles al tacte i un delicat sistema de motors i actuadors que mouen silenciosament les extremitats i el cos. Està dissenyat per buscar activament contacte visual, respondre al tacte, abraçar-se amb la gent, recordar cares i aprendre accions que generin una reacció favorable.

Una vegada analitzats alguns robots socials, també s'han estudiat els següents robots modulars:

- Fable

Fable és un robot modular educatiu creat per *Shape Robotics* i que va sortir al mercat l'any 2016. Fable es pot utilitzar en diverses matèries i classes fent que sigui senzill i divertit ensenyar. A través del robot, els estudiants exploren i aprenen robòtica adquirint habilitats essencials del segle XXI.

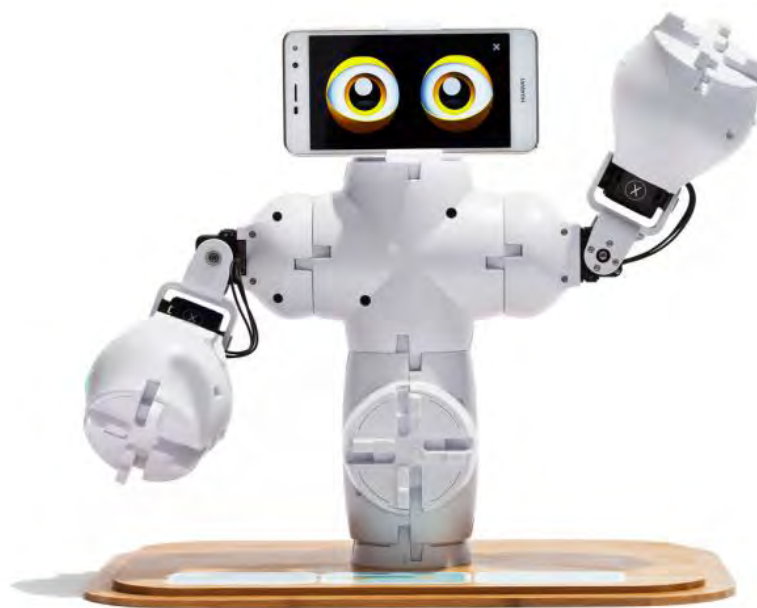


Figura 4. Robot Fable

Consisteix en mòduls programables que es connecten magnèticament. Aquests són motors, sensors i bateries que es controlen sense fils. A més, el sistema inclou peces passives i accessoris que permeten diferents configuracions del robot. És possible utilitzar tant la

programació de blocs com la programació basada en text, cosa que fa que Fable sigui adequat per a estudiants de diferents rangs d'edats, independentment de l'experiència.

- SMORES-EP

SMORES-EP prové de l'anglès *Self-Assembling Modular Robot for Extreme Shapeshifting-Electro Permanent magnets* creat per un grup d'estudiants graduats de la Universitat de Cornell i la Universitat de Pennsilvània. Van publicar un article a la revista *Science Robotics* a finals del 2018 on s'explica com es va desenvolupar aquest robot modular d'auto-reconfiguració capaç de transformar-se i adaptar-se a l'entorn segons l'acció que hagi de realitzar.

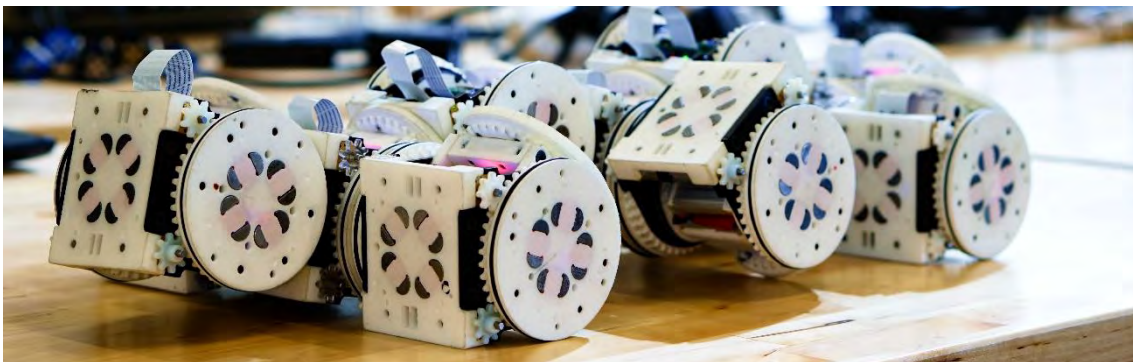


Figura 5. Robot SMORES-EP

El robot està compost de mòduls amb forma de cub de 80 mm amb rodes que poden separar-se i unir-se per formar noves formes amb diferents capacitats. Els mòduls tenen imants per connectar-se i *Wi-Fi* per comunicar-se amb un sistema centralitzat.

- Cubelets

Cubelets és un robot modular fabricat per *Modular Robotics* i presentat per primera vegada al 2013. Són petits cubs magnètics de 4.6 cm que s'uneixen per construir robots simples, format per tres tipus de blocs: els blocs dels sensors, els blocs d'acció i els blocs de programació.



Figura 6. Robot Cubelets

Cada Cubelet està programat prèviament amb una funció específica que permeti detectar, pensar o actuar. Els constructors de gairebé qualsevol edat són capaços d'explorar la robòtica i la codificació entre d'altres. És una manera divertida d'introduir grans idees a través del joc.

Per tal de resumir els robots que s'han vist fins ara, es crea una taula comparativa per recollir els punts més destacables de cadascun:

Taula 1. Resum estudi de mercat

ROBOT	CREADOR	ANY CREACIÓ	PREU	FUNCIÓ
SOPHIA	Hanson Robotics	2015	-	Robot social per assistir, entretenir i investigar
PEPPER	SoftBank Robotics	2014	20.500€	Robot social per assistir i entretenir
PARO	Takanori Shibata	2001	6.000€	Robot social terapèutic
FABLE	Shape Robotics	2016	5.000€ (Play Class Set)	Robot modular educatiu
SMORES-EP	Grup d'estudiants	2018	-	Robot modular d'auto-reconfiguració
CUBELETS	Modular Robotics	2013	1.200€ (Mini Makers Pack)	Robot modular educatiu

2.1.4 Recerca tècnica

L'Hexō com s'ha comentat anteriorment està basat en la plataforma *Raspberry Pi*. Per tal de fer un disseny s'ha realitzat una recerca dels components compatibles amb aquest sistema que es puguin utilitzar en el robot.

- Raspberry Pi 3 Model b+

És el cervell de l'Hexō i està ubicat dins de la base. En funció de la informació que rep a través dels pulsadors, actua sobre els motors i els diferents mòduls. S'ha escollit la *Raspberry* en comptes d'*Arduino*, utilitzat en el treball final de grau (TFG), per la seva potència i per totes les funcionalitats que pot arribar a aportar al robot. Està formada per la CPU Broadcom BCM2837B0, 1GB de RAM, Wi-Fi, *Bluetooth*, GPIO de 40 pins, HDMI i 4 ports USB entre d'altres.

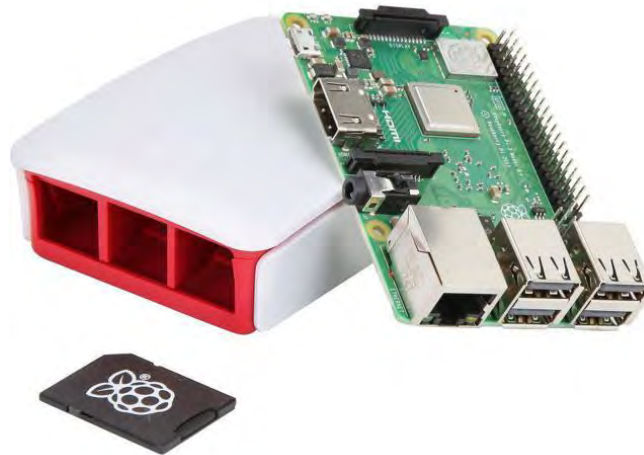


Figura 7. Raspberry Pi 3 Model B+

- Motors DC

Per poder dotar al robot de moviment a través de rodes és necessari utilitzar dos motor DC i dos relés. La *Raspberry Pi* controla a través dels pins GPIO els relés permetent que els motors s'alimentin amb una bateria externa de 9V. Els relés estan ubicat dins de la base i cada motor està ubicat dins d'un dels mòduls.

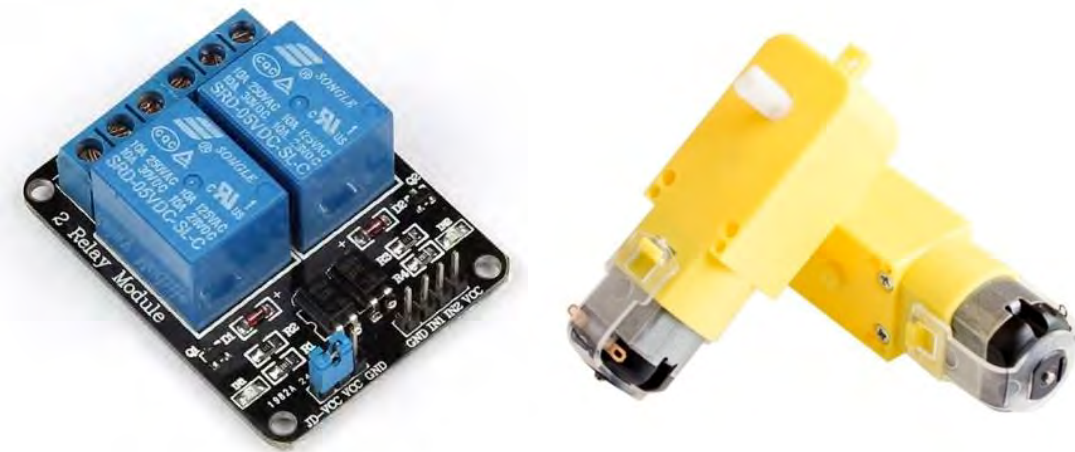


Figura 8. Relés i motors DC

- Servomotors

Els servomotors són un tipus especial de motor de continua que es caracteritzen per la seva capacitat per posicionar-se de forma immediata en qualsevol posició dins del seu interval d'operació. Per a això, el servomotor espera un tren de polsos que es correspon amb el moviment a realitzar. Aquests motors, són formats generalment formats per un amplificador, un motor, un sistema reductor format per rodes dentades i un circuit de realimentació, tot en un mateixa caixa de petites dimensions. El resultat és un servo de posició amb un marge d'operació de 180° aproximadament i una força de 1.8 kg/cm.

Un total de 8 servomotors s'utilitzen en les tres formes del robot. Concretament, permeten dotar de moviment als diferents mòduls com a les cames de l'humanoide o les potes de l'animal.

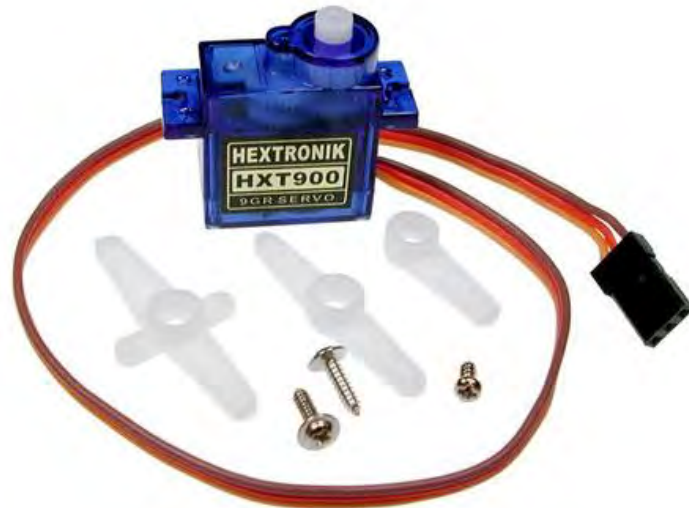


Figura 9. Servomotor

- Polsadors

S'utilitzen un total de 4 polsadors per tal de que l'usuari pugui decidir el moment de posar en funcionament i parar el robot. Concretament hi ha dos a l'animal, un al cotxe i un a l'humanoide. S'ha aprofitat la forma nasal de l'animal per col·locar un polsador a cada orifici, on si es clica una vegada a qualsevol botó, el posa en funcionament i si es clica una segona vegada, el para. En el cas de l'humanoide i el tractor, un únic polsador per a cadascun realitza les funcions de posar en marxa i parar el robot.



Figura 10. Polsadors

- Altaveu

Per poder dotar al robot de música, s'utilitza un altaveu que està ubicat dins d'un dels mòduls de l'humanoide que, connectat a través de *Bluetooth* a la *Raspberry Pi*, permet fer sonar una cançó prèviament definida.



Figura 11. Altaveu

- LEDs

Dos LEDs taronges estan ubicats a un dels mòduls del cotxe per simular l'efecte de llum de senyalització. Els dos LEDs alternen el temps en que s'encenen per tal de poder donar a l'usuari aquesta sensació d'alerta lluminosa que indica precaució.



Figura 12. LED taronja

- LEDs RGB

Els LEDs RGB tenen la funció de poder vestir a l'Hexò del color adient. Per tant, en funció de la forma que obtingui el robot, aquests 4 LEDs canviaran de color. Estan ubicats a la base, concretament a la zona inferior on el material utilitzat és transparent per poder apreciar el canvi de colors; magenta per l'animal, groc pel cotxe i blau per l'humanoide.



Figura 13. LED RGB

2.1.5 Briefing

En aquest apartat es vol fer una recapitulació dels apartats vists fins ara per tal de resumir la finalitat del projecte, el context d'ús i les conclusions extretes després de realitzar l'estudi de mercat i la recerca tècnica.

El robot que es desitja crear està format per tres figures diferents que acoblades entre sí formen el robot modular: humanoide, animal i cotxe. La interacció que s'espera amb l'usuari és a través del *hardware* i per tant, l'objectiu principal és poder crear un mecanisme capaç d'extreure mòduls i incorporar-los i sense que s'afectin entre ells. Destinat a nens d'entre 4 i 8 anys, l'ús principal que se li dona és d'entreteniment i diversió i està creat per ser utilitzat en espais interiors.

En el mercat existent, el robot modular es forma amb l'agrupació de les seves peces en funció de la situació i de la finalitat esperada. Són mòduls que no tenen sentit de manera independent però units creen un conjunt, una forma concreta que genera una acció per tal de satisfer unes necessitats. La conclusió a la que s'arriba analitzant l'àrea dels robots moduls, és que la gran

majoria són robots recents pel que la modularitat en els robots és un aspecte que s'està potenciant actualment. Encara que en el robot Fable s'intenta aportar la part social en alguna de les seves configuracions, no és la seva funció principal. Per tant, es pot concloure que no s'ha trobat cap robot social modular.

Pel que fa a la recerca tècnica, s'han estudiat els components compatibles amb la plataforma *Raspberry Pi* que podrien aportar la modularitat desitjada.

A la base es disposa de la *Raspberry Pi* amb una bateria externa capaç de donar la alimentació necessària que requereix, 4 LEDs RGB per poder canviar les llums en funció de la forma del robot i una *protoboard* per les connexions. També es disposa de relés i les bateries de 9V per poder controlar els motors de continua.

En referència als mòduls:

- Mòdul animal en forma de porquet que consta del següent:
 - Quatre mòduls que simulen les potes amb un servomotor en cada una.
 - Mòdul cua amb un servomotor a l'interior.
 - Mòdul nas amb dos polsadors que permeten encendre i aturar el robot.
- Mòdul cotxe en forma de tractor que consta del següent:
 - Un mòdul roda que disposa de dos rodes posteriors amb un motor DC cadascuna a l'interior.
 - Un mòdul que disposa de dues rodes davanteres que es mouen per inèrcia sense cap motor. També disposa d'un servomotor per fer moure la pala.
 - Una cabina de senyalització on es col·loca el polsador que permet el funcionament del robot i dos LEDs taronges de precaució.
- Mòdul humanoide en forma de granger que consta del següent:
 - Un mòdul barret amb un polsador per poder habilitar el seu funcionament i un altaveu per poder fer sonar música.
 - Dos mòduls que simulen les cames amb un servomotor a cada que permet simular que el robot balla al ritme de la música.

2.1.6 Referents

En aquest punt s'expliquen els referents del projecte. Un referent s'estén com allò pel qual s'ha rebut inspiració per tal de dissenyar el producte final. Tant pot ser un producte, un objecte, una forma o un color. En aquest cas, un referent no fa falta que sigui un robot, tot i que també es pot rebre inspiració d'ells. A continuació, es llisten els referents a partir dels quals s'han extret idees pel disseny final.

- Mr. Potato

La famosa joguina que apareix a la pel·lícula *Toy Story* és la primera inspiració del projecte. Consisteix en una figura de plàstic amb forma de patata, que pot ser decorada amb nombroses peces de plàstic insertables per formar una cara, com un bigoti, barret, nas i altres complements. Les peces d'aquesta joguina inspiren els mòduls de l'Hexō que es basen en la mateixa idea de crear un conjunt a partir de la combinació d'aquests.



Figura 14. Mr Potato

- Zowi

El segon referent és el robot Zowi que ha inspirat la creació de l'humanoide. Les cames estan basades en aquest robot ja que realitza un moviment similar al desitjat. Per tal de fer que el robot balli, les cames han de fer uns moviments que simulin aquesta acció de manera senzilla fet que requereix d'un disseny elaborat.



Figura 15. Zowi

- Mòduls

El disseny final, la forma de la base i els diferents mòduls està inspirat en diferents objectes que no són necessàriament robots, com per exemple rellotges en formes d'animal que han inspirat les formes arrodonides de la base i els mòduls i les dimensions del conjunt.

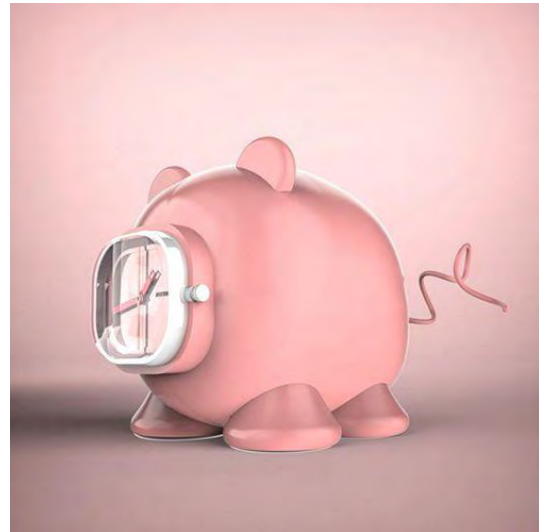


Figura 16. Rellotges d'animals

- Robodi

El Robodi és el robot creat al TFG a partir del qual es crea l'Hexō i per tant, és un referent essencial. Seguint la mateixa tipologia de robot modular s'ha evolucionat per donar-li més personalització a través de tres possibles formes.



Figura 17. Robodi

2.2 Fase d'ideació

2.2.1 Proposta de valor

El projecte proposat aporta un valor afegit als robots socials analitzats en l'estudi de mercat. En la fase d'inspiració, no s'han trobat robots on la interacció es realitzi a partir de mòduls sinó que es basen en robots d'una sola peça.

No obstant, sí que s'ha vist que hi ha diferents robots on s'incorpora la idea de modularitat tot i que es basa en fer ús de peces petites agrupant-les en funció de les necessitats per tal d'aconseguir la forma desitjada.

El robot dissenyat intenta unir els dos conceptes. Primer, el concepte d'un robot social enfocat a nens amb tot el que implica i segon, integrar el concepte de modularitat. En aquest cas, aquest últim concepte varia del que s'ha analitzat al estudi de mercat ja que els mòduls sempre estaran ubicats a la base i les formes que es generen en conjunt seran les mateixes.

La proposta de valor escollida seria: "Aportar el concepte de modularitat a un robot social".

2.2.2 Limitacions

El producte es veu limitat per diferents factors que determinen el disseny final. Per començar, les mides venen condicionades per la *Raspberry Pi*, les bateries, els motors i els components electrònics. A l'interior de la base concretament hi ha la *Raspberry Pi* amb la bateria per alimentar-la, una *proto board*, 4 LEDs RGB, els relés i les bateries per alimentar als motors. Tot això limita les mides de la base, tant d'amplada com d'alçada.

Un altre aspecte a tenir en compte és la funcionalitat que aporten els mòduls. Aquests són condicionats pels components electrònics per dues raons: (1) que la funcionalitat escollida es pugui realitzar a través d'algun component existent i (2) que en cas de que existeixi, sigui econòmicament accessible. Ja que, per exemple, s'ha donat prioritat a utilitzar components que es tinguessin a casa abans de comprar altres components.

Finalment destacar la limitació del disseny afectat per dos factors: (1) la integració de tots els components dins de la base i dels mòduls i (2) el mecanisme de connexió d'aquests. El disseny està directament relacionat amb que s'ha de poder fer un encapsulat que tingui una forma atractiva i que representi al mòdul corresponent i, que a la vegada, fixi el component electrònic al seu interior de manera que no afecti al seu funcionament. Tot això sense oblidar que el

conjunt global sigui atractiu i representatiu de la forma corresponent. El disseny també es veu afectat pel fet que ha de ser modular i l'usuari ha de poder posar i treure el mòdul en un únic lloc dins de la base, de manera senzilla, intuïtiva i principalment, robusta per assegurar una bona connexió entre la base i el mòdul.

2.2.3 Sketching

Per començar el procés d'ideació del disseny del robot es realitzen una sèrie de formes geomètriques i abstractes que inspirin o puguin arribar a donar forma al robot. Aquestes formes són completament a l'atzar. Bàsicament, posar el llapis sobre el paper i dibuixar sense pensar. Es fan fusions per començar a crear detalls i concretar la forma final.

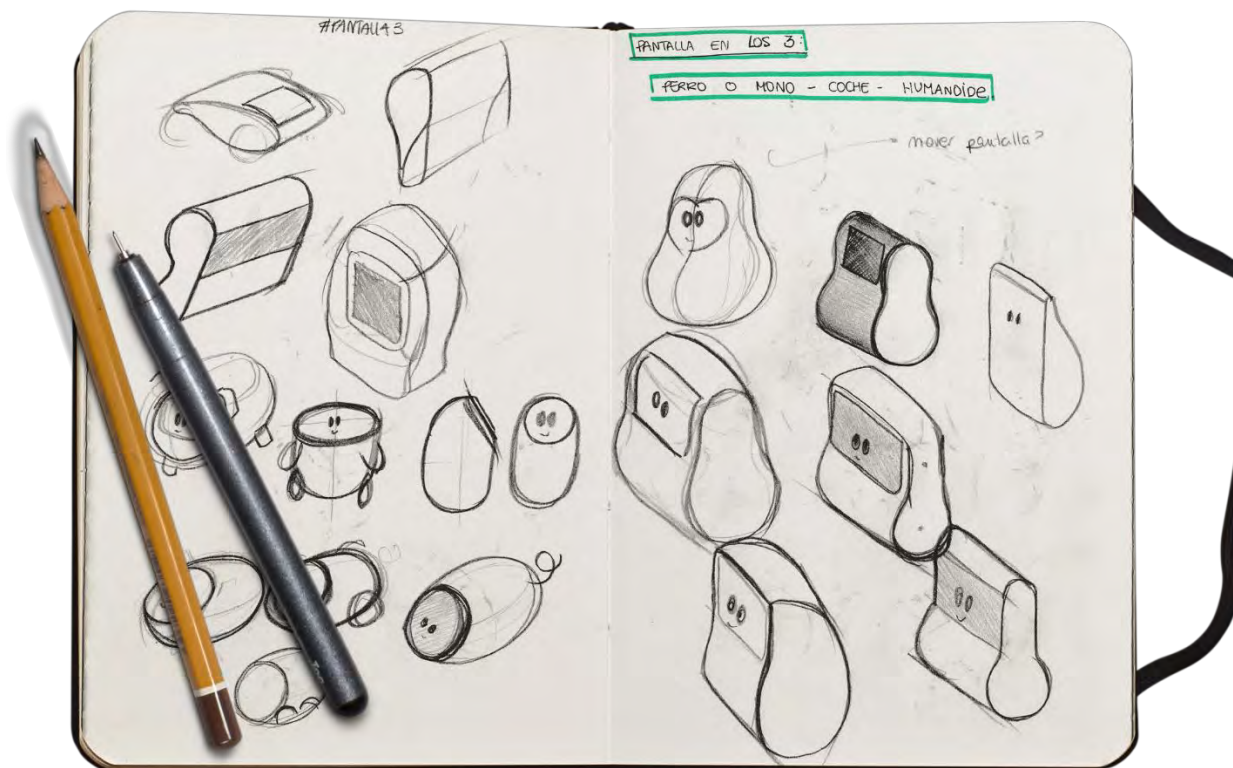


Figura 18. Primeres formes del robot

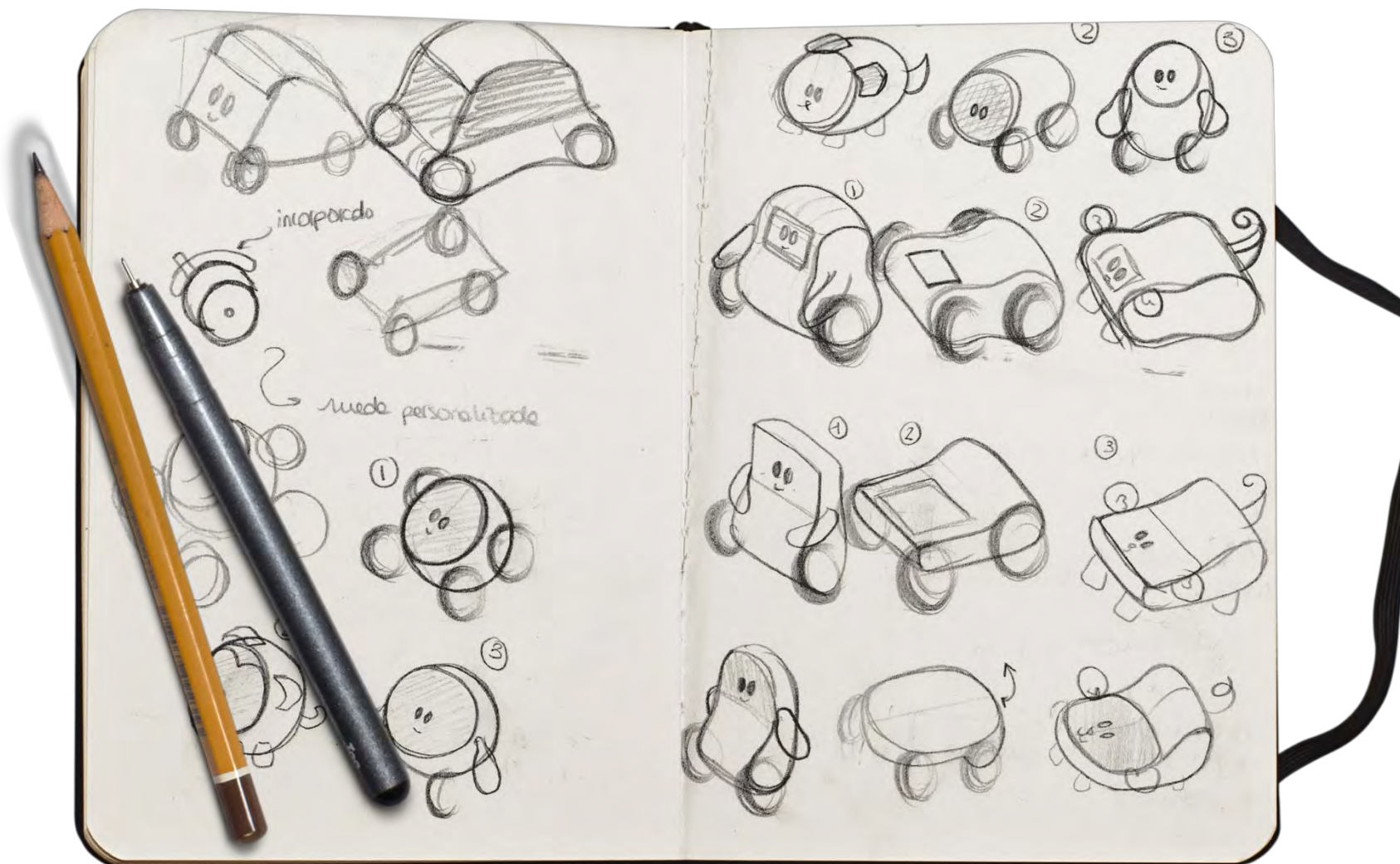


Figura 19. Primeres formes del robot

2.2.4 Disseny final

En aquest punt, es detallen maneres d'unió dels mòduls tenint en compte conceptes més interns. S'ideen maneres d'extreure i d'incorporar els mòduls, s'escullen els colors de cada forma i també es detalla com fer possible que només els mòduls pertinents puguin encaixar en certes parts de la base. És en aquest punt que es defineix el context i la relació que tenen els tres personatges, una granja amb el porquet, un granger i el seu tractor.

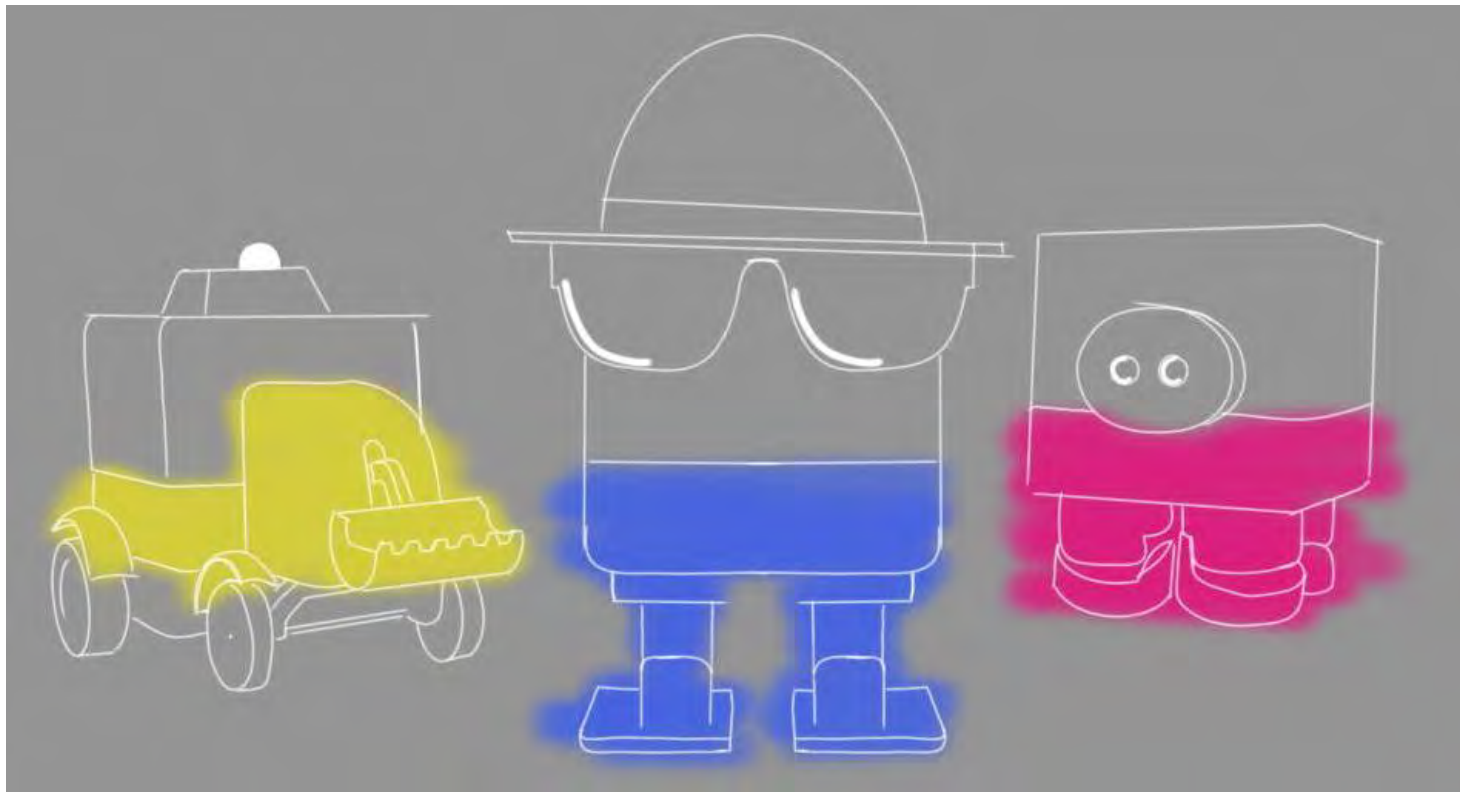


Figura 20. Definir detalls

2.2.5 Branding

En aquest apartat es plasma la creació del logotip del robot. Es justifica el nom i el disseny escollits tant de la forma com del color.

Hexō és una paraula composta per “hex” + “o”. Primer, “hex” prové d’hexaedre que és un políedre que té sis cares, més conegut com a cub, és a dir, la forma de la base del robot. Seguidament, “o” que prové de la forma dels imants ja que aquests són rodons i són una de les característiques més destacables del robot. Finalment, la línia vertical sobre la “o” simbolitza el barret de l’humanoide, volent indicar així el concepte de modularitat.



Figura 21. Logotip i forma dels imants

Pel que fa la forma del logotip, prové de la forma dels sis imants que es troben a tots els mòduls i als set forats de la base, com es pot observar a la figura 21. Els colors que apareixen són els tres colors en que estan impreses totes les peces, un per cada forma: magenta pel porquet, groc pel tractor i blau pel granger.



Figura 22. Logotip final

2.3 Fase d'implementació

2.3.1 Solució tècnica

En aquest apartat es mostren els dissenys 3D de totes les peces de manera conjunta i individual per tal de tenir una visió global de totes les formes i de les unions de les peces.

A la figura 23 es veu el disseny de les tres formes de l'Hexō. Cal destacar que tant la base com tots els mòduls s'han realitzat amb les cantonades arrodonides ja que al ser un robot per nens, és important evitar perills i a més a més, s'aconsegueix un disseny més amigable.

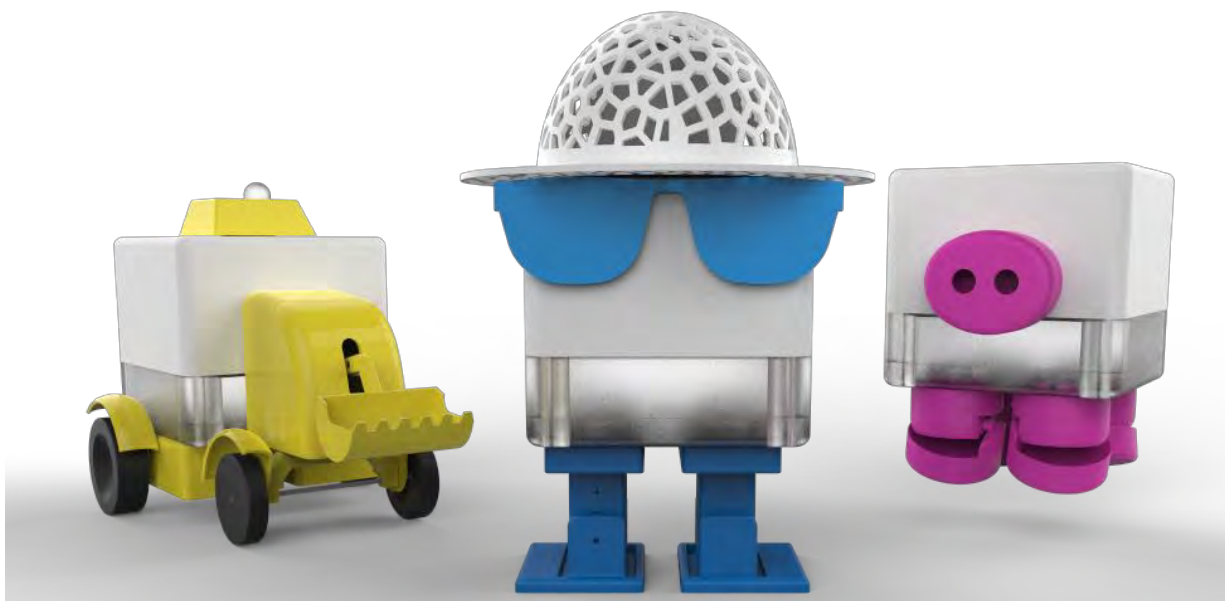


Figura 23. Hexo

Pel que fa la base, a la figura 24 es veu el disseny final de la base en 3D. Les mesures escollides són les mínimes per poder introduir tots els components al seu interior. Es poden observar els dos tipus de materials utilitzats, PLA blanc i translúcid per veure els diferents colors que s'han programat. La base s'ha decidit separar i imprimir en quatre parts, dos per la part blanca i dos per la translúcida. Els temps d'impressió són de 5 hores 30 minuts per base del material translúcid, 4 hores 15 minuts per la part superior, 5 hores 37 minuts per la primera part del PLA blanc i finalment, 12 hores per la part superior blanca.

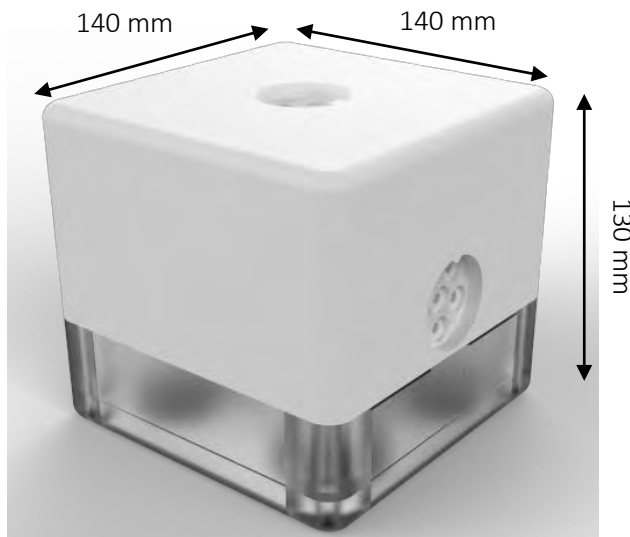


Figura 24. Base

Cada forat, on encaixen els mòduls, disposa al seu interior d'una forma geomètrica específica amb l'objectiu d'evitar que els mòduls entrin a tots els forats. A la figura 25 es mostren les set formes escollides per cada forat. També es pot observar que dins de cada cercle dels imants hi ha un cercle 3 mm més petit que serveix per deixar passar el cos del cargol enganxat a l'imant.

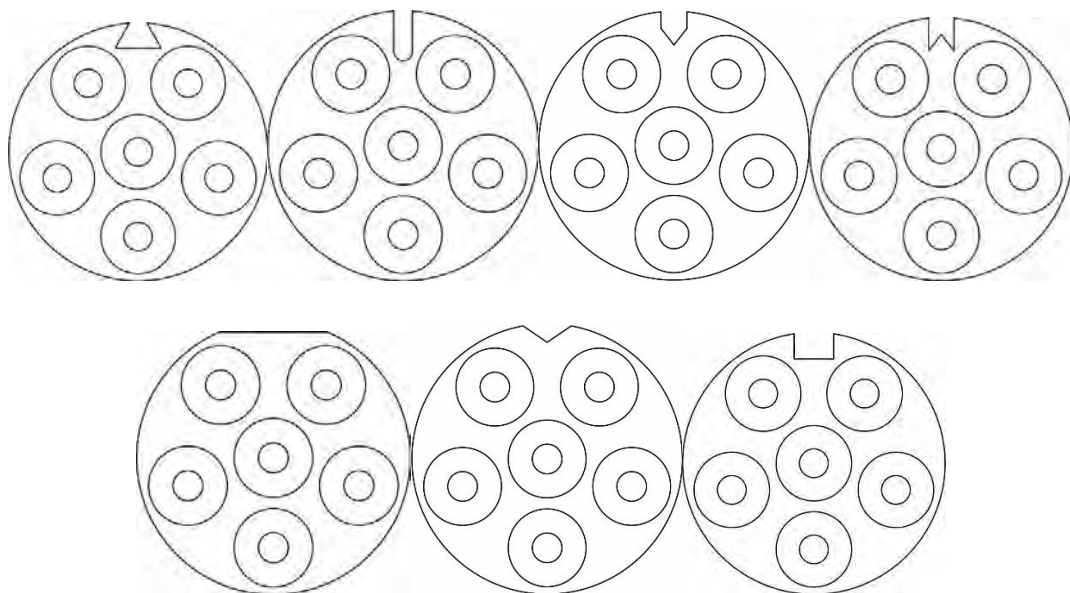


Figura 25. Forats

La base s'ha decidit separar en quatre parts, dos per la part blanca i dos per la translúcida. D'aquesta manera es poden inserir els components electrònics a l'interior de manera més senzilla i també facilita la impressió de les peces. A la imatge 26 s'observen dos superfícies a l'interior, on a la primera (1) es col·loquen la *Raspberry Pi* i la *protoboard* i a la segona (2) les bateries i el relé. Aquestes superfícies no ocupen tot el cub sinó que tenen zones buides per permetre el pas dels cables des de la part inferior a la superior. Finalment, destacar el grossor de les parets de la base i de totes les demés peces de 2 mm.

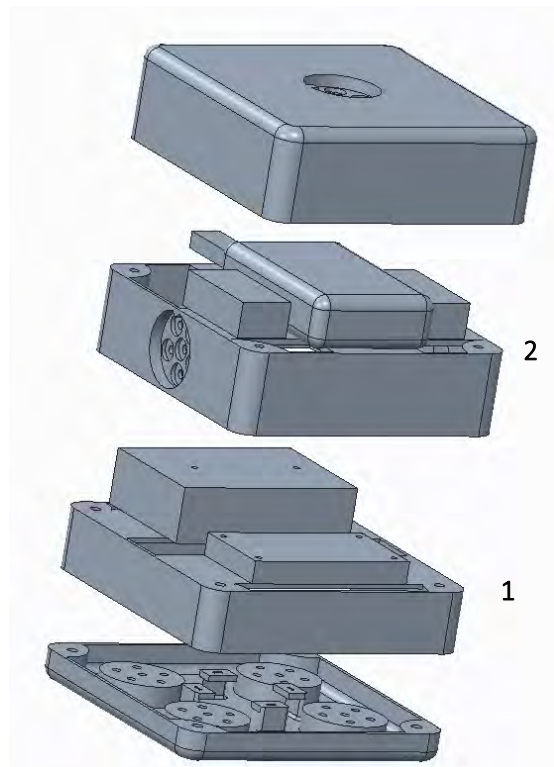


Figura 26. Base

La unió de la majoria de peces, inclosa la base, es realitza amb l'objectiu d'accedir a l'interior per col·locar-hi el component electrònic, per tant tots els mòduls estan formats amb un mínim de dos peces. Tal i com es pot veure a la figura 27, a les quatre cantonades es fa un forat amb la mètrica corresponent del cargol i un avellanat per a que quedi enrasat a la superfície. En canvi a la peça superior es fixa la rosca escalfant el PLA amb un soldador. Amb aquest mètode aconseguim que una vegada s'ajuntin les dues peces mitjançant el cargol, només quedi visible el cap d'aquest per l'inferior de la peça.

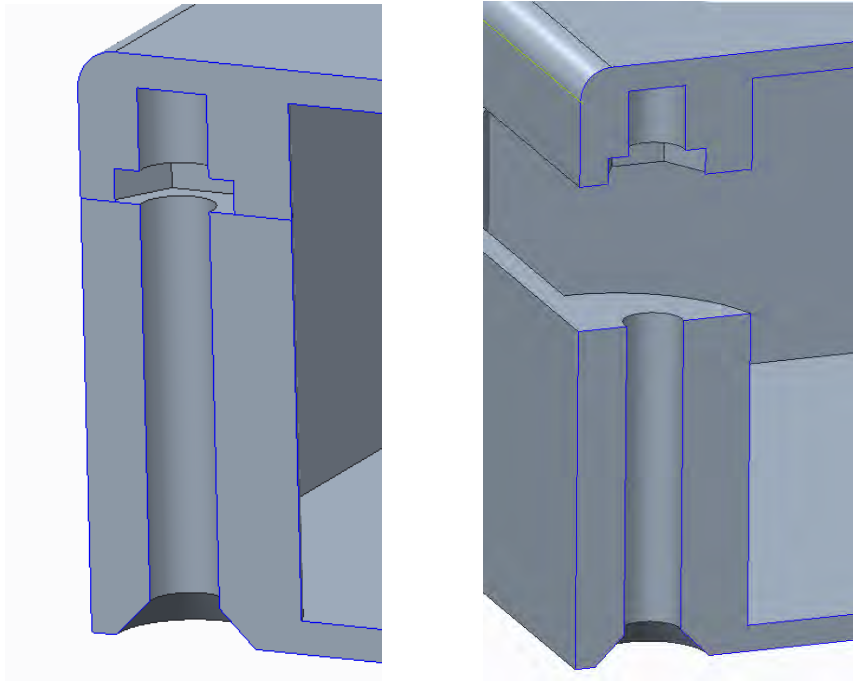


Figura 27. Unió peces

- Mòdul animal

A continuació s'expliquen les peces de les que està compost la primera forma del robot, el porquet, on les seves mesures es poden veure a la figura 28.

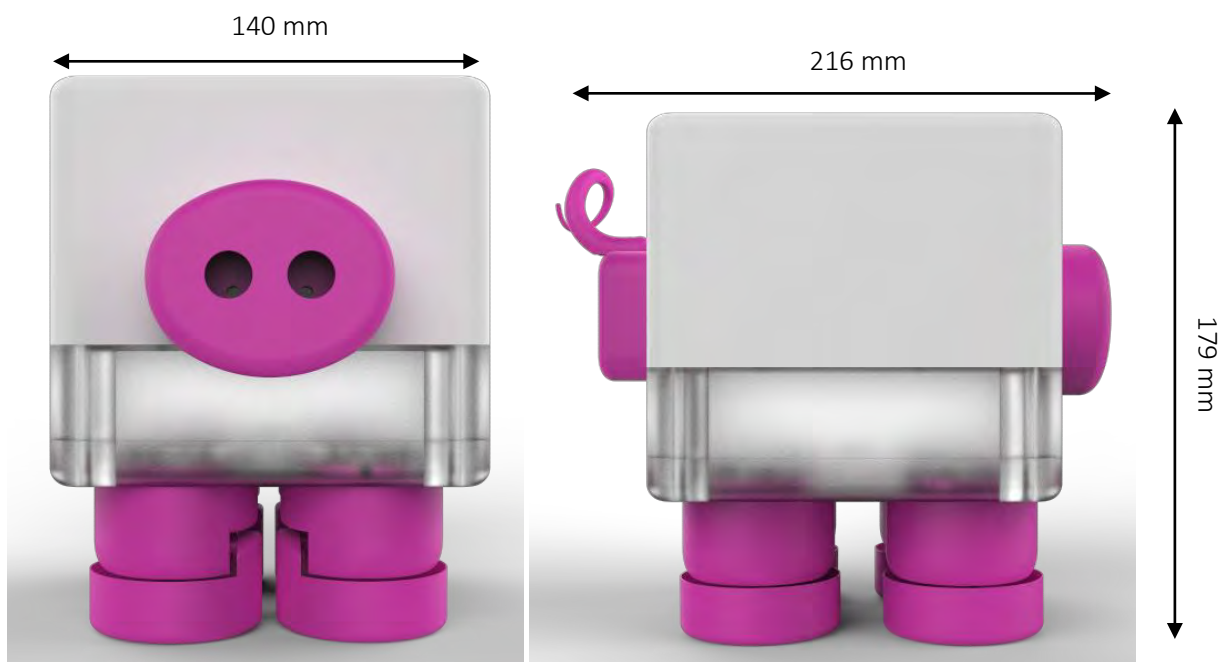


Figura 28. Porquet

Està compost de sis peces: quatre potes, un nas i una cua. A l'interior de les potes i de la cua es troba un servomotor a cadascun i a l'interior del nas dos botons.

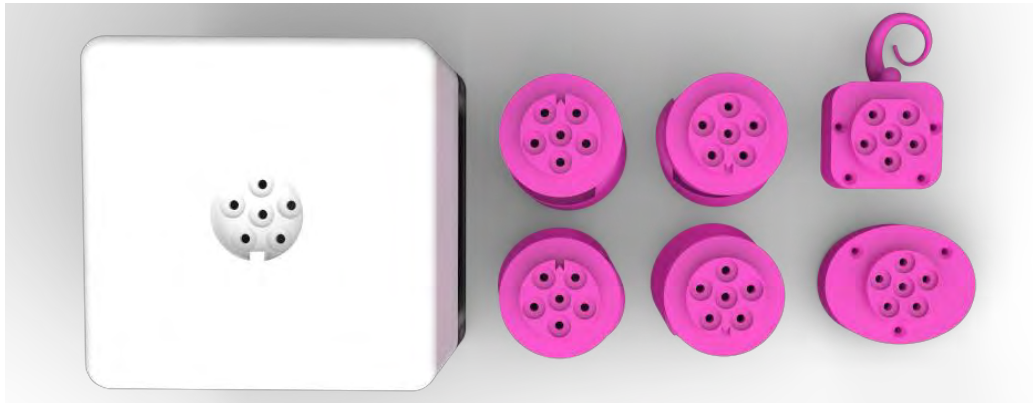


Figura 29. Porquet

Les quatre potes tenen el disseny 3D que es veu a la figura 30, compost per tres peces i un servomotor al seu interior. El servomotor està fixat a la peça número 2 per dos cargols als seus extrems permetent sortir l'aspa pel forat de la peça. Aquesta aspa es fixa a la peça 3 amb un cargol i és gràcies a aquesta que permet el moviment de tota la peça número 3 simulant la pota d'un porquet. Finalment, la peça 1 és la que incorpora els imants amb els cables i s'uneix a la peça 2 amb el mecanisme explicat a la figura 27. El temps d'impressió de les peces d'una pota són de 44 minuts per la peça 1, 47 min per la 2 i 49 minuts per la peça 3.

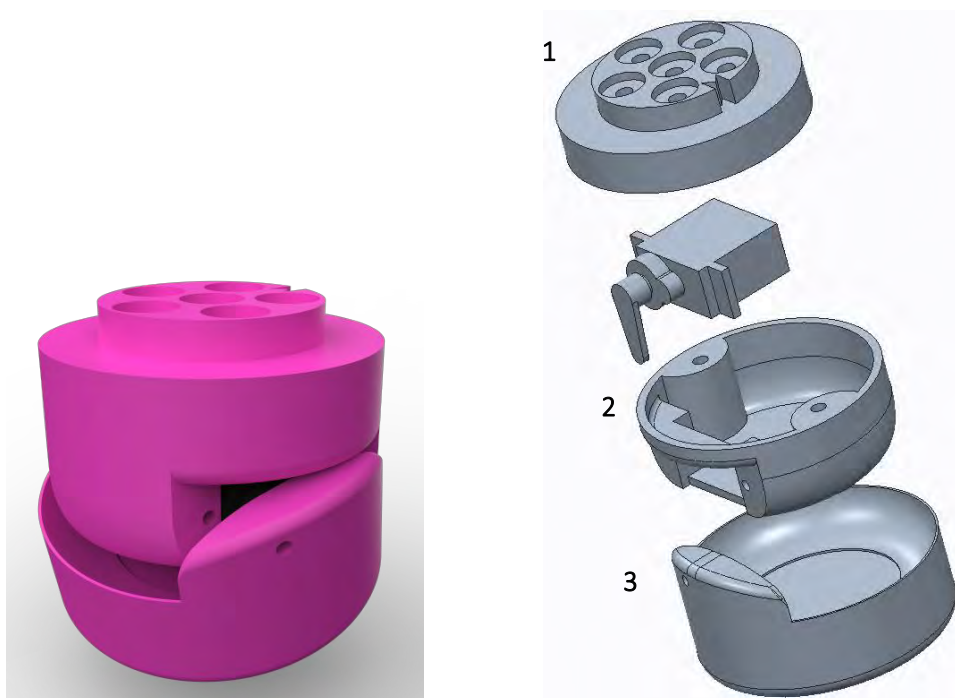


Figura 30. Porquet

El nas està compost per dos peces amb dos botons a l'interior com s'observa a la figura 31. S'ha de tenir en compte que tots els encaixos en 3D tenen una tolerància, és a dir, si el botó mesura 20 mm de diàmetre, els dos forats es fan de 20.5 mm. El mateix passa amb totes les circumferències on es troben els sis imants, als mòduls on la circumferència sobresurt, aquesta té 0.5 mm menys que a la base on la circumferència s'enfonsa. El temps d'impressió per la peça 1 és de 40 minuts i per la peça 2 d'1 hora.

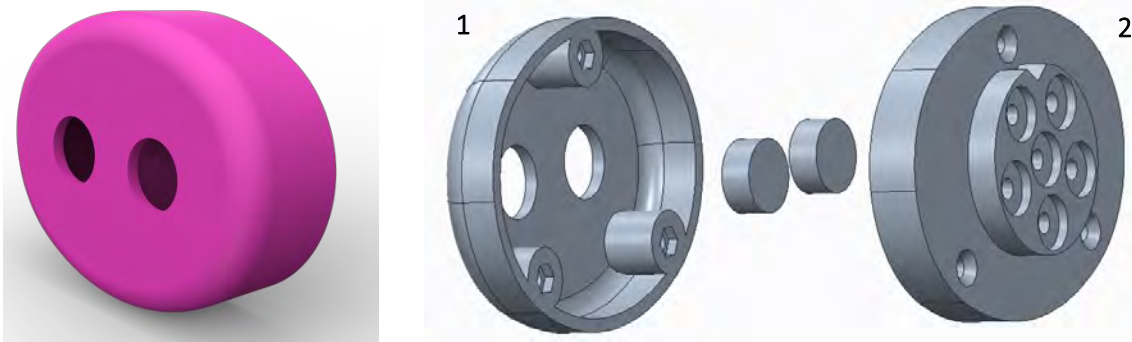


Figura 31. Porquet

A la figura 32 es veu com la cua està formada per tres peces i un servomotor a l'interior. La manera de fixar el servomotor a la peça 3 és semblant a la de les potes del porquet, amb dos cargols als extrems de manera que l'aspa quedi per sobre del forat. A continuació, a la peça 2 es fixa l'aspa amb un altre cargol i ja es pot tancar amb la última peça. Pel que fa el temps d'impressió és de 48 minuts per la peça 1, 20 minuts per la 2 i 41 minuts per la 3.

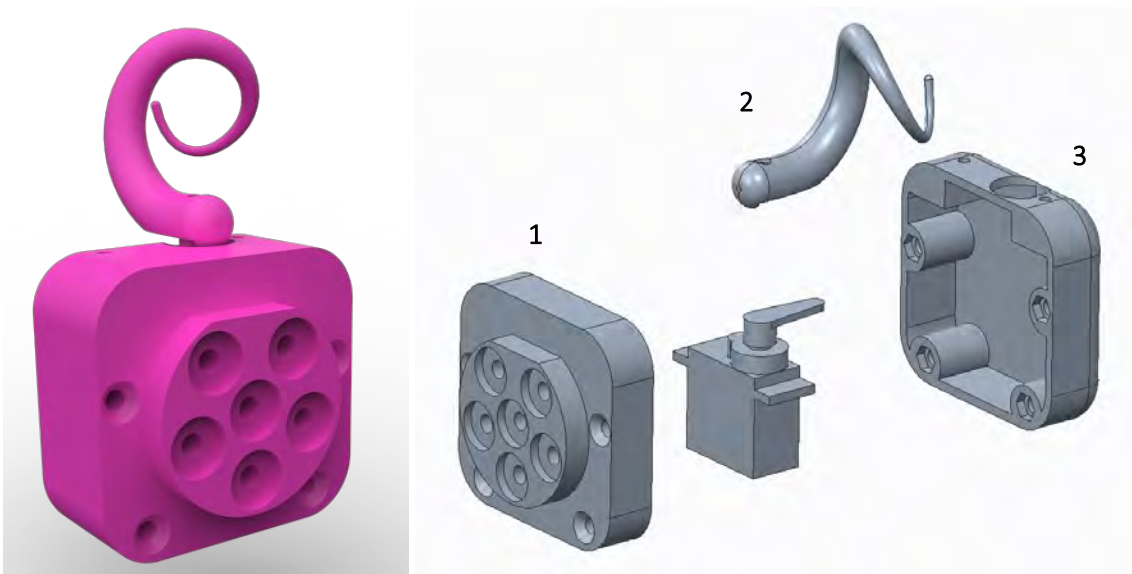


Figura 32. Porquet

- Mòdul humanoide

A continuació s'expliquen les peces de les que està compost la següent forma del robot, el granger, on les seves mesures es poden veure a la figura 33.

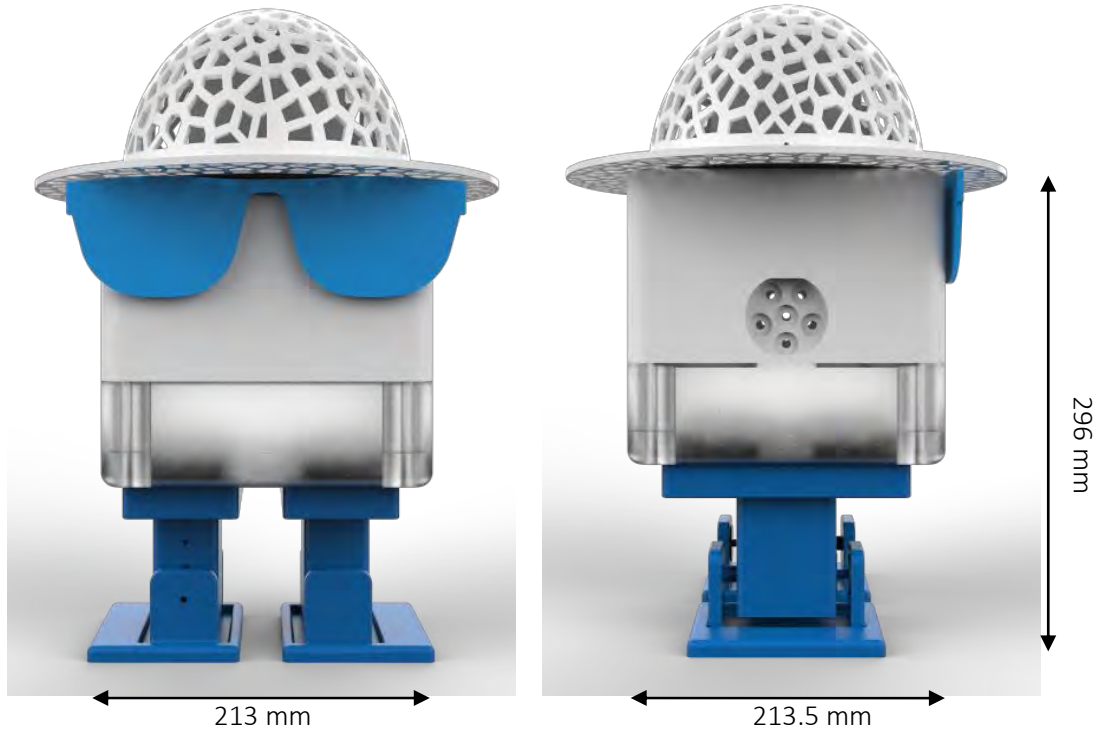


Figura 33. Granger

Està compost per tres peces: dues cames i un barret on hi pengen unes ulleres. A l'interior de les cames hi ha un servomotor a cadascuna i al barret hi ha un altaveu i un botó. Cal destacar que el barret té una tela blava al seu interior per a que no es vegin els components. Com es pot observar el barret i les ulleres són peces diferents i la seva unió s'ha fet escalfant el PLA amb el soldador fins que s'han quedat fixades.

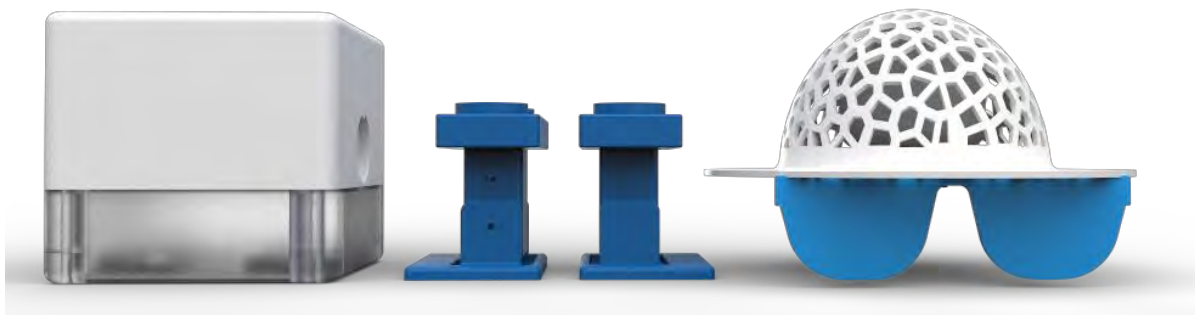


Figura 34. Granger

Les dues cames tenen el disseny 3D que es veu a la figura 35, compost per cinc peces i un servomotor al seu interior. El servomotor està fixat per dos cargols a la peça número 3 i aquesta està fixada també per dos cargols a la peça 2. L'aspa del servomotor, que sobresurt pel forat de la peça 3, queda fixada a la peça 5 per un cargol i seguidament, el cilindre de la peça 4 s'introdueix a un forat de la part posterior de la peça 3 i es fixa per dos cargols a la superfície de la peça 5. Finalment, és tanca amb el mateix mecanisme d'unió de tots els mòduls i la base explicat a la figura 27. El temps d'impressió per la peça 1 és de 1 hora 23 minuts, per la peça 2 d'1 hora, 1 hora 10 minuts per la peça 3, per la peça 4 de 18 minuts i per últim 1 hora 15 minuts per la peça 5. Destacar que cada peça s'ha d'imprimir dos cops.

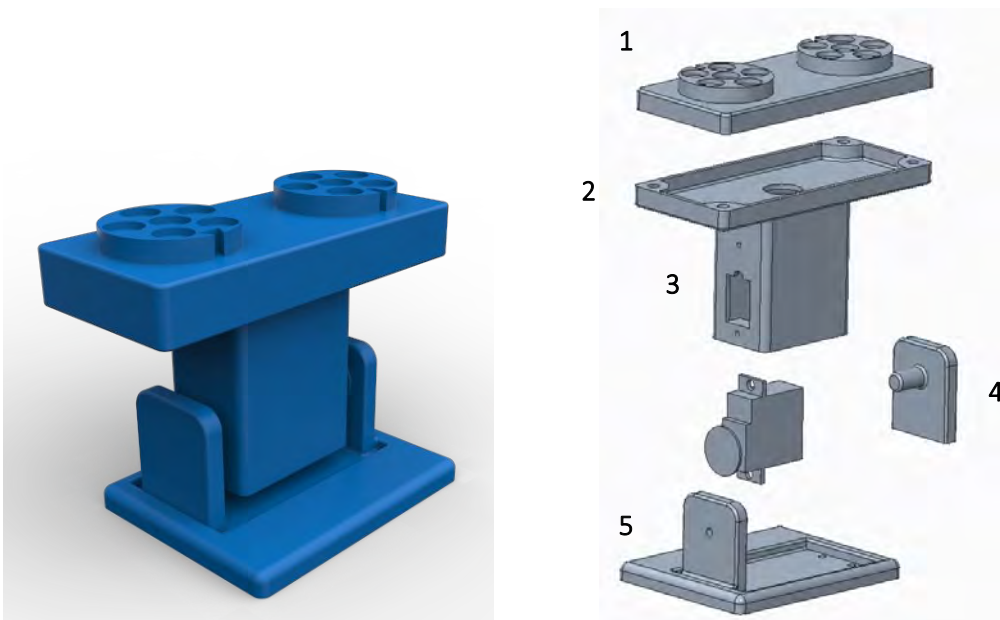


Figura 35. Granger

A la figura 36 es veu com el barret està format per tres peces i a l'interior, un altaveu i un botó. La peça 2 és una superfície creada per col·locar i elevar l'altaveu per tal d'evitar que toqui amb els sis cargols dels imants. Aquest està unit a la base a través de dues brides. Finalment, la unió entre les peces 1 i 3 es realitza amb quatre cargols als extrems. El temps d'impressió és de 6 hores 30 minuts per la peça 1, 44 minuts per la peça 2, per la peça 3 és de 2 hores 3 minuts i 45 minuts per les ulleres que formen part de la peça 1.

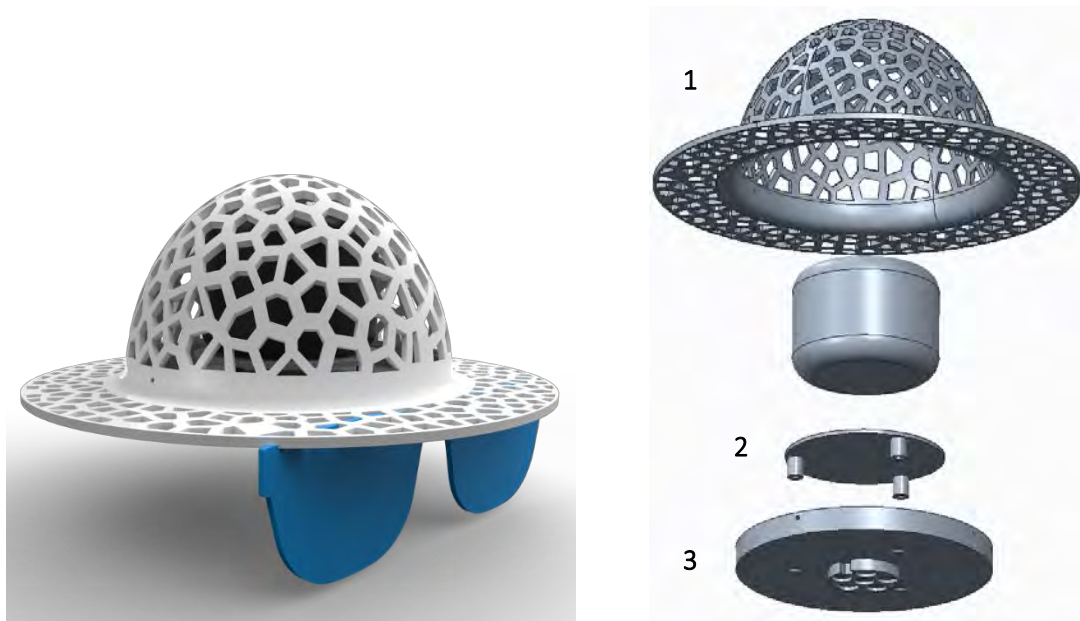


Figura 36. Granger

- Mòdul cotxe

A continuació s'expliquen les peces de les que està composta l'última forma del robot, el tractor, on les seves mesures es poden veure a la figura 37.

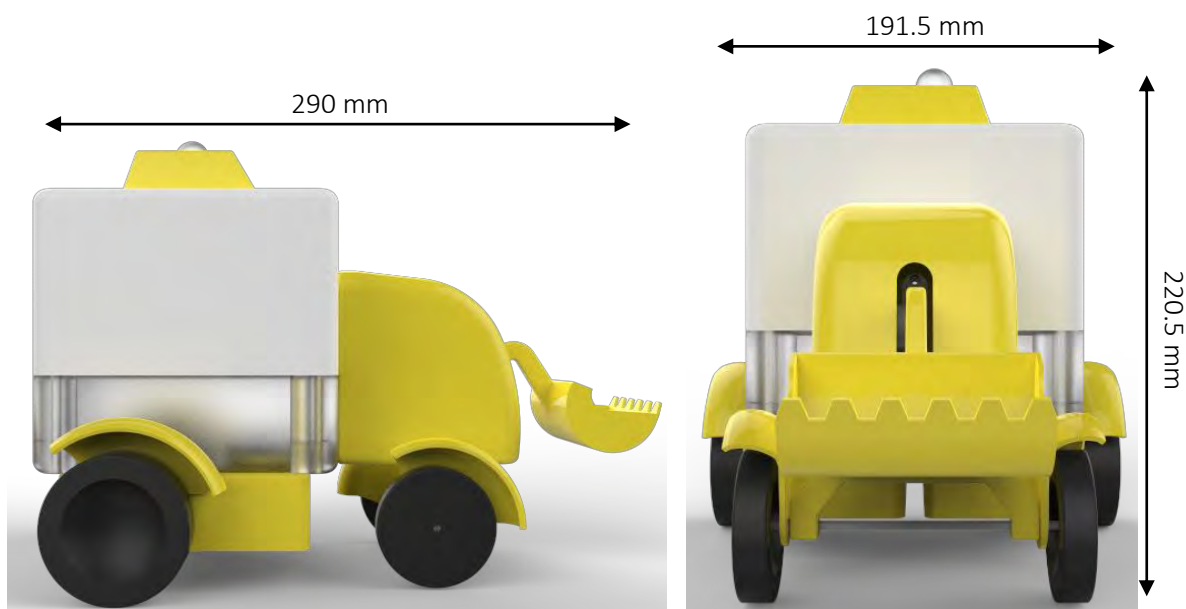


Figura 37. Tractor

Està compost de quatre peces: dues rodes, una cabina i una pala. A l'interior de cada roda hi ha un motor DC, dins de la cabina es troben dos LEDs taronjes i un botó i finalment, un servomotor a l'interior de la pala.



Figura 38. Tractor

Les dues rodes tenen el disseny 3D que es veu a la figura 39, compost per tres peces i un motor DC al seu interior. El parafang va unit a la peça 1, portadora dels imants, mitjançant dos cargols. La peça 2 disposa de petits forats per fer que el motor DC quedi ben recte a la paret. Així, s'aconsegueix que el cilindre d'unió a la roda sobresurti totalment. El temps d'impressió de les peces és de 2 hores per la peça 1, 2 hores 15 minuts per la peça 2 i 30 minuts per la peça 3.

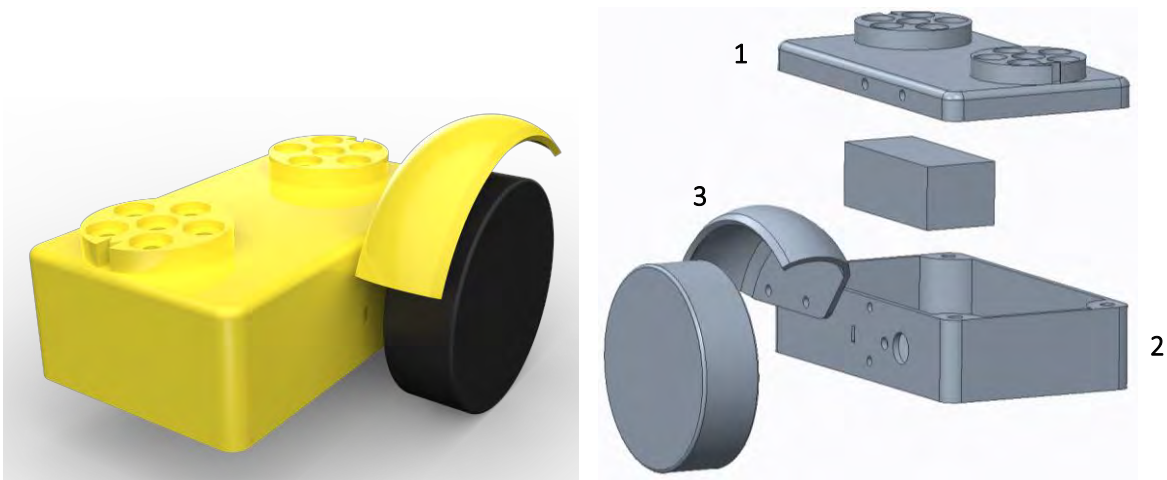


Figura 39. Tractor

La pala està composta per set peces amb un servomotor a l'interior com s'observa a les figures 40 i 41. El servomotor està fixat a la paret de la peça 6 on a la seva aspa es col·loca la pala amb un cargol. Se li realitza un forat en forma de finestra per poder muntar el servomotor i es tapa amb la peça 4 que s'imprimeix amb PLA translúcid. Les dues rodes es mouen per inèrcia i es subjecten a través de la peça 2 i una barra de ferro. El temps d'impressió per les peces 1 i 3 és

de 28 minuts, per la peça 2 és de 22 minuts, 20 minuts per la peça 4, 1 hora 16 minuts per la peça 5, per la peça 6 el temps és de 6 hores 30 minuts i finalment, per la peça 7 és de 1 hora 34 minuts.



Figura 40. Tractor

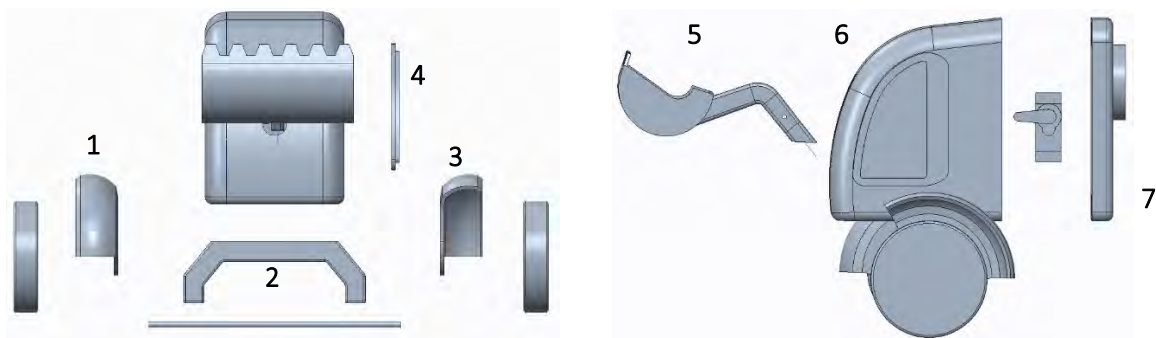


Figura 41. Tractor

A la figura 42 es veu com la cabina està formada per quatre peces, dos LEDs i un botó a l'interior. A l'interior de la peça 2 es troben dos LEDs taronges que s'activen simulant una sirena i, degut a que ha de passar la llum, aquesta peça es fa amb material translúcid. La peça 3 disposa d'un forat petit i rectangular per on passen les potes dels dos LEDs i aquesta peça i la 2, amb ajuda de dos cargols, es subjecten a la peça 1. El temps d'impressió és de 38 minuts per la peça 1, de 10 minuts per la peça 2, 4 minuts per la peça 3 i 1 hora 33 minuts per la peça 4.

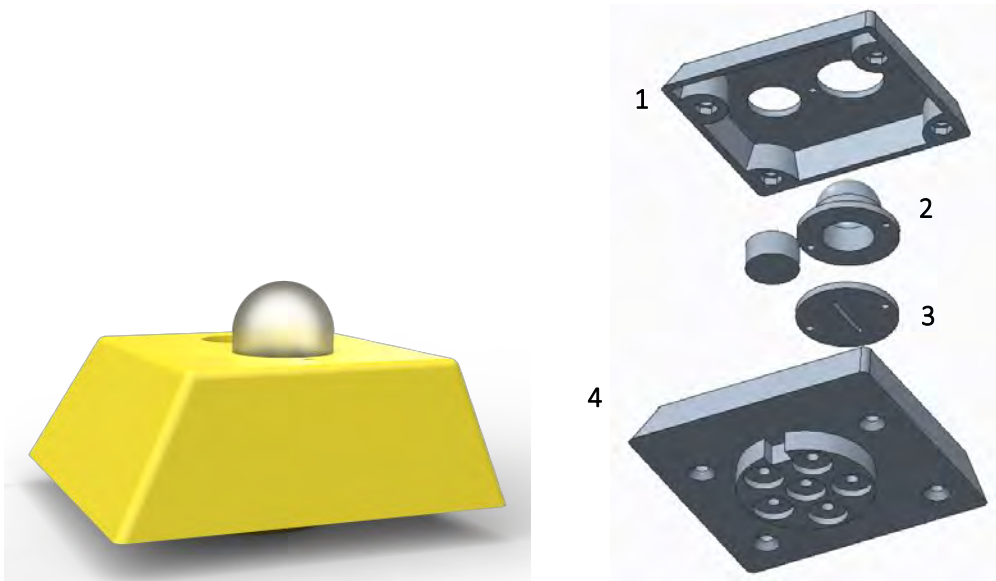


Figura 42. Tractor

2.3.1.1 Esquemàtic dels components

En aquest apartat es descriu la connexió realitzada entre els diferents components explicats a l'apartat de "Recerca tècnica".

- Animal – Porquet

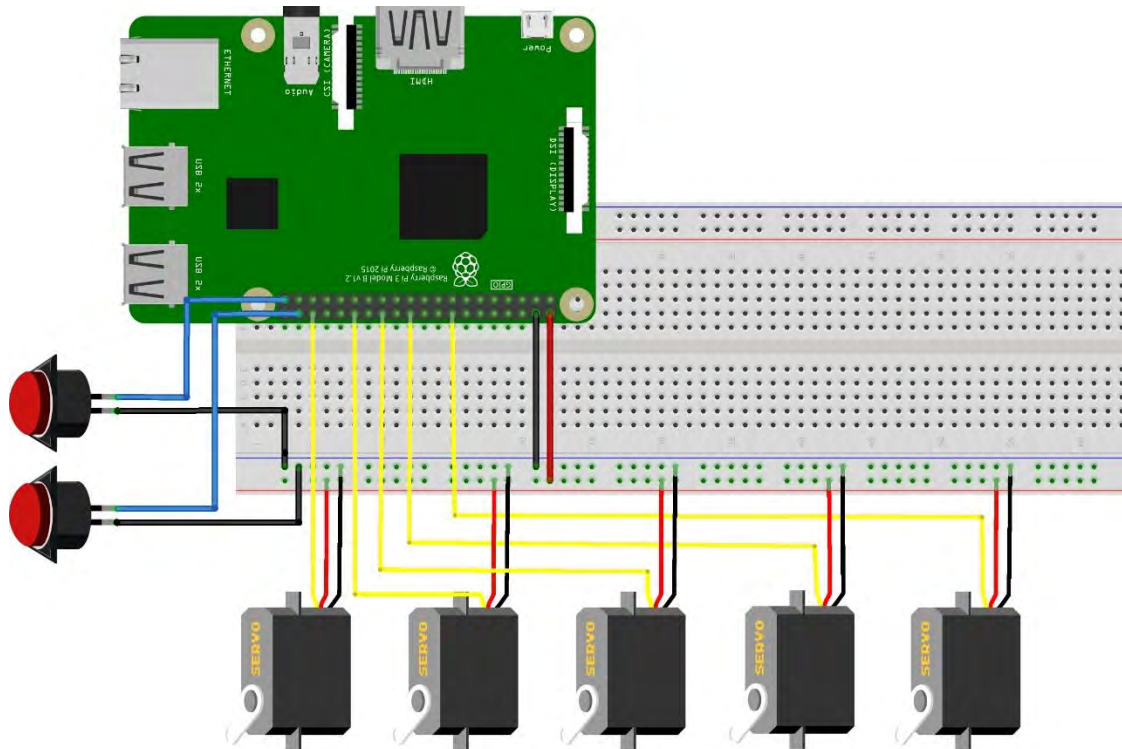


Figura 43. Connexionat animal

- Humanoide – Granger

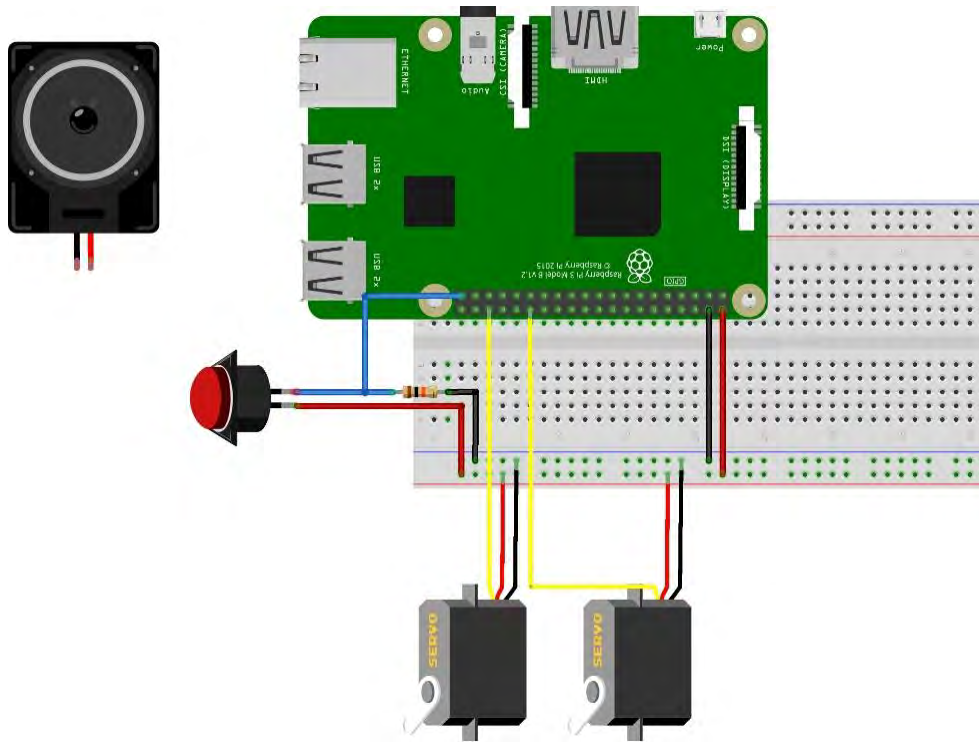


Figura 45. Connexionat humanoide

2.3.1.2 Codi

El codi de programació de la *Raspberry Pi* es pot trobar a "Annex III".

2.3.1.3 Selecció dels materials

En aquest apartat es justificaran els materials escollits per la creació de l'Hexō.

El robot en la seva totalitat està imprès amb impressora 3D utilitzant filament PLA. El filament PLA és el material més utilitzat per a realitzar impressions 3D per la seva simplicitat i senzillesa a la hora d'utilitzar-lo. És un termoplàstic produït amb àcid polilàctic provinent de fonts biodegradables que no produeix olors a l'hora d'imprimir i és fàcil de processar posteriorment ja que permet ser polit, tallat i pintat.

El rang de temperatura d'impressió està entre 190°C i 220°C, encara que la temperatura òptima d'impressió acostuma a ser d'entre 198°C i 210°C.

Dins d'aquest tipus de filament, existeixen infinitat de colors per poder realitzar les impressions 3D. Pel projecte s'utilitzen 5 filaments PLA diferents. Els mòduls de cada forma han estat tots impresos amb el mateix color per a que sigui més intuïtiu reconèixer la forma que representen. Així doncs, pels mòduls del porquet s'utilitza magenta, pel tractor s'escull filament de color groc i finalment, blau pels mòduls del granger. La base, al ser comuna per les tres formes, es realitza amb colors neutres. És formada per dos peces diferents i es decideix utilitzar dos tipus de filaments diferents per la superior i per la inferior. La part superior senzillament s'imprimeix de color blanc, però en el cas de la inferior s'utilitza un filament translúcid que permet el pas de la llum donant una brillantor quan aquesta incideix sobre el material. D'aquesta manera, també, es pot apreciar els canvis de color que duen a terme els LEDs RGB del seu interior.

2.3.2 Procés de construcció

En aquest apartat es mostra a través de fotografies i petites explicacions, els passos que s'han seguit per poder construir el robot modular.

2.3.2.1 Base

Un cop les peces han estat dissenyades, el primer pas és imprimir-les amb una impressora 3D sense importar el color del material PLA ja que no són les definitives.

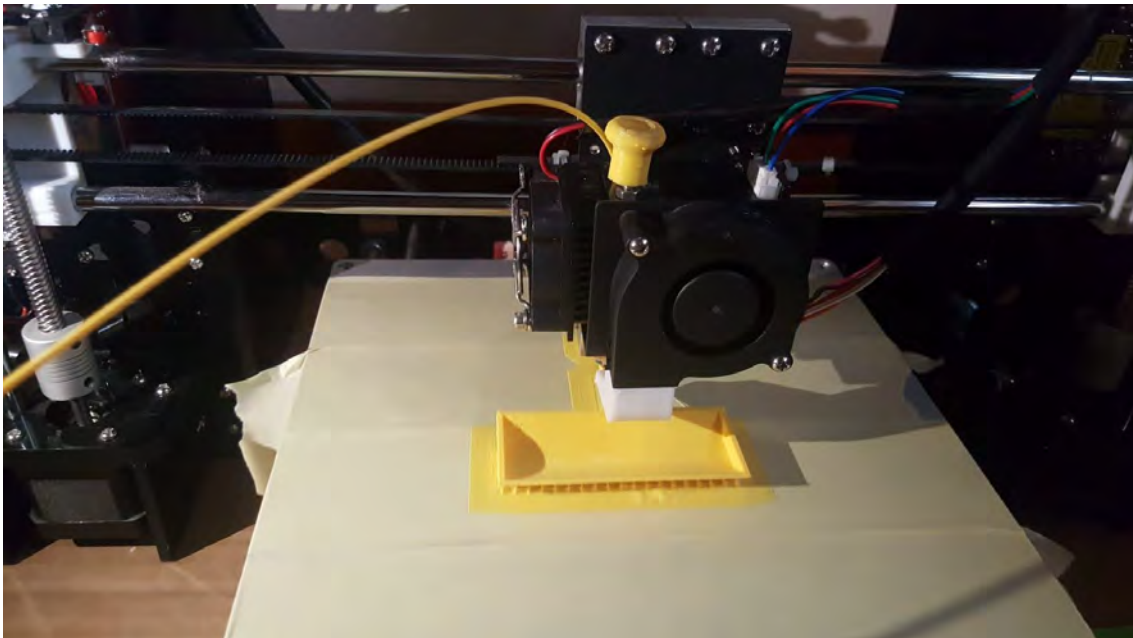


Figura 46. Impresora 3D

Com s'ha comentat anteriorment, la base està composta de dues parts, una blanca i una translúcida per tal que el robot pugui canviar de color. Primer, es fan proves de material per decidir la millor posició on col·locar els 4 LEDs RGB dins de la base tal i com es veu a les figures 47 i 48.

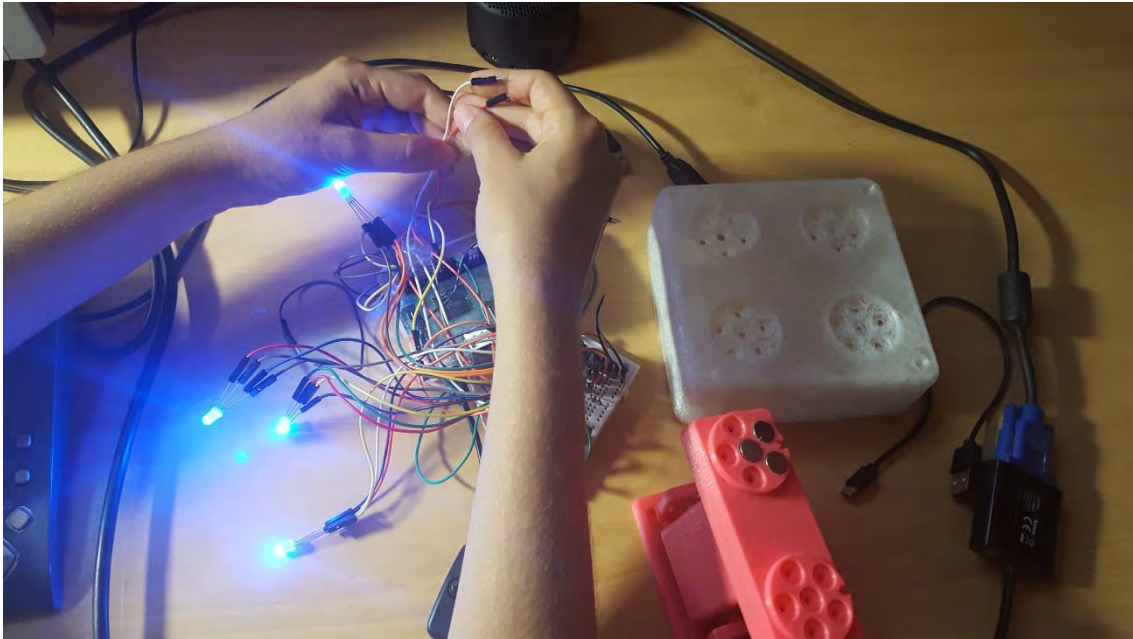


Figura 47. Proves LEDs



Figura 48. Proves LEDs

La part translúcida s'imprimeix en dues parts per facilitar la col·locació dels components dins de la base. A la part inferior és on es col·loquen els imants que fan encaixar els mòduls. Cada forat té a la part interior una petita forma geomètrica diferent per fer que no tots els mòduls encaixin en un mateix forat.

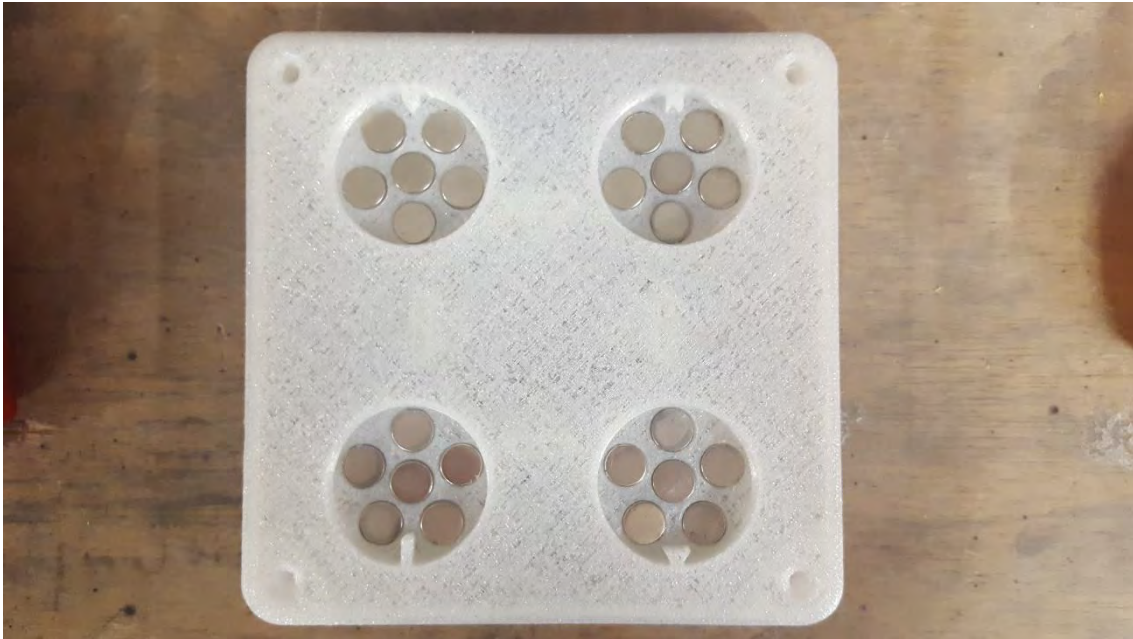


Figura 49. Base translúcida

Els imants estan enganxats a un cargol i fixats amb una rosca tal i com es veu a les figures 50 i 51. Amb una segona rosca es fixarà el cable que va a la *Raspberry Pi*. També es veuen els 4 suports on es col·locaran els LEDs RGB.

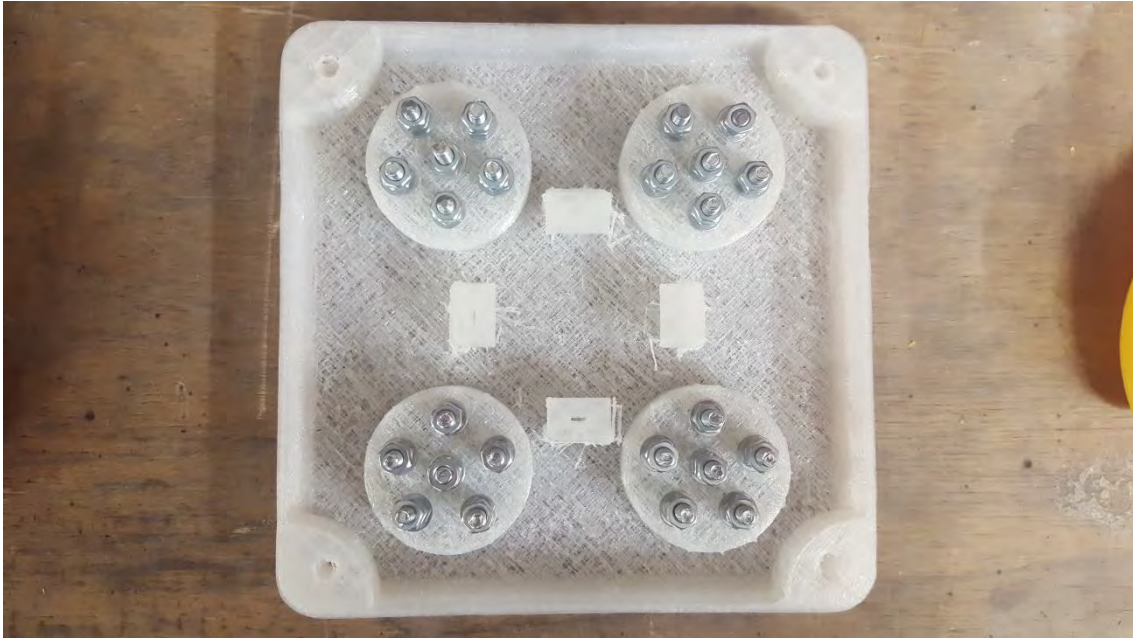


Figura 50. Base translúcida



Figura 51. Base translúcida

Per col·locar els components dins de la base s'han fet dues superfícies a altures diferents. A la primera, es col·loca la *Raspberry Pi* i la *protoboard* i a la segona, es fixen la bateria externa, les bateries per alimentar els motors i el relé. També s'afegeix un botó d'on/off a un dels laterals per poder alimentar a la *Raspberry* com es pot veure amb més detall a la figura 53.

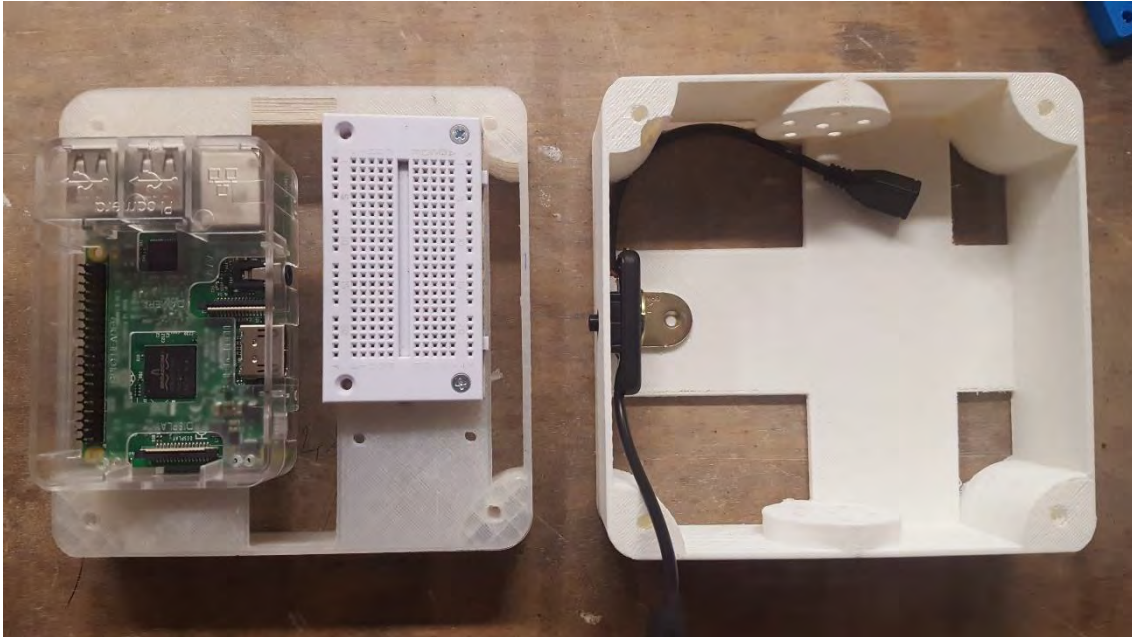


Figura 52. Interior de la base



Figura 53. Botó On/Off

Per tal d'unir totes les parts de la base, es segueix el mecanisme explicat a la figura 27: es fan 4 forats de 4mm a les cantonades per on s'insereix un cargol de 100mm. A la part superior de la base es fixa una rosca per la part interior que permet la unió de tota la base, fent així que només es vegi el cap del cargol a l'inferior de la base.

2.3.2.2 Mòduls

S'imprimeixen peces provisionals per testejar els dissenys 3D creats. Es munten i es prova el moviment amb el codi creat.

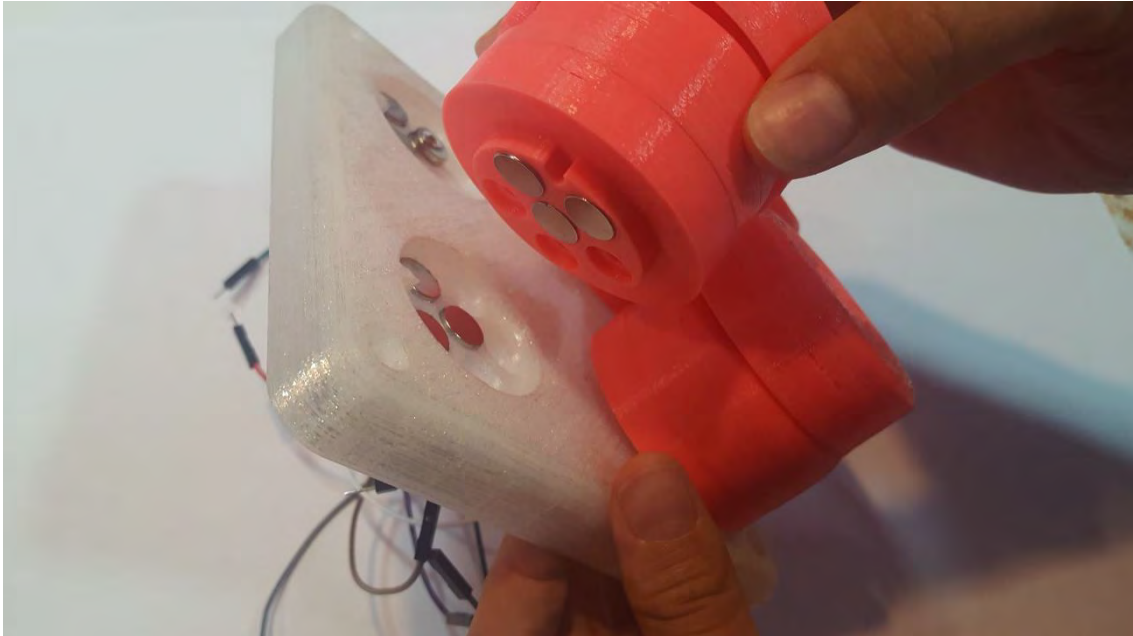


Figura 54. Peces provisionals

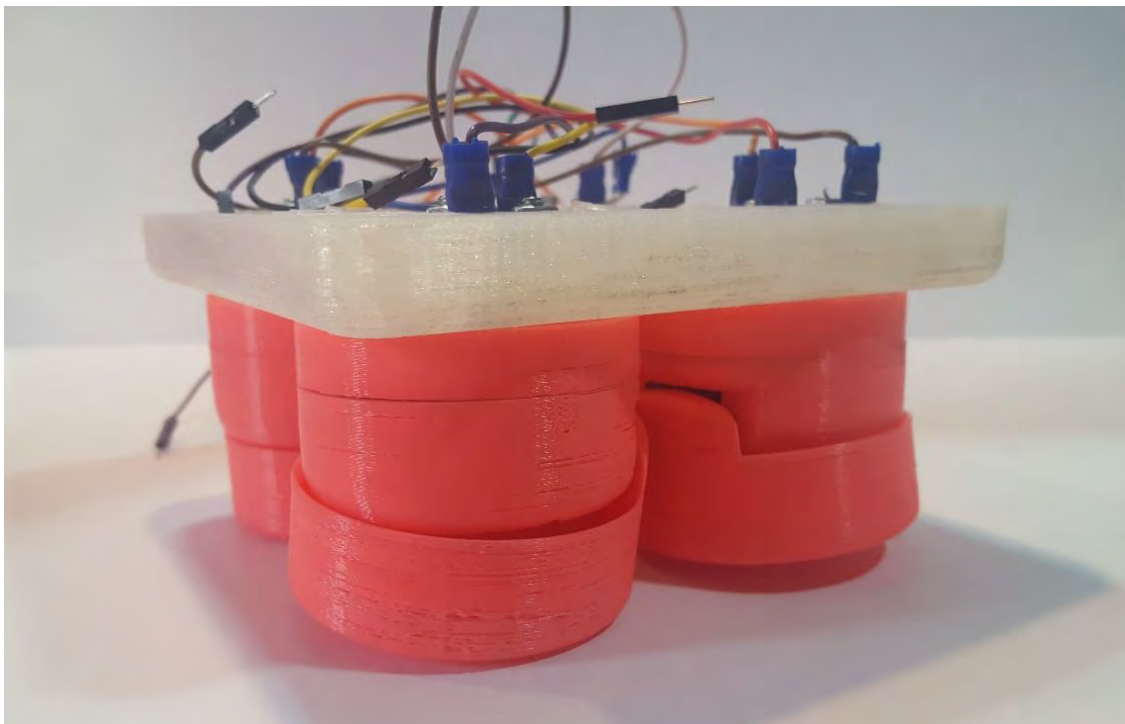


Figura 55. Peces provisionals

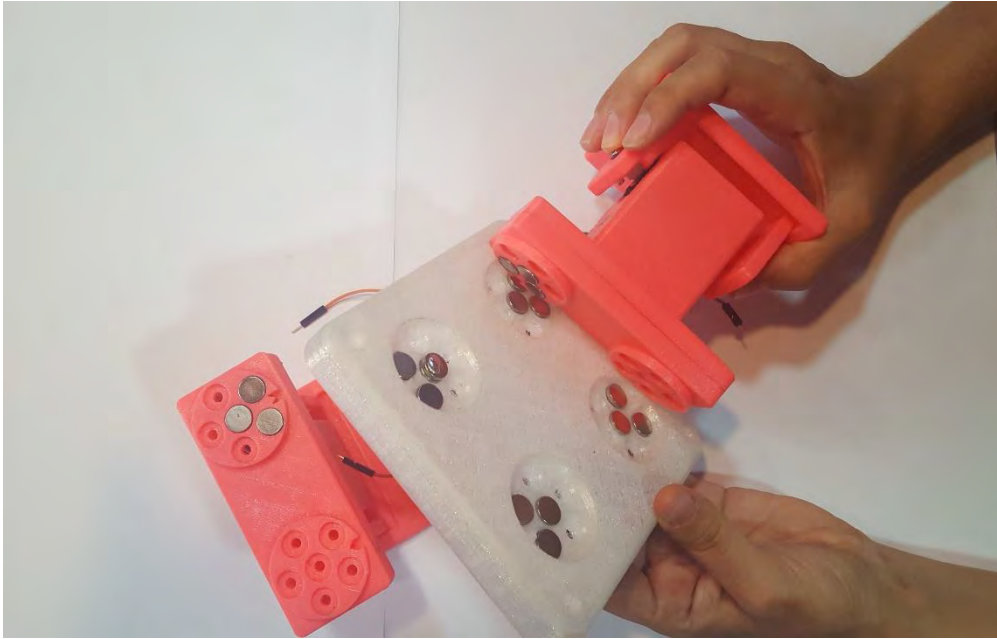


Figura 56. Peces provisionals

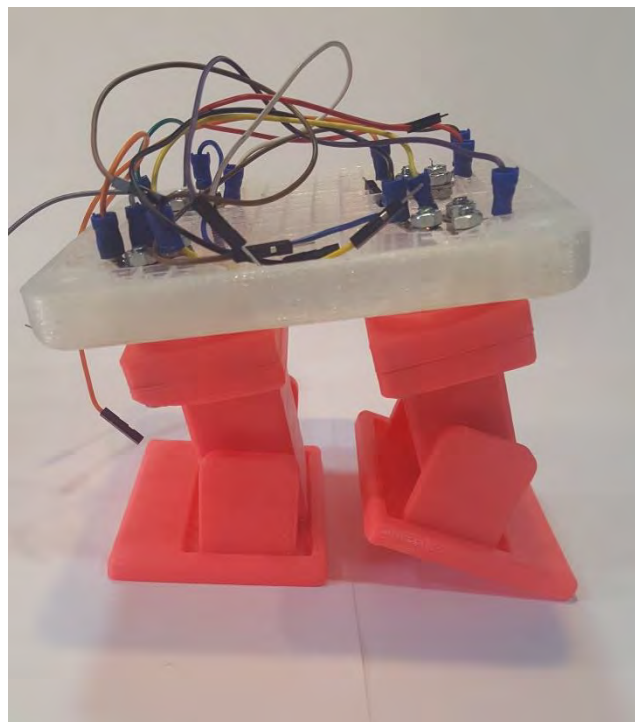


Figura 57. Peces provisionals

Després de la primera prova, es redissenen les peces i es tornen a imprimir fins que s'aconsegueix el model esperat.

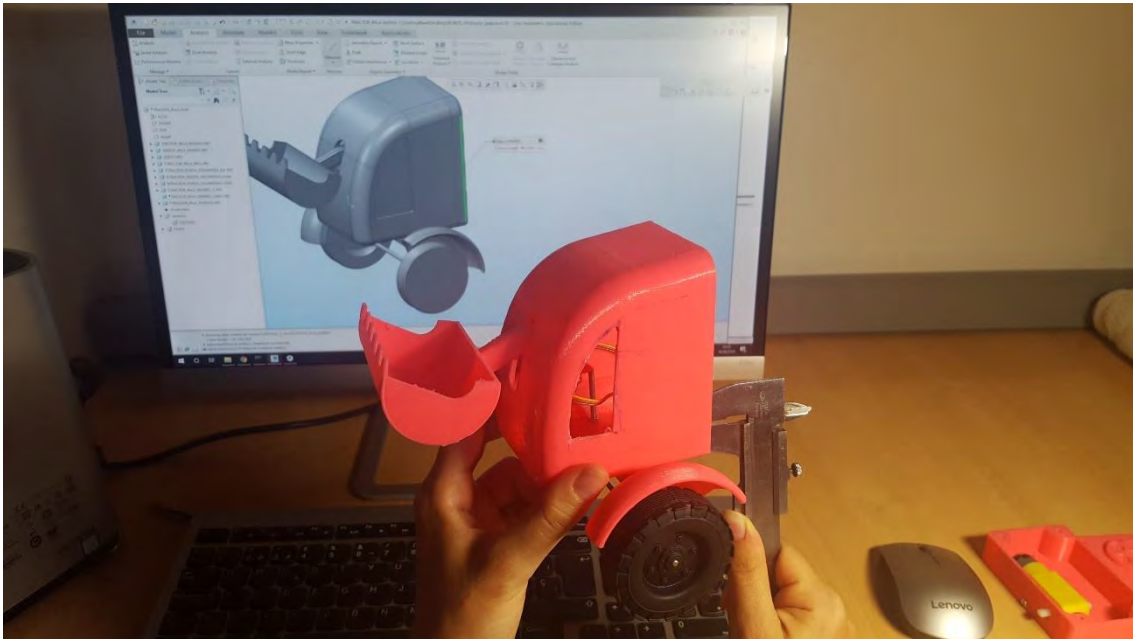


Figura 58. Peces provisionals

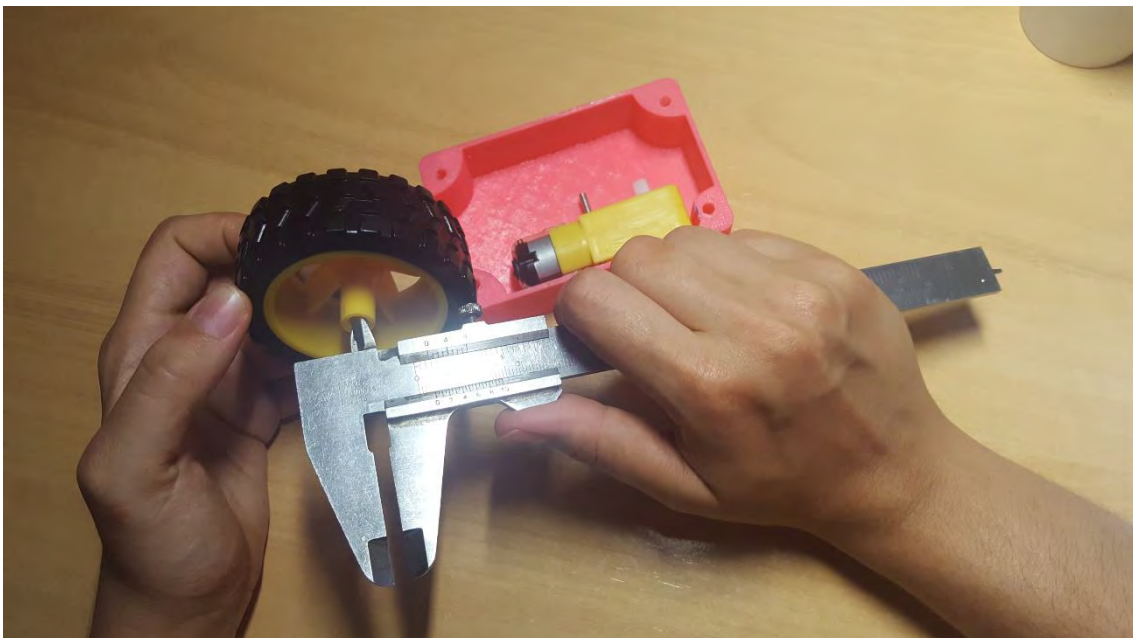


Figura 59. Peces provisionals

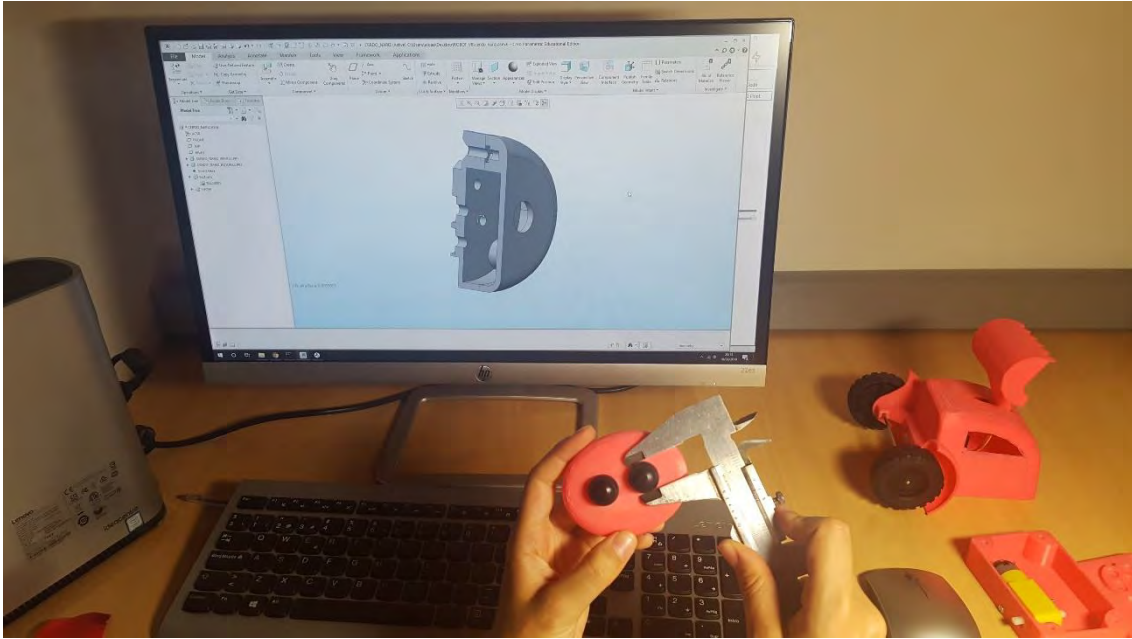


Figura 60. Peces provisionals

Quan es veu que el disseny de la peça és correcte es comença a imprimir la definitiva amb els colors correctes.

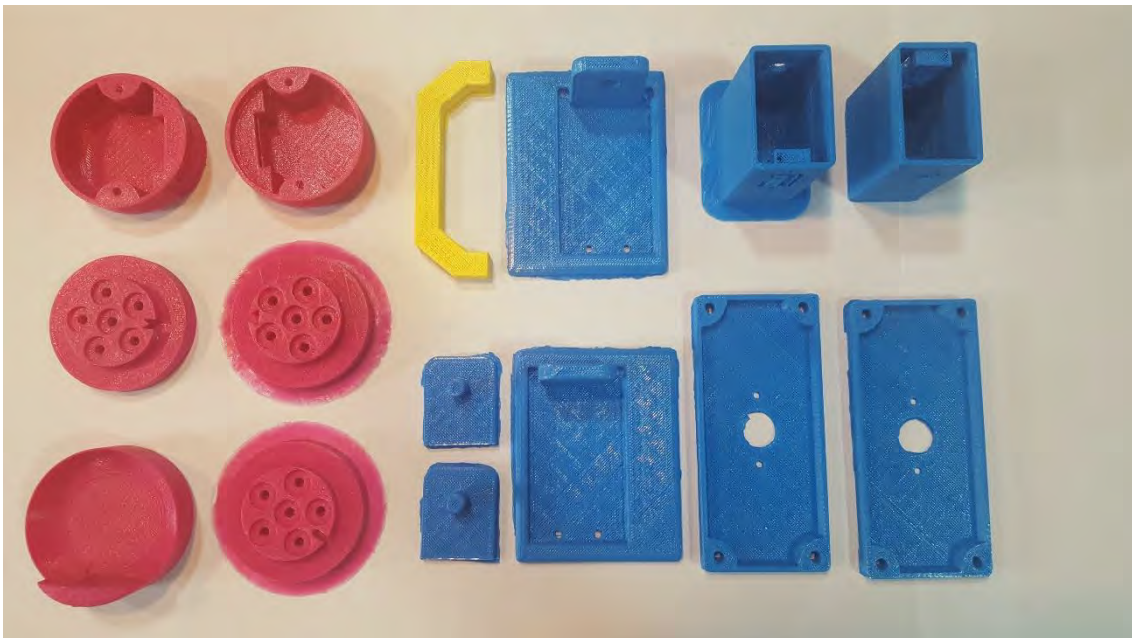


Figura 61. Peces definitives

Es llimen les peces i es poleixen els forats.

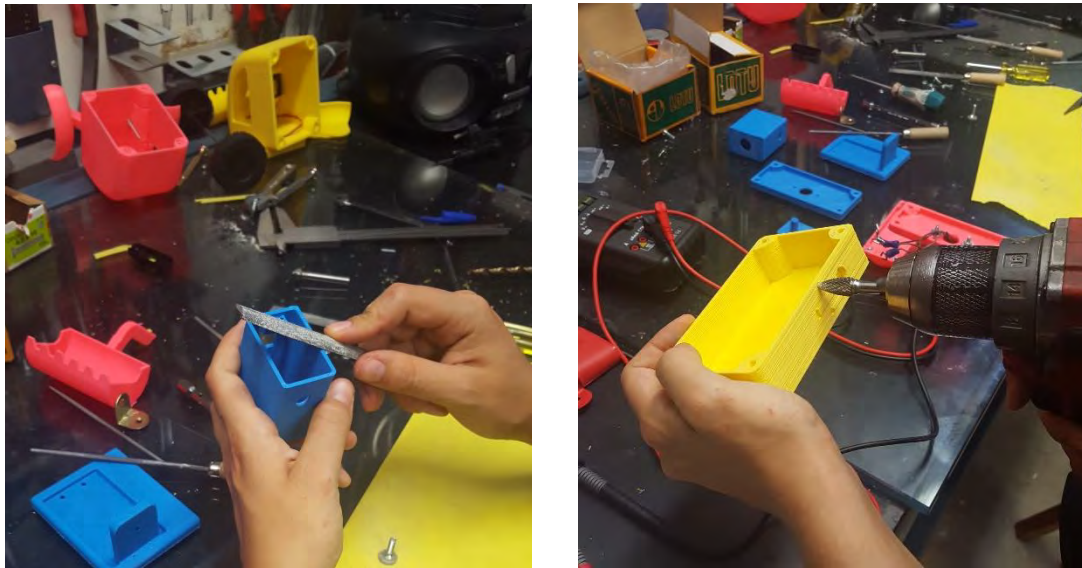


Figura 62. Peces definitives

S'enganxen els imants als cargols tant pels mòduls com per la base, tenint en compte que les polaritats han de ser oposades per a que els mòduls i la base s'atreguin.



Figura 63. Imants

Finalment, es munten les peces, s'afegeix el component electrònic a l'interior ben subjecte i es col·loquen els imants amb els cables.

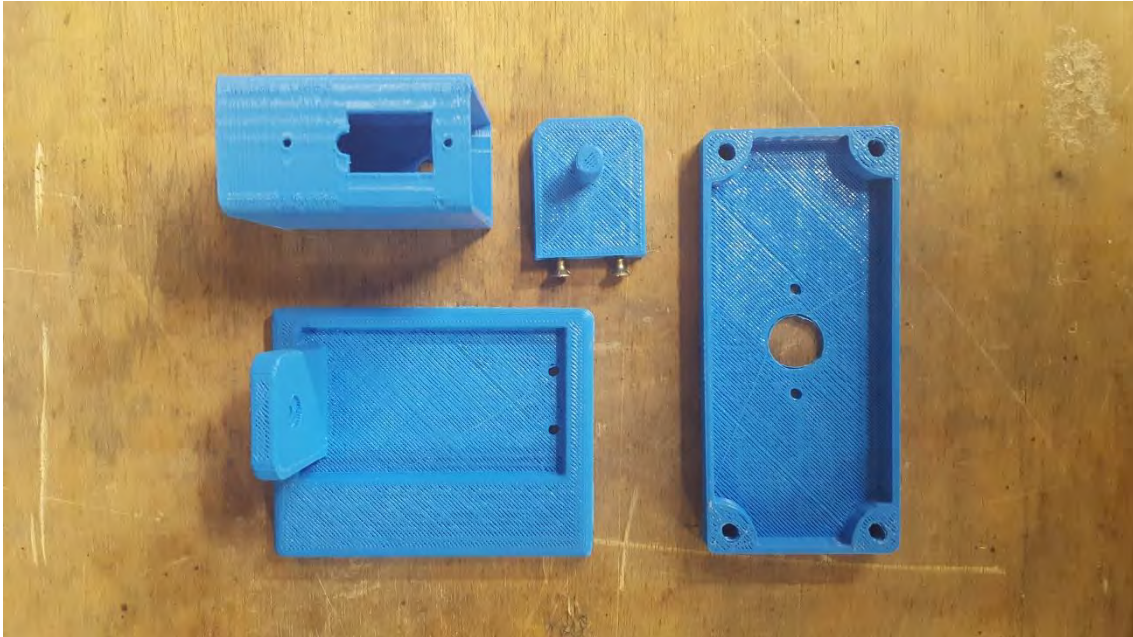


Figura 64. Peces de l'humanoide



Figura 65. Peces de l'animal



Figura 66. Peces del tractor



Figura 67. Peces del tractor

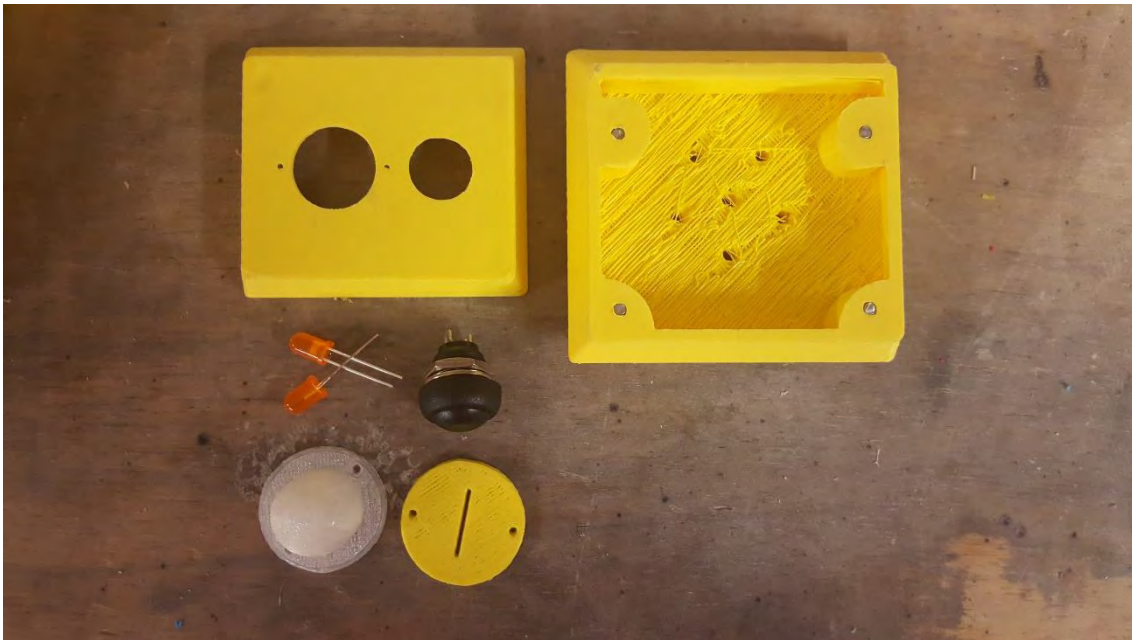


Figura 68. Peces del tractor

A les següents imatges es mostra el robot final, començant pel porquet a les figures 69 i 70.

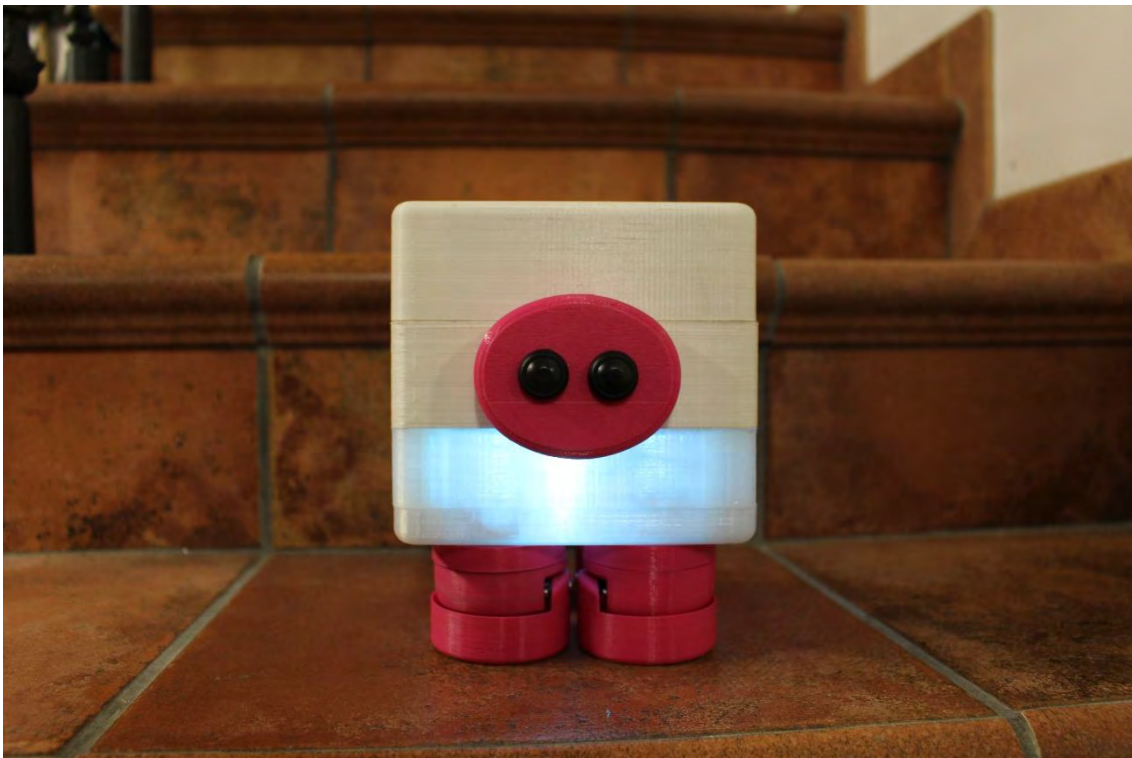


Figura 69. Porquet final

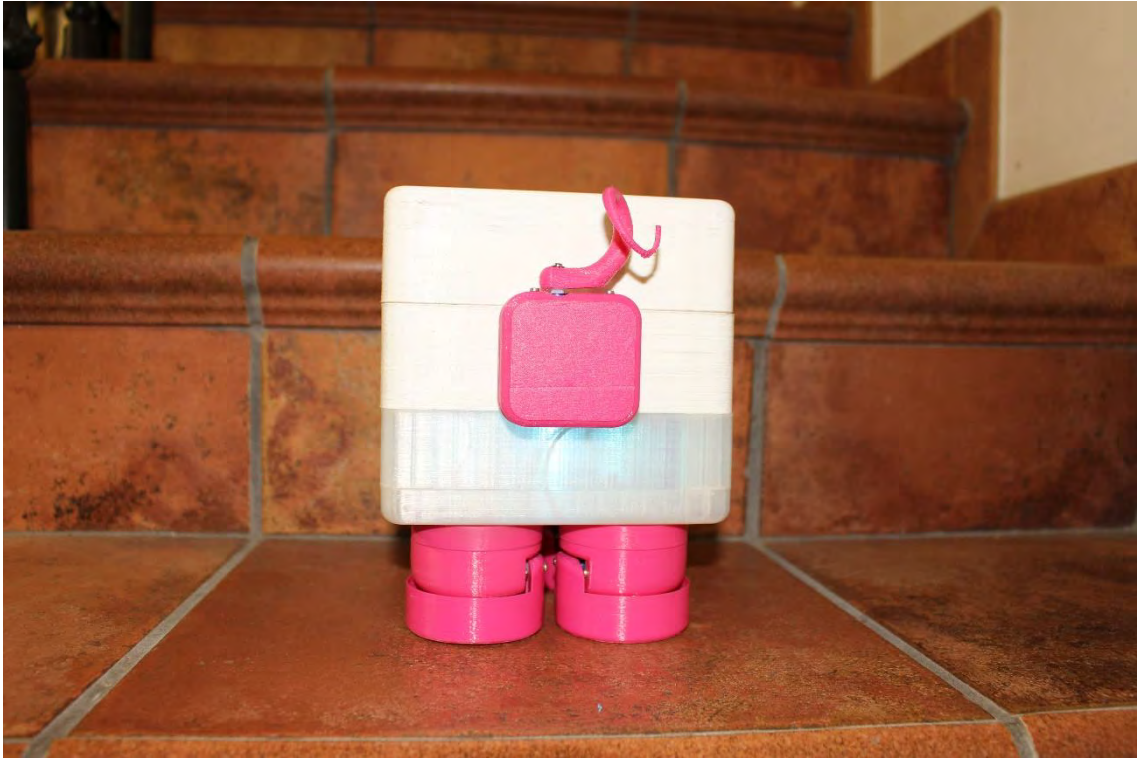


Figura 70. Porquet final

El tractor es pot observar a les figures 71 i 72.



Figura 71. Tractor final

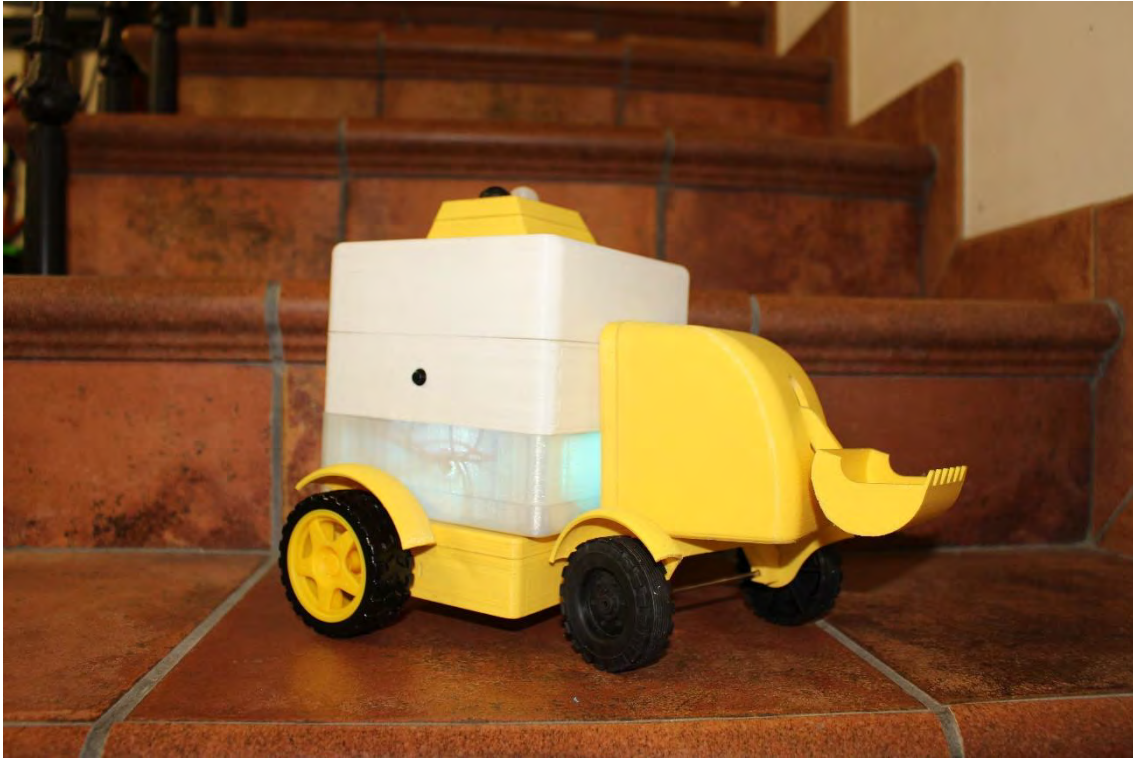


Figura 72. Tractor final

Per últim, es veu el granger a través de les figures 73 i 74.



Figura 73. Granger final



Figura 74. Granger final

Finalment, a la figura 75 s'observa la base i tots els mòduls que formen l'Hexo.



Figura 75. Hexo

3. Testing

3.1 Introducció

El contingut del següent apartat consisteix en, inicialment, definir el manual d'ús del robot. Seguidament, fer una descripció dels usuaris als quals se'ls ha realitzat el test i explicar aquest test. Finalment, comentar les conclusions extretes.

3.2 Manual d'ús

A continuació s'expliquen els passos per poder muntar i utilitzar l'Hexō a través de la figura 76.

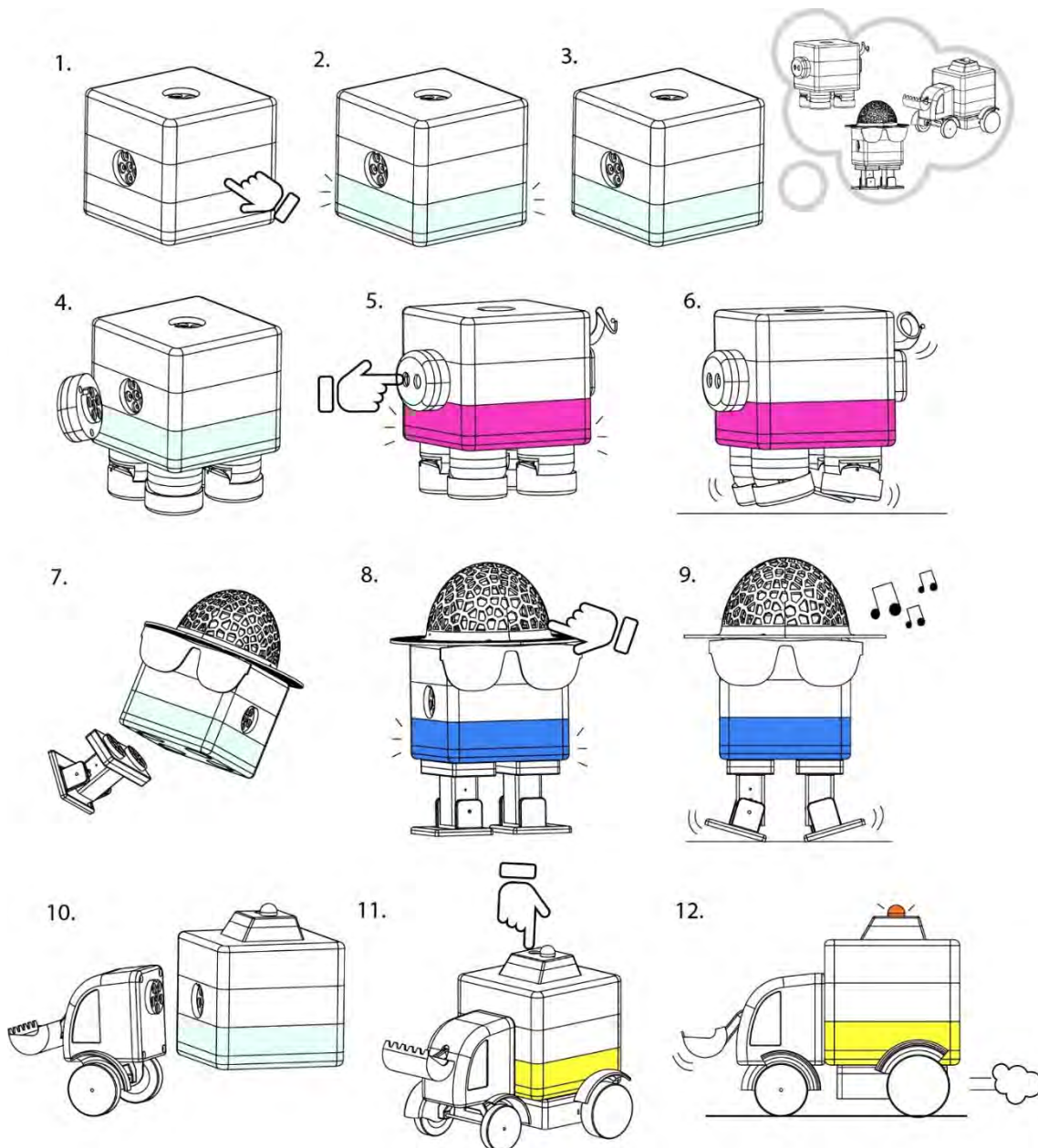


Figura 76. Manual d'ús

Primer, s'ha de clicar el botó d'on/off i esperar a que s'encengui amb llum blanca a la base. Aquest color indica que el robot està en estat de repòs i preparat per transformar-se en una de les tres formes.

Per la forma del porquet, després d'encaixar les sis peces, si es clica sobre qualsevol dels dos botons situats al nas, la base canvia a color magenta i l'animal comença a moure les cames i la cua. Es para tornant a clicar sobre qualsevol dels dos botons.

Per la forma del granger, després d'encaixar les tres peces, si es clica sobre el botó situat al barret, la base canvia a color blau, sona una cançó i l'humà comença a ballar al ritme de la música.

Finalment, per la forma del tractor, després d'encaixar les quatre peces, si es clica sobre el botó situat a la cabina, la base canvia a color groc, el tractor es mou a través de les rodes, mou la pala i encén les llums de senyalització.

3.3 Descripció

En aquest punt es detallen els trets més importants dels usuaris als quals se'ls realitza el test i s'explica el test a realitzar. Abans de realitzar el test al gimnàs de *taekwondo Hansan*, s'ha parlat amb el mestre del gimnàs per seleccionar perfils de nens diversos per poder enfocar el test amb diversitat de gèneres, perfils i edats. Abans de procedir a realitzar el test individualment, s'ha realitzat una petita entrevista a l'usuari per saber gustos, conèixer el perfil a tractar i sobretot nivell de conscienciació sobre les tecnologies (ús de mòbils o tabletes, capacitat d'ús d'ordinadors o plataformes online, etc.)

També cal destacar que prèviament s'ha demanat un consentiment als pares per a realitzar el test i la comprovació d'autorització de cessió de drets d'imatge del propi gimnàs, els quals es poden trobar firmats a "Annex II".

Usuari 1. Nen, 7 anys.

És un nen molt tímid i nerviós. Li és difícil concentrar-se però quan ho fa supera les expectatives. En l'esport és molt àgil i té bona coordinació corporal. Els seus gustos són jugar a futbol i mirar vídeos a Internet. Els pares li han comprat un mòbil i l'utilitza diàriament per fer fotos, mirar vídeos i jugar a jocs.

Usuari 2. Nena, 8 anys.

Li costa acceptar que ha perdut en un joc o en un combat. Es pren tot molt seriosament. S'esforça al màxim en cada activitat i ajuda als companys més petits que ella. Els seus gustos són cantar i ballar i els seus pares li han regalat una tableta per jugar i li agrada veure vídeos a l'ordinador.

Usuari 3. Nen, 6 anys.

És un nen bastant tímid i tancat. Té un amic al gimnàs amb qui juga cada dia. Té molt d'interès per les tecnologies, diu que el seu joc preferit és muntar vehicles i figures amb LEGO. Li agrada jugar amb el mòbil dels seus pares a jocs durant 1 hora al dia.

Usuari 4. Nen, 6 anys.

És un nen disciplinat, tranquil i respectuós. Sempre fa cas al mestre i és molt educat. També és molt intel·ligent. Quan arriba al gimnàs només explica anècdotes i coses sobre les classes que fa a l'escola. Els seus pares li han regalat un mòbil antic però no li agraden els jocs, prefereix jugar a futbol amb els amics.

Usuari 5. Nen, 8 anys.

No sembla que tingui 8 anys. Es pot mantenir una conversació com si fos un adult. És molt intel·ligent i té una imaginació sorprenent. Cuida sempre dels seus companys i és molt generós amb ells. Els pares li han regalat un mòbil i una tableta, i li agrada mirar vídeos de videojocs a Internet i jugar i xatejar amb amics.

Usuari 6. Nena, 4 anys.

És una nena amb una coordinació corporal extraordinària. Només té 4 anys i la facilitat que té en les activitats esportives és sorprenent. Processa molt bé corporalment tota la informació. Li agrada la gimnàstica esportiva i els seus pares permeten que jugui amb el mòbil 30 minuts al dia.

Usuari 7. Nen, 4 anys.

Li encanta el córrer i cansar-se. Es nota que li agrada l'esport. És molt intel·ligent i se li donen molt bé les matemàtiques tenint només 4 anys. Els seus ídols són *Youtubers* que juguen a videojocs. Els seus pares li han regalat un mòbil antic que no s'encén però ell està content. De gran vol ser *Youtuber*.

Usuari 8. Nena, 8 anys.

És una nena molt tranquil·la i intel·ligent. Es mostra molt madura i en l'esport té molta facilitat en aprendre nous moviments corporals. Processa molt bé totes les indicacions i és molt educada. Totes les seves amigues tenen mòbil però ella es conforma amb que els pares li deixin els seus quan ella ho demana.

Els **test d'usuari** s'adjunta a continuació.

1. Donar només la base. Preguntar per encendre el robot. Avaluar temps.

Temps: Ràpid Lent No ha sabut

Comentaris:

2. Ensenyar les peces. Saber distingir els tres personatges principals.

Saber els personatges: Porquet Tractor Granger

Comentaris:

3. Saber separar les peces per colors.

Saber separar: Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris:

4. Muntatge mòdul porquet. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

5. Preguntar funció porquet. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul porquet: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

6. Dificultat per treure les peces per muntar el següent mòdul.

Dificultat (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris:

7. Muntatge mòdul tractor. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

8. Preguntar funció tractor. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (segon cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul tractor: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

9. Muntatge mòdul granger. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

10. Preguntar funció granger. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

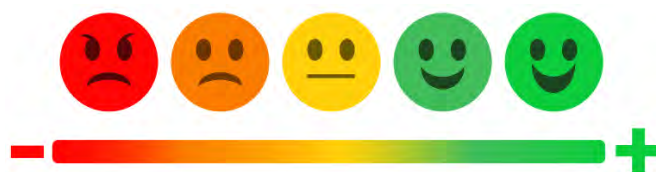
Activar mòdul (tercer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul granger: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

Preguntes finals

1. T'ha agradat el robot?



2. Quin mòdul t'agrada més? Per què?
3. Voldries que t'ho compressin?
4. Ha estat difícil encaixar i desencaixar les peces de cada mòdul?
5. T'ha costat endevinar les formes i les funcions dels mòduls?

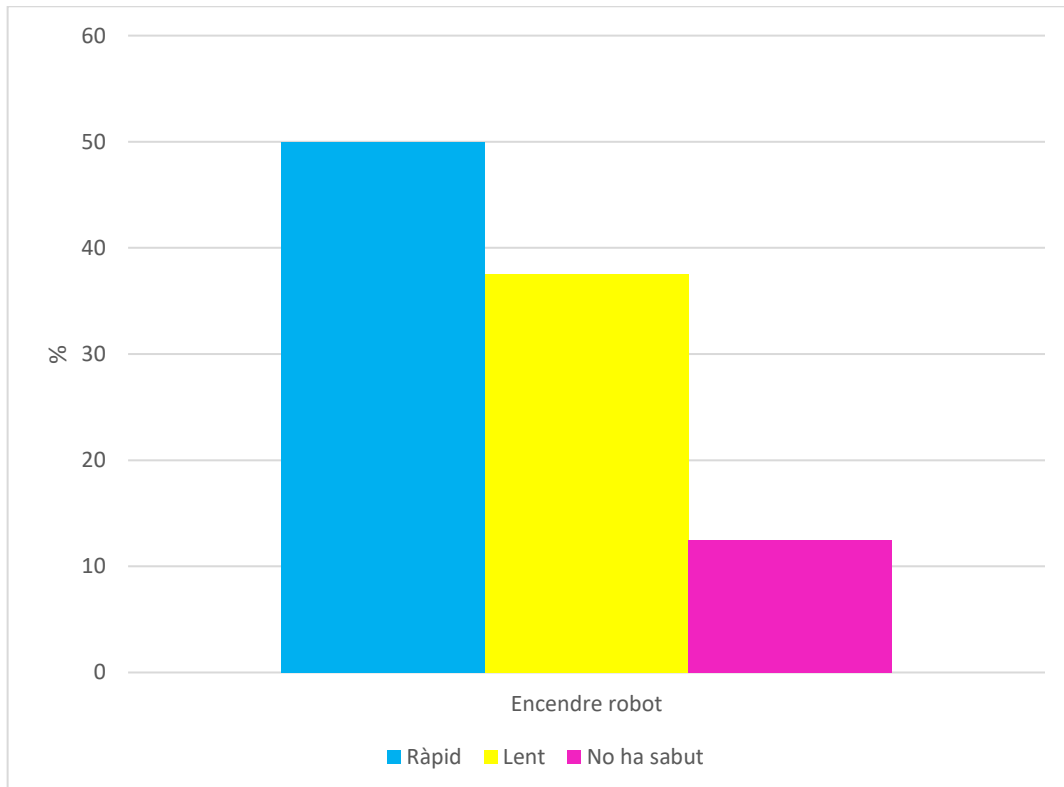
3.4 Extracció de resultats

Després d'avaluar als 8 usuaris (tests adjunts a "Annex I") es comentaran les conclusions extretes respecte com afecta la diferència d'edat i el gènere dels entrevistats i al mateix temps, el seu nivell i experiència en l'ús de dispositius tecnològics (1). També es compararan les respostes a les preguntes finals amb la impressió que s'ha tingut durant el test (2). Finalment, com ha estat el funcionament de l'Hexō (3).

- (1) Els entrevistats eren nens i nenes d'entre 4 i 8 anys i els primers resultats es mostren a les taules 2, 3, 4, 5 i 6. Els nens més petits els ha costat més encendre el robot i inclús han confós els imants amb botons. També han presentat dificultats en entendre els patrons per encaixar els mòduls en la posició correcta, sobretot la primera vegada amb el mòdul porquet ja que un 37.5% (3 de 8) ho ha trobat difícil i un 25% (2 de 8) no ha sabut. D'altra banda, segons els resultats, sembla que el disseny és suficientment intuïtiu perquè puguin saber quin és el personatge final sense barrejar els mòduls dels personatges al tenir un 37.5% (3 de 8) que no han necessitat cap ajuda i un 62.5% (5 de 8) que ha requerit poca ajuda. En quant al disseny d'imants, segons els resultats del test, un 25% (2 de 8) no ha requerit ajuda per extreure les peces, un 50% (4 de 8) poca ajuda i un 25% (2 de 8) ha requerit molta ajuda. S'ha vist que alguns dels nens més grans han intentat treure de manera més acurada els mòduls, inclús tement que s'espatllés o es trenqués algun; i en el cas dels nens més petits han tingut més dificultat de força per extreure'ls, sobretot a les peces més grans. La funció dels personatges ha estat 100% intuïtiva (8 de 8) i per l'activació d'aquests un 75% (6 de 8) ha requerit de poca ajuda només amb el primer mòdul, el porquet. Finalment, després de tenir el mateix problema amb tres usuaris, s'ha vist que s'hauria de plantejar un altre botó d'on/off, ja que al voler col·locar els mòduls i girar la base, el botó xocava al terra i es parava el robot.

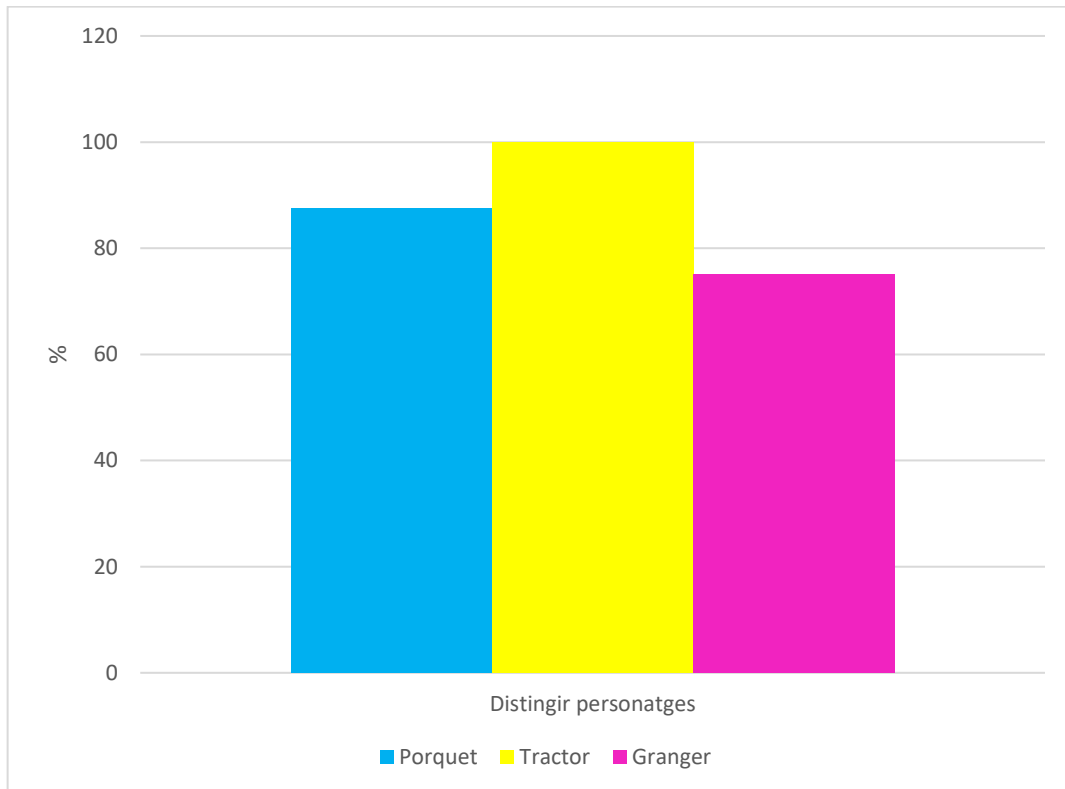
Taula 2. Resultats tests

	RÀPID	LENT	NO HA SABUT
ENCENDRE ROBOT	50% (4 de 8)	37.5% (3 de 8)	12.5% (1 de 8)



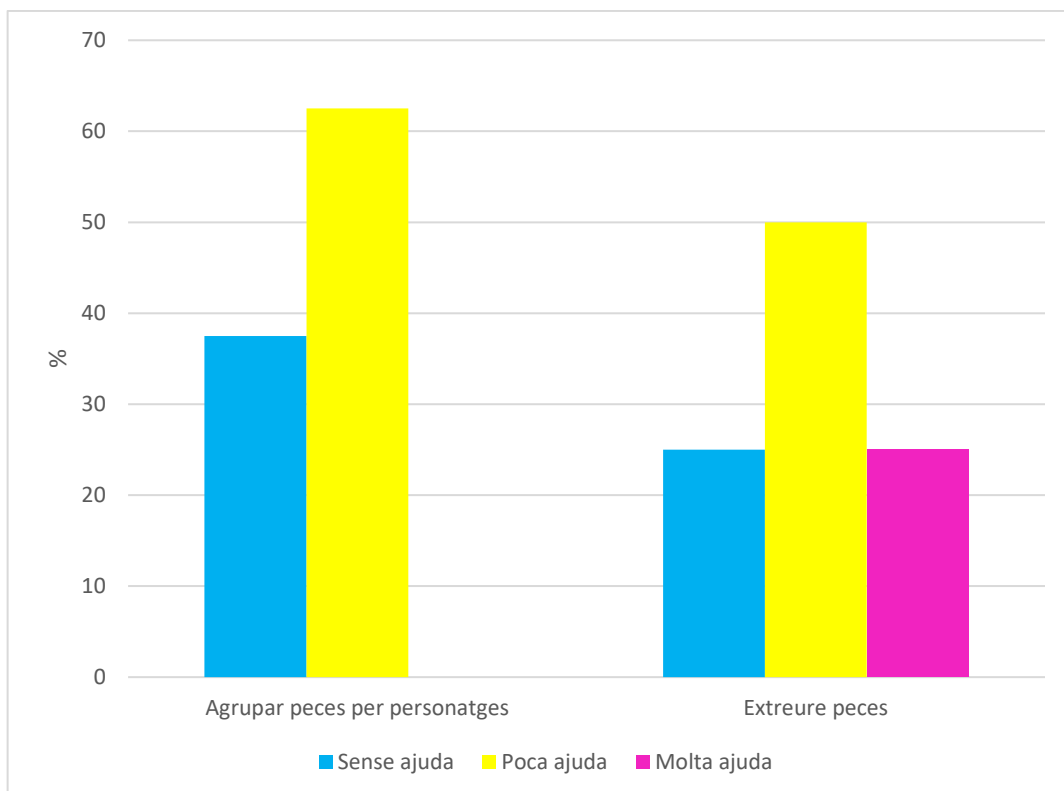
Taula 3. Resultats tests

	PORQUET	TRACTOR	GRANGER
DISTINGIR PERSONATGES	87.5% (7 de 8)	100% (8 de 8)	75% (6 de 8)



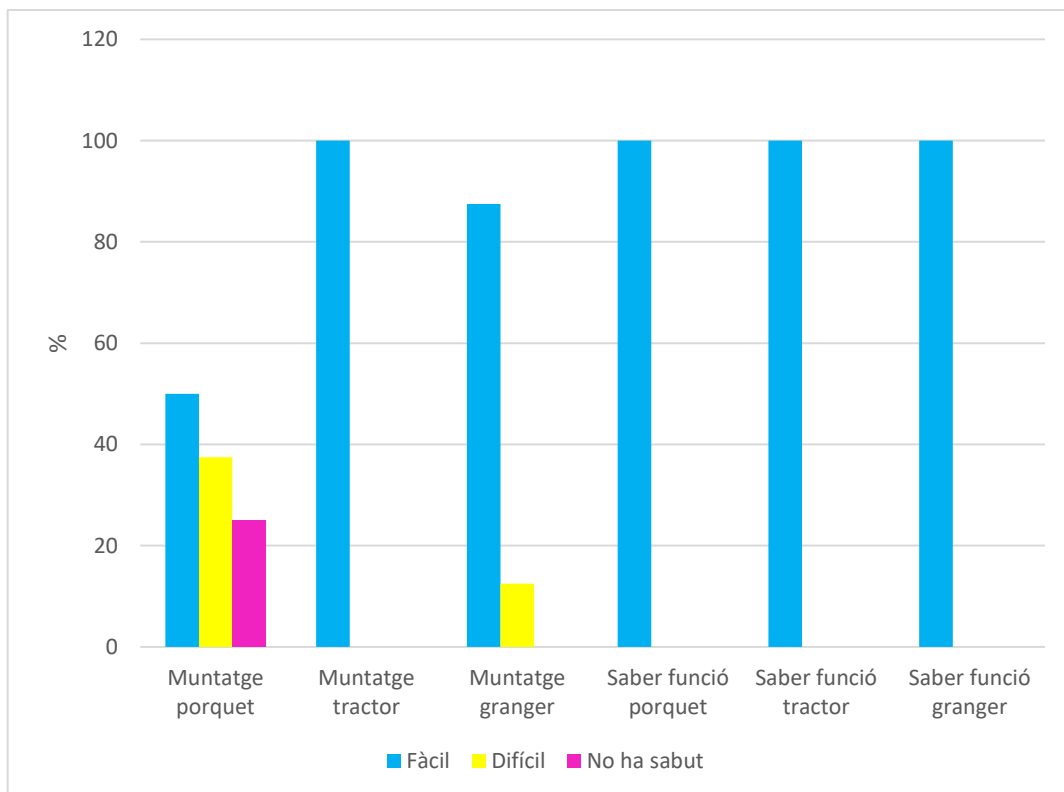
Taula 4. Resultats tests

	SENSE AJUDA	POCA AJUDA	MOLTA AJUDA
AGRUPAR PECES PER PERSONATGES	37.5% (3 de 8)	62.5% (5 de 8)	
EXTREURE PECES	25% (2 de 8)	50% (4 de 8)	25% (2 de 8)



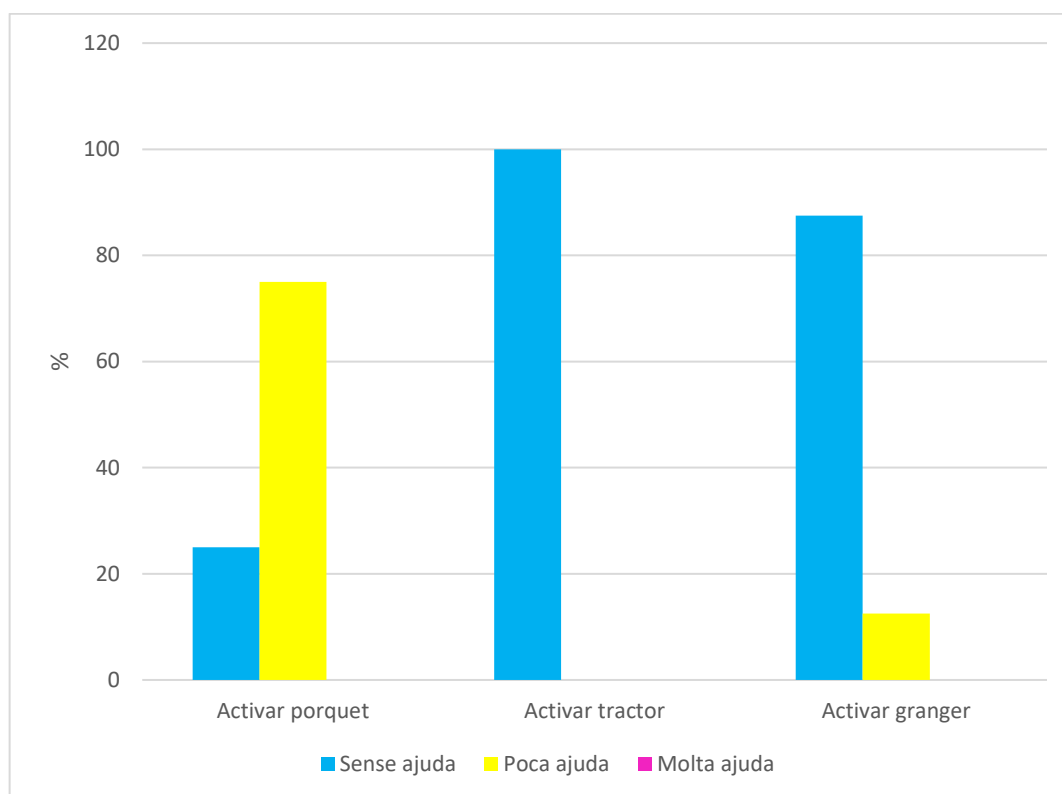
Taula 5. Resultats tests

	FÀCIL	DIFÍCIL	NO HA SABUT
MUNTATGE PORQUET	37.5% (3 de 8)	37.5% (3 de 8)	25% (2 de 8)
MUNTATGE TRACTOR	100% (8 de 8)		
MUNTATGE GRANGER	87.5% (7 de 8)	12.5% (1 de 8)	
SABER FUNCIOÓ PORQUET	100% (8 de 8)		
SABER FUNCIOÓ TRACTOR	100% (8 de 8)		
SABER FUNCIOÓ GRANGER	100% (8 de 8)		



Taula 6. Resultats tests

	SENSE AJUDA	POCA AJUDA	MOLTA AJUDA
ACTIVAR PORQUET	25% (2 de 8)	75% (6 de 8)	
ACTIVAR TRACTOR	100% (8 de 8)		
ACTIVAR GRANGER	87.5% (7 de 8)	12.5% (1 de 8)	








(2) Pel que fa a les preguntes finals, es poden veure els resultats a les taules 7, 8, 9, 10 i 11.

El mòdul que més ha agradat i ha cridat l'atenció ha estat el granger escollit per un 50% (4 de 8). S'ha conclòs que ha estat una bona opció afegir les ulleres de sol per donar-li més toc humà, ja que en alguns casos la primera impressió ha estat de confondre el barret per un ovni o un plat volador. El fet de fer ballar al granger els ha fet riure i ha creat una interacció positiva amb l'usuari. També destacar que el gènere femení s'ha decantat més pel porquet rient-se quan movia la cua, i el masculí pel tractor. El 100% (8 de 8) ha afirmat que voldrien tenir el robot a casa, però en molts casos afegint el detall

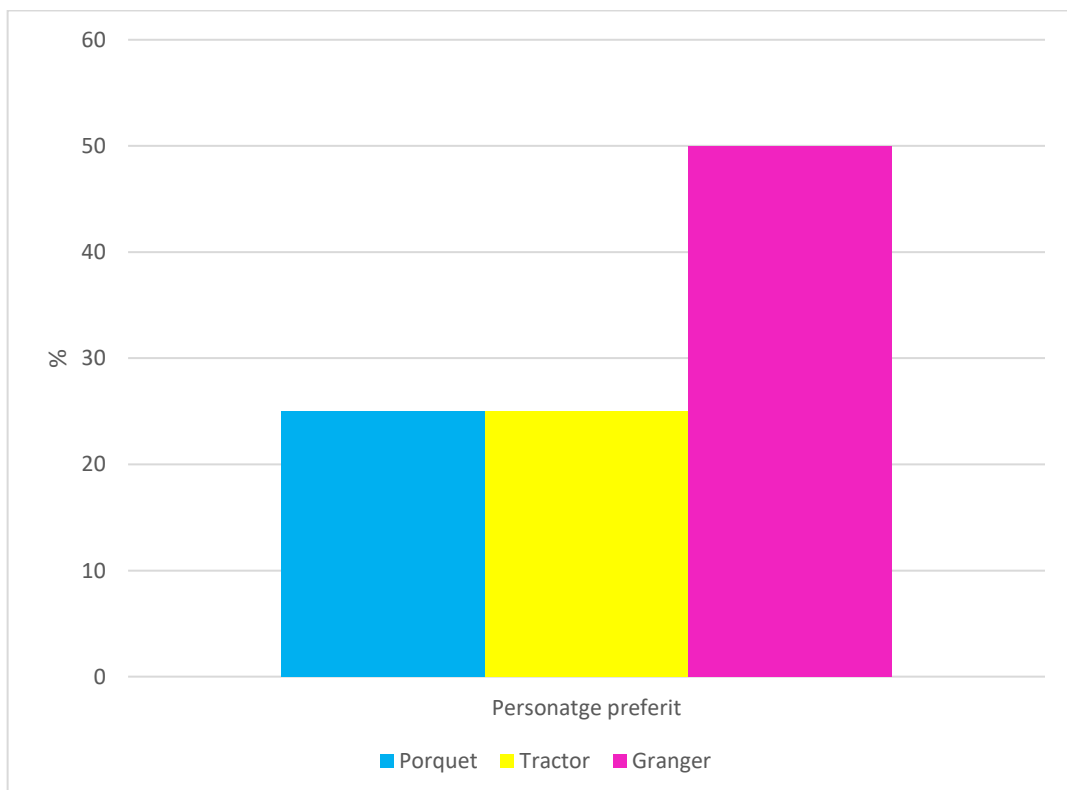
que els agradaria poder parlar amb ell o que tingues més peces. D'altra banda, també és interessant destacar el detall de que han mostrat igual d'interès aquells nens i nenes que solen utilitzar dispositius tecnològics com mòbils, consoles i ordinadors, que els que no. La manera d'encaixar i desencaixar les peces a un 37.5% (3 de 8) els ha semblat difícil i al mateix percentatge només una mica. Per concloure, a cap usuari li ha semblat difícil saber la funcionalitat dels personatges.

Taula 7. Resultats tests

	    
VALORACIÓ FINAL	100% (8 de 8)

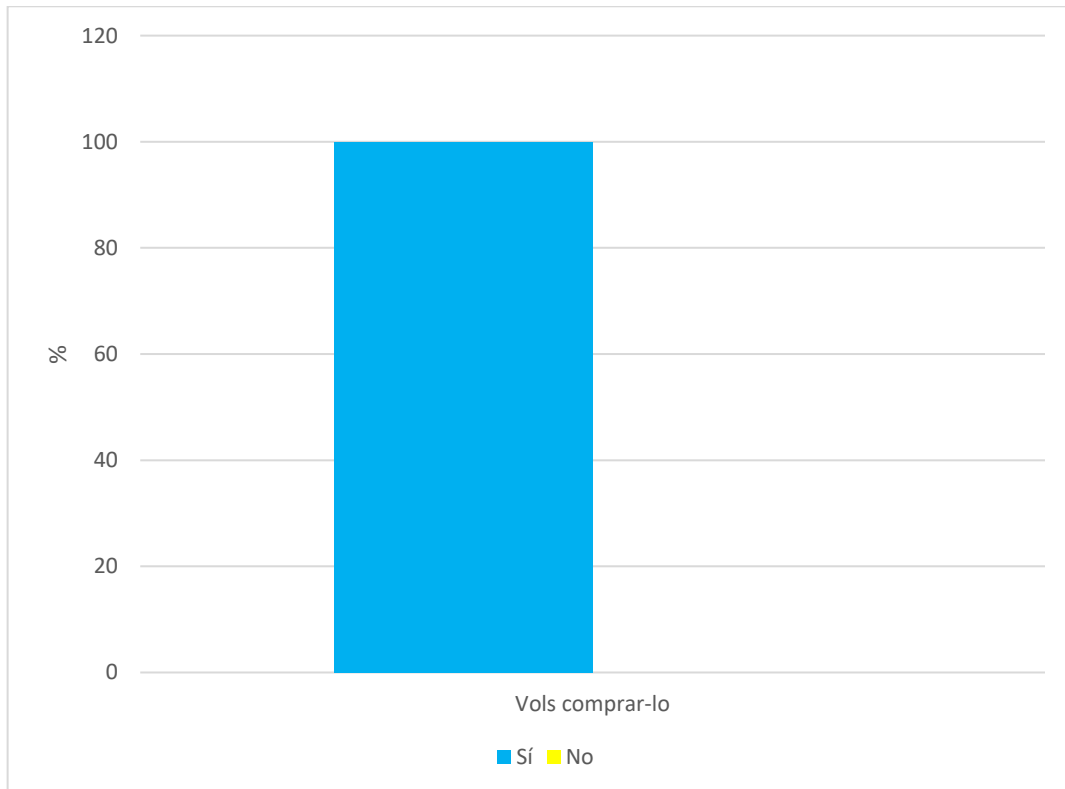
Taula 8. Resultats tests

	PORQUET	TRACTOR	GRANGER
PERSONATGE PREFERIT	25% (2 de 8)	25% (2 de 8)	50% (4 de 8)



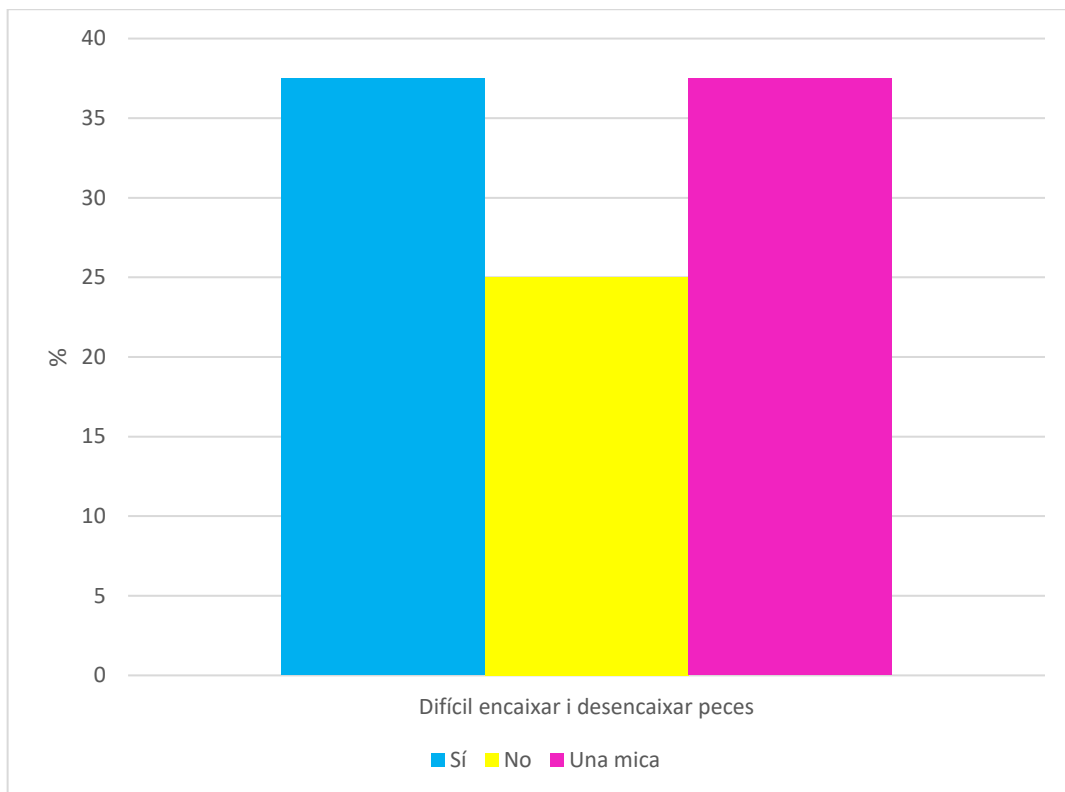
Taula 9. Resultats tests

	SÍ	NO
VOLS COMPRAR-LO	100% (8 de 8)	



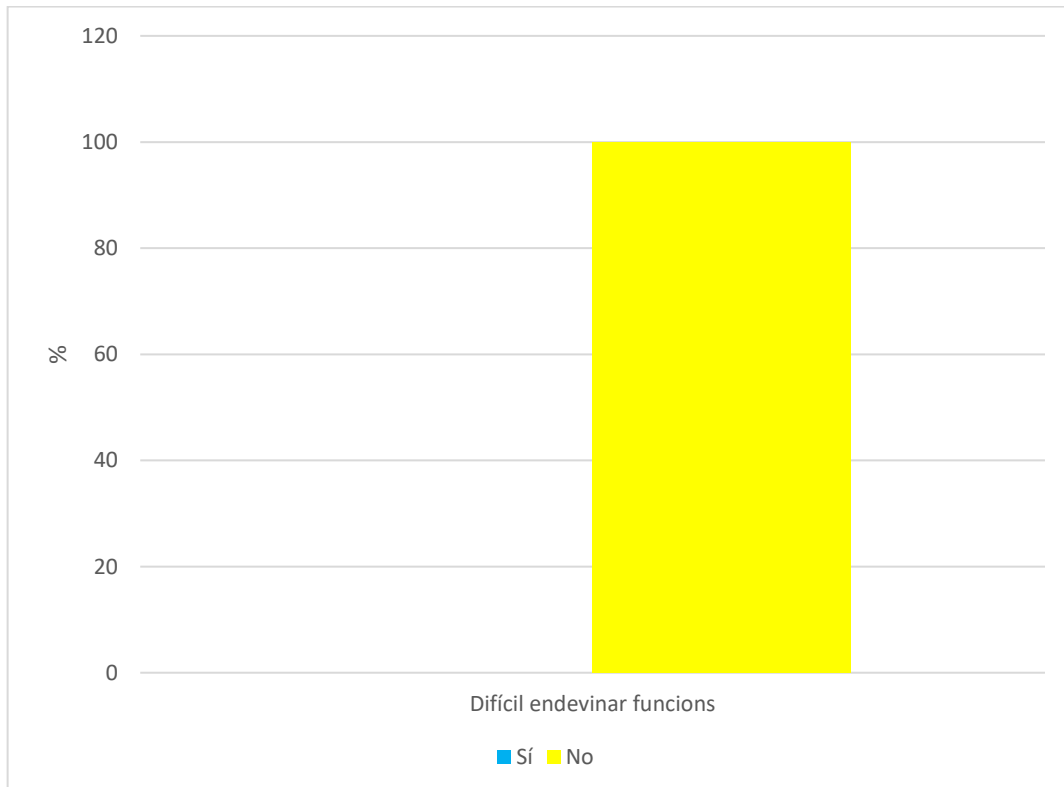
Taula 10. Resultats tests

	SÍ	NO	UNA MICA
DIFÍCIL ENCAIXAR I DESENCAIXAR PECES	37.5% (3 de 8)	25% (2 de 8)	37.5% (3 de 8)



Taula 11. Resultats tests

	SÍ	NO
DIFÍCIL ENDEVINAR FUNCIONS		100% (8 de 8)



- (3) Finalment, en quant al funcionament de l'Hexō es pot concloure que ha funcionat satisfactòriament sense cap error. La bateria ha aguantat correctament i no ha sorgit cap problema de *software* ni de *hardware*. L'únic detall que caldria destacar com a millora, seria el reforçament de les peces per tal que no es puguin trencar al extreure-les, ja que al tractar-se de nens l'ús que fan és més agressiu facilitant que es facin malbé al cap de pocs usos.

4. Conclusions i línies de futur

L'objectiu principal del treball és la creació d'un robot modular. Per a poder arribar a l'objectiu plantejat, s'ha seguit un pla del projecte que ha permès aconseguir el repte amb una bona organització.

S'han realitzat tres fases que engloben la construcció de qualsevol producte. Primer, la fase d'inspiració que consisteix principalment en fer una recerca per tal d'escollir els elements electrònics que s'utilitzaran en el projecte, fer un estudi per saber si existeixen productes similars en el mercat i definir les inspiracions que produeixen el disseny final. Seguidament, s'ha d'iniciar la fase d'ideació la qual es basa en crear un disseny final del producte. Finalment, la fase d'implementació consisteix en plasmar el procés de construcció i de la programació del *software*.

Hi han fases que han estat més complexes que d'altres, etapes més difícils com qualsevol producte té en la seva realització. La fase d'implementació ha durat més temps ja que ha requerit de molts recursos tant materials com d'eines i també molta planificació. Alhora de la ideació de l'Hexò, han calgut prendre moltes decisions en disseny i forma. En aquest punt existien certes limitacions, com són les dimensions del robot per tal d'introduir la part electrònica i també adaptar la forma dels mòduls als components electrònics que porten al seu interior. S'han tingut en compte aspectes com el pes, les mides de les peces i el conjunt de tot el robot. En definitiva ha calgut un bon disseny previ.

Cal afegir que en la part electrònica s'han presentat entrebancs amb diferents aspectes. Per exemple, una vegada construït, els servomotors del granger no tenien força suficient per aixecar el pes de la base, que s'ha solucionat col·locant dos molls tibats a cada cama. Un aspecte molt important a destacar també és el tema dels imants. És un mecanisme d'unió fàcil i robust però ha donat molts problemes en quan a la continuïtat. En un primer intent es va soldar el cable a l'imant amb un soldador cosa que feia que els imants perdessin imantació. Es va solucionar enganxant l'imant a un cargol i fixant-lo a les peces del robot amb una rosca però va sorgir un nou problema: els sis imants de la base amb els sis imants dels mòduls han de tenir contacte ple per tal de que pugui haver pas de corrent i conseqüentment, comunicació entre la *Raspberry* i els components cosa que no succeïa. Es va solucionar amb la proposta actual, que és no estrenyent la rosca al màxim, permetent que els imants es moguin una mica i que a l'unir les peces siguin els mateixos imants que busquin la posició correcta on es toquen les superfícies. A part d'això, també hi havia el problema de l'encolat. Al posar la cola entre l'imant i el cargol

s'havia de fer de tal manera que la cola no evites el contacte entre les dues superfícies ja que aquesta no és conductora. Tot i funcionar, en futures millores del robot, aquest sistema es podria fer més eficient i evitar que la continuïtat es produeixi a través dels imants. Aquests no haurien de fer les dues funcions d'unir les peces i permetre els pas del corrent sinó que només haurien d'unir les peces atraient a uns connectors que serien els que comunicarien la base amb els mòduls, evitant així tots els problemes obtinguts en la construcció. Per últim, destacar que s'ha deixat la *protoboard* a la proposta final ja que el robot ha estat sotmès a proves durant tota la fase de construcció i especialment, una vegada acabat el muntatge. És cert però, que la *protoboard* té poca robustesa i fiabilitat, i conseqüentment el robot, pateix cops i vibracions. Per tant, en futures versions, el sistema d'interconnexió no seria aquest i es faria més robust amb soldadures.

En el procés final s'ha realitzat un test amb nens que ha servit per veure el seu ús. S'han vist diferents punts a millorar del projecte i s'ha vist que el robot complia amb les expectatives. Cal destacar que en els tests els nens entre 4 i 6 anys tenien problemes de cara a extreure els mòduls més grans. Tot i això, es necessiten més nens per treure conclusions més sòlides.

Els nens estan molt influenciats per la tecnologia i tenen les expectatives molts altes. Pel conseqüent, es veuen clares millores de cara a futures versions de l'Hexō. Aquest robot és un primer prototip funcional amb funcions bàsiques però que dona peu a infinites possibilitats; més personatges, més peces, més funcionalitats, incorporació d'una aplicació mòbil per tenir el control del robot, reconeixement de veu, etc.

Finalment, valorant tot el projecte, es pot concloure que l'objectiu pel qual es va iniciar aquest treball, s'ha complert exitosament. Sent crítics, hi ha millores a realitzar però els objectius plantejats s'han complert: crear un robot social modular que disposi de múltiples funcions i intuïtiu per a nens. Concretament, el propòsit d'implementar un robot on es parteix d'una base amb la qual es poden crear tres personatges a través de mòduls; un porquet, un tractor i un granger.

5. Bibliografia

Social robots. Consulta: 21 de Juliol de 2019. Disponible en: <https://affective-lab.org/social-robots-a-workshop/>

Social robots. Consulta: 21 de Juliol de 2019. Disponible en: <https://www.lucarobotics.com/blog/best-robots-in-the-world>

Social robots. Consulta: 22 de Juliol de 2019. Disponible en: <https://searchenterpriseai.techtarget.com/definition/social-robot>

Sophia. Consulta: 22 de Juliol de 2019. Disponible en: <https://www.hansonrobotics.com/sophia/>

Pepper. Consulta: 22 de Juliol de 2019. Disponible en: <https://grupoadd.es/que-es-el-robot-pepper>

Paro. Consulta: 23 de Juliol de 2019. Disponible en: <http://www.parorobots.com/>

Paro. Consulta: 23 de Juliol de 2019. Disponible en: <https://blogs.20minutos.es/ciencia-para-llevar-csic/2015/05/28/este-es-paro-el-robot-mascota-terapeutico/>

SMORES-EP. Consulta: 23 de Juliol de 2019. Disponible en: <https://www.roboticsresear.ch/articles/15746/shape-shifting-modular-robot>

Cubelets. Consulta: 23 de Juliol de 2019. Disponible en: <https://www.modrobotics.com/>

Modular robots. Consulta: 25 de Juliol de 2019. Disponible en: https://groups.csail.mit.edu/drl/modular_robots/modular_robots.html

Social robots. Consulta: 25 de Juliol de 2019. Disponible en: <https://www.lucarobotics.com/blog/best-robots-in-the-world>

Raspberry Pi 3. Consulta: 26 de Juliol de 2019. Disponible en: <https://hardzone.es/reviews/perifericos/analisis-raspberry-pi-3-modelo-b/>

Python. Consulta: 13 de Maig de 2019. Disponible en: <https://pythonprogramming.net/remote-access-raspberry-pi-tutorials/>

Servomotor. Consulta: 13 de Maig de 2019. Disponible en: <https://www.instructables.com/id/Servo-Motor-Control-With-Raspberry-Pi/>

Python. Consulta: 13 de Maig de 2019. Disponible en: <https://www.prometec.net/usando-los-gpio-con-python/>

Relé. Consulta: 15 de Maig de 2019. Disponible en: <http://rsppi.blogspot.com/2013/07/control-de-rele-mecanico.html>

Python. Consulta: 20 de Maig de 2019. Disponible en: <https://effbot.org/tkinterbook/tkinter-events-and-bindings.htm>

Python. Consulta: 20 de Maig de 2019. Disponible en: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-run-a-raspberry-pi-program-on-startup>

ANNEX I

A continuació s'adjunten els tests realitzats als 8 usuaris.

Usuari 1. Nen, 7 anys.

1. Donar només la base. Preguntar per encendre el robot. Avaluar temps.

Temps: Ràpid Lent No ha sabut

Comentaris: Ha provat d'encendre el robot tocant els imants.

2. Ensenyar les peces. Saber distingir els tres personatges principals.

Saber els personatges: Porquet Tractor Granger

Comentaris:

3. Saber separar les peces per colors.

Saber separar: Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: Se l'ha ajudat mencionant els personatges distingits prèviament.

4. Muntatge mòdul porquet. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: No s'ha fixat en els diferents patrons per encaixar els mòduls.

5. Preguntar funció porquet. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul porquet: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: Li ha costat encendre el botó per encendre el mòdul.

6. Dificultat per treure les peces per muntar el següent mòdul.

Dificultat (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: És físicament bastant gran per tenir 7 anys i suficient força.

7. Muntatge mòdul tractor. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Díficil No ha sabut

Comentaris: Ha començat a entendre de què van els mòduls.

8. Preguntar funció tractor. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (segon cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul tractor: Fàcil Díficil No ha sabut

Comentaris

9. Muntatge mòdul granger. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Díficil No ha sabut

Comentaris:

10. Preguntar funció granger. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

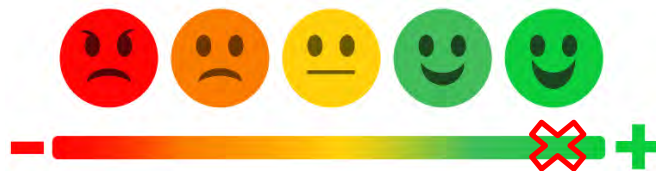
Activar mòdul (tercer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul granger: Fàcil Díficil No ha sabut

Comentaris: Ha deduït que ballarà

Preguntes finals

1. T'ha agradat el robot?



2. Quin mòdul t'agrada més? Per què? El granger perquè balla.

3. Voldries que t'ho compressin? Sí.

4. Ha estat difícil encaixar i desencaixar les peces de cada mòdul? Una mica.

5. T'ha costat endevinar les funcions del mòduls? No.

Usuari 2. Nena, 8 anys.

1. Donar només la base. Preguntar per encendre el robot. Avaluar temps.

Temps: Ràpid Lent No ha sabut

Comentaris:

2. Ensenyar les peces. Saber distingir els tres personatges principals.

Saber els personatges: Porquet Tractor Granger

Comentaris: Només entrar ha començat a explicar el que veia.

3. Saber separar les peces per colors.

Saber separar: Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: Molta facilitat.

4. Muntatge mòdul porquet. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: Ella mateixa s'ha fixat en els patrons de cada mòdul.

5. Preguntar funció porquet. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul porquet: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: Li ha costat encendre el botó per encendre el mòdul.

6. Dificultat per treure les peces per muntar el següent mòdul.

Dificultat (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: Se l'ha ajudat una mica per no forçar les peces.

7. Muntatge mòdul tractor. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

8. Preguntar funció tractor. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (segon cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul tractor: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

9. Muntatge mòdul granger. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

10. Preguntar funció granger. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

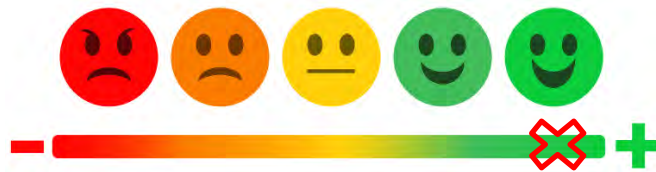
Activar mòdul (tercer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul granger: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

Preguntes finals

1. T'ha agradat el robot?



2. Quin mòdul t'agrada més? Per què? El porquet perquè és molt mono.

3. Voldries que t'ho compressin? Sí.

4. Ha estat difícil encaixar i desencaixar les peces de cada mòdul? Una mica.

5. T'ha costat endevinar les funcions del mòduls? No.

Usuari 3. Nen, 6 anys.

1. Donar només la base. Preguntar per encendre el robot. Avaluar temps.

Temps: Ràpid Lent No ha sabut

Comentaris: No s'ha fixat bé.

2. Ensenyar les peces. Saber distingir els tres personatges principals.

Saber els personatges: Porquet Tractor Granger

Comentaris: Deia pallasso en comptes de granger.

3. Saber separar les peces per colors.

Saber separar: Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: Se li ha donat la pista dels colors.

4. Muntatge mòdul porquet. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: No s'ha fixat en els diferents patrons per encaixar els mòduls.

5. Preguntar funció porquet. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul porquet: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: Se li ha donat la pista del nas.

6. Dificultat per treure les peces per muntar el següent mòdul.

Dificultat (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: Se l'ha ajudat una mica per les potes.

7. Muntatge mòdul tractor. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: Li ha encantat.

8. Preguntar funció tractor. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (segon cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul tractor: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

9. Muntatge mòdul granger. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

10. Preguntar funció granger. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

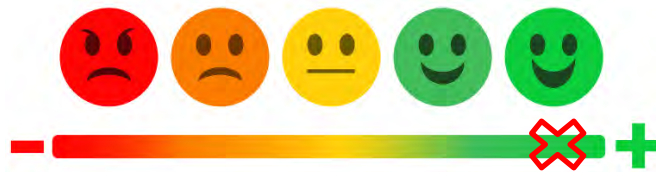
Activar mòdul (tercer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul granger: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: Ha dit que el mòdul on va l'altaveu pesava.

Preguntes finals

1. T'ha agradat el robot?



2. Quin mòdul t'agrada més? Per què? El tractor perquè li agraden els cotxes.

3. Voldries que t'ho compressin? Sí.

4. Ha estat difícil encaixar i desencaixar les peces de cada mòdul? Una mica.

5. T'ha costat endevinar les funcions del mòduls? No.

Usuari 4. Nen, 6 anys.

1. Donar només la base. Preguntar per encendre el robot. Avaluar temps.

Temps: Ràpid Lent No ha sabut

Comentaris: Se li ha donat la pista.

2. Ensenyar les peces. Saber distingir els tres personatges principals.

Saber els personatges: Porquet Tractor Granger

Comentaris: Ha dit que és un elefant i un ovni.

3. Saber separar les peces per colors.

Saber separar: Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris Se li ha donat la pista dels colors.

4. Muntatge mòdul porquet. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: Se li ha ensenyat els patrons i col·locat conjuntament.

5. Preguntar funció porquet. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul porquet: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: No li ha costat encendre el botó per encendre el mòdul.

6. Dificultat per treure les peces per muntar el següent mòdul.

Dificultat (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: Se li ha ajudat una mica per no forçar les peces.

7. Muntatge mòdul tractor. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

8. Preguntar funció tractor. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (segon cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul tractor: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

9. Muntatge mòdul granger. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

10. Preguntar funció granger. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

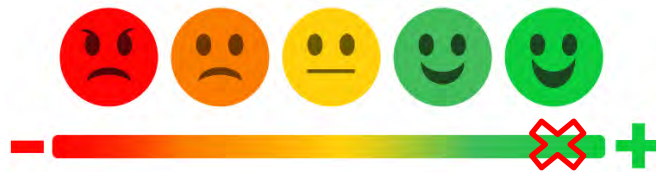
Activar mòdul (tercer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul granger: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: Ha rigut molt.

Preguntes finals

1. T'ha agradat el robot?



2. Quin mòdul t'agrada més? Per què? El granger per la música.

3. Voldries que t'ho compressin? Sí.

4. Ha estat difícil encaixar i desencaixar les peces de cada mòdul? Sí, poca força.

5. T'ha costat endevinar les funcions del mòduls? No.

Usuari 5. Nen, 8 anys.

1. Donar només la base. Preguntar per encendre el robot. Avaluar temps.

Temps: Ràpid Lent No ha sabut

Comentaris: Ha captat ràpidament que el botó encenia el robot.

2. Ensenyar les peces. Saber distingir els tres personatges principals.

Saber els personatges: Porquet Tractor Granger

Comentaris: Li ha costat una mica reconèixer el granger.

3. Saber separar les peces per colors.

Saber separar: Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: Directament els ha separat a mesura que mencionava els personatges.

4. Muntatge mòdul porquet. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: S'ha adonat ràpidament dels patrons a seguir per encaixar les peces.

5. Preguntar funció porquet. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul porquet: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

6. Dificultat per treure les peces per muntar el següent mòdul.

Dificultat (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: Li hem dit que no els tregui a la força i els ha tret acuradament.

7. Muntatge mòdul tractor. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

8. Preguntar funció tractor. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (segon cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul tractor: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

9. Muntatge mòdul granger. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

10. Preguntar funció granger. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

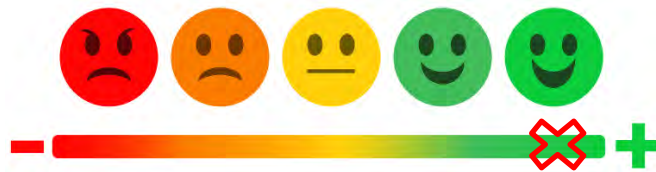
Activar mòdul (tercer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul granger: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

Preguntes finals

1. T'ha agradat el robot?



2. Quin mòdul t'agrada més? Per què? El tractor i el granger.

3. Voldries que t'ho compressin? Sí però amb més peces i que parli.

4. Ha estat difícil encaixar i desencaixar les peces de cada mòdul? No.

5. T'ha costat endevinar les funcions del mòduls? No.

Usuari 6. Nena, 4 anys.

1. Donar només la base. Preguntar per encendre el robot. Avaluar temps.

Temps: Ràpid Lent No ha sabut

Comentaris: Ha vist ràpidament el botó.

2. Ensenyar les peces. Saber distingir els tres personatges principals.

Saber els personatges: Porquet Tractor Granger

Comentaris: El granger ha dit que és un humà.

3. Saber separar les peces per colors.

Saber separar: Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: Se l'ha ajudat mencionant els personatges distingits prèviament.

4. Muntatge mòdul porquet. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Díficil No ha sabut

Comentaris: No s'ha fixat en els diferents patrons per encaixar els mòduls.

5. Preguntar funció porquet. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul porquet: Fàcil Díficil No ha sabut

Comentaris: Ha tocat el nas però no suficientment fort perquè s'encengui.

6. Dificultat per treure les peces per muntar el següent mòdul.

Dificultat (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: Força insuficient per poder extreure-les.

7. Muntatge mòdul tractor. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Díficil No ha sabut

Comentaris:

8. Preguntar funció tractor. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (segon cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul tractor: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

9. Muntatge mòdul granger. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: Se l'ha ajudat a col·locar les cames perquè les posava del revés.

10. Preguntar funció granger. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

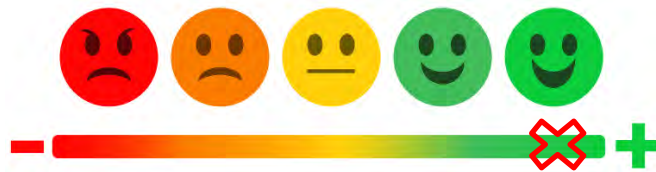
Activar mòdul (tercer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul granger: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: Ha rigut.

Preguntes finals

1. T'ha agradat el robot?



2. Quin mòdul t'agrada més? Per què? El porquet per la cua.

3. Voldries que t'ho compressin? Sí, el porquet.

4. Ha estat difícil encaixar i desencaixar les peces de cada mòdul? Sí.

5. T'ha costat endevinar les funcions del mòduls? No.

Usuari 7. Nen, 4 anys.

1. Donar només la base. Preguntar per encendre el robot. Avaluar temps.

Temps: Ràpid Lent No ha sabut

Comentaris: No trobava el botó.

2. Ensenyar les peces. Saber distingir els tres personatges principals.

Saber els personatges: Porquet Tractor Granger

Comentaris:

3. Saber separar les peces per colors.

Saber separar: Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: Li ha costat saber que es separava per colors.

4. Muntatge mòdul porquet. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Díficil No ha sabut

Comentaris: Se l'ha ajudat i s'ha fet conjuntament.

5. Preguntar funció porquet. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul porquet: Fàcil Díficil No ha sabut

Comentaris: Li ha costat encendre el botó per encendre el mòdul.

6. Dificultat per treure les peces per muntar el següent mòdul.

Dificultat (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: Força insuficient per treure els mòduls.

7. Muntatge mòdul tractor. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Díficil No ha sabut

Comentaris:

8. Preguntar funció tractor. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (segon cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda
Saber funció mòdul tractor: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: Ha tocat el LED en comptes del botó.

9. Muntatge mòdul granger. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

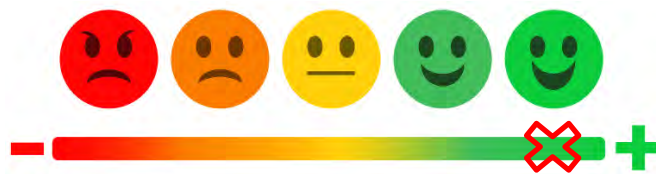
10. Preguntar funció granger. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (tercer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda
Saber funció mòdul granger: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

Preguntes finals

1. T'ha agradat el robot?



2. Quin mòdul t'agrada més? Per què? El tractor perquè m'agraden els cotxes.

3. Voldries que t'ho compressin? Sí i que sigui teledirigit.

4. Ha estat difícil encaixar i desencaixar les peces de cada mòdul? Sí.

5. T'ha costat endevinar les funcions del mòduls? No.

Usuari 8. Nena, 8 anys.

1. Donar només la base. Preguntar per encendre el robot. Avaluar temps.

Temps: Ràpid Lent No ha sabut

Comentaris:

2. Ensenyar les peces. Saber distingir els tres personatges principals.

Saber els personatges: Porquet Tractor Granger

Comentaris:

3. Saber separar les peces per colors.

Saber separar: Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris:

4. Muntatge mòdul porquet. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris: Ha mirat el mòdul i s'ha adonat que cada peça té un patró per encaixar-lo a la base.

5. Preguntar funció porquet. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul porquet: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

6. Dificultat per treure les peces per muntar el següent mòdul.

Dificultat (primer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Comentaris: L'ha extret molt acuradament.

7. Muntatge mòdul tractor. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

8. Preguntar funció tractor. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

Activar mòdul (segon cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul tractor: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

9. Muntatge mòdul granger. Preguntar com encaixar les peces. Avaluar disseny robot.

Saber posició mòdul: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

10. Preguntar funció granger. Avaluar saber activar mòduls. Avaluar funció robot.

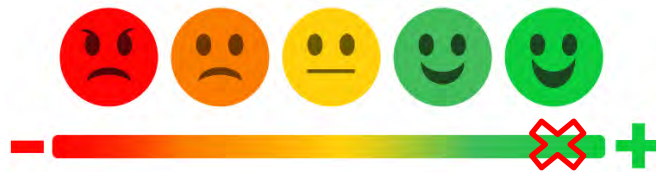
Activar mòdul (tercer cop): Sense ajuda Poca ajuda Molta ajuda

Saber funció mòdul granger: Fàcil Difícil No ha sabut

Comentaris:

Preguntes finals

1. T'ha agradat el robot?



2. Quin mòdul t'agrada més? Per què? El granger per la música.

3. Voldries que t'ho compressin? Sí, però m'agradaria parlar amb ell.

4. Ha estat difícil encaixar i desencaixar les peces de cada mòdul? No, però em feia por trencar-ho.

5. T'ha costat endevinar les funcions del mòduls? No.

ANNEX II

A continuació s'adjunten els consentiments firmats pels pares dels usuaris.

Sóc estudiant de La Salle-Universitat Ramon Llull i estic realitzant el treball de fi de màster. Aquest es basa en la creació d'un robot modular i es vol estudiar la seva usabilitat.

Per aquest motiu se'ls fa arribar aquesta informació a fi de demanar la seva col·laboració perquè el seu fill participi en un test sobre la interacció amb el robot. Els demano doncs, que llegeixin la següent informació i em facin arribar les preguntes que considerin necessàries abans de decidir la participació del seu fill en aquest estudi. Em poden contactar al correu **abmcrystina@gmail.com**.

Propòsit de l'estudi

L'objectiu de l'estudi és gravar la interacció dels seus fills amb el robot durant un temps aproximat de 15 minuts. Es demanarà que es provi el robot a través de diferents reptes i s'avaluarà la manera en la que el nen reacciona. Finalment, es realitzaran diverses preguntes en format qüestionari per saber la seva opinió.

Confidencialitat

Qualsevol informació obtinguda en relació amb aquest projecte i que pogués ser identificada amb vostès o amb el nen romandrà en absoluta confidencialitat i seria compartida sempre sota el seu consentiment.

Tota la informació que es reculli s'utilitzarà exclusivament per realitzar la memòria del treball i la presentació final d'aquest. Només la investigadora tindrà accés als vídeos originals que serviran per realitzar un vídeo final que resumeixi les conclusions de l'estudi. El seu nom o qualsevol altra característica d'identificació no apareixerà en l'estudi i cap dada recopilada sortirà a internet.

Identificació dels investigadors de l'estudi

Cristina Abad Moya, investigadora i estudiant d'Enginyeria de La Salle-Universitat Ramon Llull.

Alexandre Barco Martelo, investigador post-doc a la Universitat d'Amsterdam.


SIGNATURA DE CONSENTIMENT A PARTICIPAR EN L'ESTUDI

Entenc allò escrit anteriorment. Les meves possibles preguntes han estat contestades satisfactòriament, i accepto que el meu fill participi en l'estudi.

Signatura **GIMNASIO HANSAN**
NIF. 49935993 - A
Avinguda Barcelona 122
08222 - Terrassa

Data
30/08/19

SIGNATURA DE LA INVESTIGADORA

Signatura


Data
30/08/19


SIGNATURA DE CONSENTIMENT A PARTICIPAR EN L'ESTUDI

Entenc allò escrit anteriorment. Les meves possibles preguntes han estat contestades satisfactòriament, i accepto que el meu fill participi en l'estudi.

Signatura **GIMNASIO HANSAN**
NIF. 49935993 - A
Avinguda Barcelona 122
08222 - Terrassa

Data
30/08/19

SIGNATURA DE LA INVESTIGADORA

Signatura


Data
30/08/19

SIGNATURA DE CONSENTIMENT A PARTICIPAR EN L'ESTUDI

Entenc allò escrit anteriorment. Les meves possibles preguntes han estat contestades satisfactòriament, i accepto que el meu fill participi en l'estudi.

Signatura

GIMNASIO HANSAN
NIF: 49035993 - A
Avda. Barcelona 122
08222 - Terrassa

Data

30/08/19

SIGNATURA DE LA INVESTIGADORA

Signatura



Data

30/08/19

SIGNATURA DE CONSENTIMENT A PARTICIPAR EN L'ESTUDI

Entenc allò escrit anteriorment. Les meves possibles preguntes han estat contestades satisfactòriament, i accepto que el meu fill participi en l'estudi.

Signatura

GIMNASIO HANSAN
NIF: 49035993 - A
Avda. Barcelona 122
08222 - Terrassa

Data

30/08/19

SIGNATURA DE LA INVESTIGADORA

Signatura

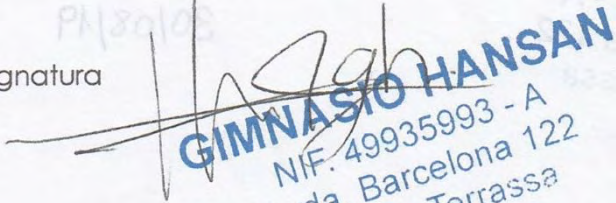


Data

30/08/19


SIGNATURA DE CONSENTIMENT A PARTICIPAR EN L'ESTUDI

Entenc allò escrit anteriorment. Les meves possibles preguntes han estat contestades satisfactòriament, i accepto que el meu fill participi en l'estudi.

Signatura  Data 30/08/19

GIMNASIO HANSAN
NIF. 49935993 - A
Avda. Barcelona 122
08222 - Terrassa

SIGNATURA DE LA INVESTIGADORA

Signatura  Data 30/08/19

Soy estudiante de La Salle-Universidad Ramon Llull y estoy realizando el Trabajo de fin de máster. Este se basa en la creación de un robot modular y se quiere estudiar su usabilidad.

Por este motivo se les hace llegar esta información a fin de pedir su colaboración para que su hijo participe en un test sobre la interacción con el robot. Les pido pues, que lean la siguiente información y me hagan llegar las preguntas que consideren necesarias antes de decidir la participación de su hijo en este estudio. Me poden contactar en el correo **abmcristina@gmail.com**.

Propósito del estudio

El Objetivo del estudio es grabar la Interacción de sus hijos con el robot durante un tiempo aproximado de 15 minutos. Se pedirá que se pruebe el robot a través de diferentes retos y se evaluará la manera en la que el niño reacciona. Finalmente, se realizarán varias preguntas en formato cuestionario para saber su opinión.

Confidencialidad

Cualquier información obtenida en relación con este proyecto y que pudiera ser identificada con ustedes o con el niño permanecerá en absoluta confidencialidad y sería compartida siempre bajo su consentimiento.

Toda la información que se recoja se utilizará exclusivamente para realizar la memoria del trabajo y la presentación final de este. Sólo la investigadora tendrá acceso a los vídeos originales que servirán para realizar un vídeo final que resuma las conclusiones del estudio. Su nombre o cualquier otra característica de identificación no aparecerá en el estudio y ningún dato recopilado saldrá en internet.

Identificación de los investigadores del estudio

Cristina Abad Moya, investigadora y estudiante de Ingeniería de La Salle-Universidad Ramon Llull.

Alexandre Barco Martelo, investigador post-doc en la Universidad de Amsterdam.

FIRMA DE CONSENTIMIENTO A PARTICIPAR EN EL ESTUDIO

Entiendo lo escrito anteriormente. Mis posibles preguntas han estado contestadas satisfactoriamente, y acepto que mi hijo participe en el estudio.

Firma  Fecha 30/08/19

GIMNASIO HANSAN
NIE 49935993 - A
Avda. Barcelona 122
08222 - Terrassa

FIRMA DE LA INVESTIGADORA

Firma  Fecha 30/08/19

PM 30/08

FIRMA DE CONSENTIMIENTO A PARTICIPAR EN EL ESTUDIO

Entiendo lo escrito anteriormente. Mis posibles preguntas han estado contestadas satisfactoriamente, y acepto que mi hijo participe en el estudio.

Firma

GIMNASIO HANSAN
NIF. 49935993 - A
Avda. Barcelona 122
08222 - Terrassa

Fecha

30/08/19

FIRMA DE LA INVESTIGADORA

Firma



Fecha

30/08/19

FIRMA DE CONSENTIMIENTO A PARTICIPAR EN EL ESTUDIO

Entiendo lo escrito anteriormente. Mis posibles preguntas han estado contestadas satisfactoriamente, y acepto que mi hijo participe en el estudio.

Firma

GIMNASIO HANSAN
NIF. 49935993 - A
Avda. Barcelona 122
08222 - Terrassa

Fecha

30/08/19

FIRMA DE LA INVESTIGADORA

Firma



Fecha

30/08/19

ANNEX III

A continuació s'afegeix el codi de programació de la *Raspberry Pi* en *Python*:

```
import RPi.GPIO as GPIO
import os
import time
from functools import partial
import subprocess
import threading

#PINS DECLARATION
pin_button_pig_start = 2 #Inter pull down
pin_button_pig_stop = 3 #Inter pull down
pin_button_farmer = 5 #Extern pull down
pin_button_tractor = 20 #Extern pull down
pin_motor_tractor_rele1 = 4
pin_motor_tractor_rele2 = 27
pin_servo_pig_right_front = 12
pin_servo_pig_left_front = 16
pin_servo_pig_right_back = 18
pin_servo_pig_left_back = 21
pin_servo_pig_tail = 26
pin_servo_farmer_right = 14
pin_servo_farmer_left = 15
pin_servo_tractor_shovel = 13
pin_led_tractor_1 = 8
pin_led_tractor_2 = 7
pin_led_base_R = 10 #Same pins, 4 RGB LED
pin_led_base_G = 9
pin_led_base_B = 11

#PINS SETUP
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(pin_button_pig_start,GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD_DOWN)
GPIO.setup(pin_button_pig_stop,GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD_DOWN)
GPIO.setup(pin_button_farmer,GPIO.IN)
GPIO.setup(pin_button_tractor,GPIO.IN)
GPIO.setup(pin_motor_tractor_rele1,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_motor_tractor_rele2,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_servo_pig_right_front,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_servo_pig_left_front,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_servo_pig_right_back,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_servo_pig_left_back,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_servo_pig_tail,GPIO.OUT)
```

```

GPIO.setup(pin_servo_farmer_right,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_servo_farmer_left,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_servo_tractor_shovel,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_led_tractor_1,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_led_tractor_2,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_led_base_R,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_led_base_G,GPIO.OUT)
GPIO.setup(pin_led_base_B,GPIO.OUT)

#PINS INIT
GPIO.output(pin_motor_tractor_rele1,GPIO.HIGH)
GPIO.output(pin_motor_tractor_rele2,GPIO.HIGH)
servo_pig_right_front = GPIO.PWM(pin_servo_pig_right_front,50) #.PWM(channel, frequency)
servo_pig_left_front = GPIO.PWM(pin_servo_pig_left_front,50)
servo_pig_right_back = GPIO.PWM(pin_servo_pig_right_back,50)
servo_pig_left_back = GPIO.PWM(pin_servo_pig_left_back,50)
servo_pig_tail = GPIO.PWM(pin_servo_pig_tail,50)
servo_farmer_right = GPIO.PWM(pin_servo_farmer_right,50)
servo_farmer_left = GPIO.PWM(pin_servo_farmer_left,50)
servo_tractor_shovel = GPIO.PWM(pin_servo_tractor_shovel,50)

servo_pig_right_front.start(7.5) #.start(DutyCycle); 5 <= Servo DutyCycle <= 10; 7.5 sends the
servo to 90 degrees
servo_pig_left_front.start(7.5)
servo_pig_right_back.start(7.5)
servo_pig_left_back.start(7.5)
servo_pig_tail.start(7.5)
servo_farmer_right.start(7.5)
servo_farmer_left.start(7.5)
servo_tractor_shovel.start(7.5)
GPIO.output(pin_led_tractor_1,False)
GPIO.output(pin_led_tractor_2,False)
GPIO.output(pin_led_base_R,False)
GPIO.output(pin_led_base_G,False)
GPIO.output(pin_led_base_B,False)

#INIT
x = 0
me_pig_state = 'E0'
me_farmer_state = 'E0'
me_tractor_state = 'E0'
me_tractor_led_state = 'E0'

#CALLBACK FUNCTIONS
def button_pig_start_pressed(channel):

```

```

global x
global me_pig_state
x = 0
if me_farmer_state == 'E0' and me_tractor_state == 'E0':
    me_pig_state = 'E1'

def button_pig_stop_pressed(channel):
    global x
    x = 0
    global me_pig_state
    me_pig_state = 'E0'

def button_farmer_pressed(channel):
    global me_farmer_state
    global mplayer
    if me_pig_state == 'E0' and me_tractor_state == 'E0':
        if me_farmer_state != 'E0':
            me_farmer_state = 'E0'
            mplayer.kill()
        else:
            me_farmer_state = 'E1'
            mplayer = subprocess.Popen(['mplayer','song .mp3'], stdin = subprocess.PIPE)

def button_tractor_pressed(channel):
    global me_tractor_state
    if me_pig_state == 'E0' and me_farmer_state == 'E0':
        if me_tractor_state != 'E0':
            me_tractor_state = 'E0'
        else:
            me_tractor_state = 'E1'

GPIO.add_event_detect(pin_button_pig_start,GPIO.FALLING,callback
button_pig_start_pressed,bouncetime = 1000) =
GPIO.add_event_detect(pin_button_pig_stop,GPIO.FALLING,callback
button_pig_stop_pressed,bouncetime = 1000) =
GPIO.add_event_detect(pin_button_farmer,GPIO.FALLING,callback
button_farmer_pressed,bouncetime = 1000) =
GPIO.add_event_detect(pin_button_tractor,GPIO.FALLING,callback
button_tractor_pressed,bouncetime = 1000) =

while True:
    #me_pig
    if (me_pig_state == 'E0'): #All stopped
        servo_pig_right_front.ChangeDutyCycle(0)
        servo_pig_left_front.ChangeDutyCycle(0)

```

```

servo_pig_right_back.ChangeDutyCycle(0)
servo_pig_left_back.ChangeDutyCycle(0)
servo_pig_tail.ChangeDutyCycle(0)
if (me_pig_state == 'E1'): #Leg servos go to 0 degrees and wait for 0.5s
    servo_pig_right_front.ChangeDutyCycle(4.5)
    servo_pig_left_front.ChangeDutyCycle(4.5)
    servo_pig_right_back.ChangeDutyCycle(4.5)
    servo_pig_left_back.ChangeDutyCycle(4.5)
    me_pig_state = 'E2'
    t0 = time.time()
t1 = time.time()
if (me_pig_state == 'E2' and t1-t0 > 0.5): #Leg servos go to 180 degrees and wait for 0.5s
    servo_pig_right_front.ChangeDutyCycle(10.5)
    servo_pig_left_front.ChangeDutyCycle(10.5)
    servo_pig_right_back.ChangeDutyCycle(10.5)
    servo_pig_left_back.ChangeDutyCycle(10.5)
    me_pig_state = 'E3'
    t2 = time.time()
t3 = time.time()
if (me_pig_state == 'E3' and t3-t2 > 0.5): #Leg servos stop and check if have moved 3 times
    servo_pig_right_front.ChangeDutyCycle(0)
    servo_pig_left_front.ChangeDutyCycle(0)
    servo_pig_right_back.ChangeDutyCycle(0)
    servo_pig_left_back.ChangeDutyCycle(0)
    x = x + 1
    if x == 3:
        x = 0
        me_pig_state = 'E4'
    else:
        me_pig_state = 'E1'
if (me_pig_state == 'E4'): #Tail servo goes to 0 degrees and waits for 0.5s
    servo_pig_tail.ChangeDutyCycle(4.5)
    me_pig_state = 'E5'
    t4 = time.time()
t5 = time.time()
if (me_pig_state == 'E5' and t5-t4 > 0.5): #Tail servo goes to 180 degrees and again to the
beginning
    servo_pig_tail.ChangeDutyCycle(10.5)
    me_pig_state = 'E1'

#me_farmer
if (me_farmer_state == 'E0'): #All stopped
    servo_farmer_right.ChangeDutyCycle(0)
    servo_farmer_left.ChangeDutyCycle(0)
if (me_farmer_state == 'E1'): #Leg servos go to 0 degrees and wait for 0.5s

```

```

servo_farmer_right.ChangeDutyCycle(4.5)
servo_farmer_left.ChangeDutyCycle(4.5)
me_farmer_state = 'E2'
t6 = time.time()
t7 = time.time()
if (me_farmer_state == 'E2' and t7-t6 > 0.5): #Leg servos go to 180 degrees and wait for 0.5s
    servo_farmer_right.ChangeDutyCycle(10.5)
    servo_farmer_left.ChangeDutyCycle(10.5)
    me_farmer_state = 'E3'
    t8 = time.time()
t9 = time.time()
if (me_farmer_state == 'E3' and t9-t8 > 0.5): #Leg servos stop and again to the beginning
    servo_farmer_right.ChangeDutyCycle(0)
    servo_farmer_left.ChangeDutyCycle(0)
    me_farmer_state = 'E1'

#me_tractor
if (me_tractor_state == 'E0'): #All stopped
    GPIO.output(pin_motor_tractor_rele1,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(pin_motor_tractor_rele2,GPIO.HIGH)
    servo_tractor_shovel.ChangeDutyCycle(0)
    GPIO.output(pin_led_tractor_1,False)
    GPIO.output(pin_led_tractor_2,False)
if (me_tractor_state == 'E1'): #Move motors and wait for 3s
    GPIO.output(pin_motor_tractor_rele1,GPIO.LOW)
    GPIO.output(pin_motor_tractor_rele2,GPIO.LOW)
    me_tractor_state = 'E2'
    t10 = time.time()
t11 = time.time()
if (me_tractor_state == 'E2' and t11-t10 > 3): #Stop motors, shovel servo goes to 0 degrees
and wait for 0.5s
    GPIO.output(pin_motor_tractor_rele1,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(pin_motor_tractor_rele2,GPIO.HIGH)
    servo_tractor_shovel.ChangeDutyCycle(4.5)
    me_tractor_state = 'E3'
    t12 = time.time()
t13 = time.time()
if (me_tractor_state == 'E3' and t13-t12 > 0.5): #Shovel servo goes to 180 degrees and again
to the beginning
    servo_tractor_shovel.ChangeDutyCycle(10.5)
    me_tractor_state = 'E1'
if (me_tractor_state != 'E0'):
    #me_tractor_led
    if (me_tractor_led_state == 'E0'): #Led_1 on led_2 off and wait for 0.5s
        GPIO.output(pin_led_tractor_1,True)

```

```
GPIO.output(pin_led_tractor_2,False)
me_tractor_led_state = 'E1'
t14 = time.time()
t15 = time.time()
if (me_tractor_led_state == 'E1' and t15-t14 > 0.5): #Led_1 off led_2 on and wait for 0.5s
    GPIO.output(pin_led_tractor_1,False)
    GPIO.output(pin_led_tractor_2,True)
    me_tractor_led_state = 'E2'
    t16 = time.time()
t17 = time.time()
if (me_tractor_led_state == 'E2' and t17-t16 > 0.5): #Again to the beginning
    me_tractor_led_state = 'E0'

#RGB change color
if (me_pig_state == 'E0' and me_farmer_state == 'E0' and me_tractor_state == 'E0'):
    GPIO.output(pin_led_base_R,True) #RGB to white
    GPIO.output(pin_led_base_G,True)
    GPIO.output(pin_led_base_B,True)
if (me_pig_state != 'E0'):
    GPIO.output(pin_led_base_R,True) #RGB to magenta
    GPIO.output(pin_led_base_G,False)
    GPIO.output(pin_led_base_B,True)
if (me_farmer_state != 'E0'):
    GPIO.output(pin_led_base_R,False) #RGB to blue
    GPIO.output(pin_led_base_G,False)
    GPIO.output(pin_led_base_B,True)
if (me_tractor_state != 'E0'):
    GPIO.output(pin_led_base_R,True) #RGB to yellow
    GPIO.output(pin_led_base_G,True)
    GPIO.output(pin_led_base_B,False)
```