ROBÒTICA ASSISTENCIAL

PSEUDÒNIM:
Anubis

Departament de tecnologia
2n Batxillerat
Curs 2016-2017

ÍNDEX

1. AGRAÏMENTS 3

2. INTRODUCCIÓ 4

2.1. OBJECTIUS 5
2.2. MÈTODE 5

MARC TEÒRIC 6

3. DEPENDÈNCIA 6

3.1. ROBÒTICA ASSISTENCIAL 6
3.1.1. SISTEMES QUOTIDIANS 7
3.1.2. SISTEMES TEMPORALS 8

4. APLICACIONS ROBÒTICA ASSISTENCIAL 9

4.1. CADIRES DE RODES INTEL·LIGENTS 9
4.2. ATENCIÓ SOCIAL 10
4.3. TELEMEDICINA ASSISTENCIAL 11
4.4. BRAÇOS ROBÒTICS PER LES ACTIVITATS DIÀRIES 12
4.5. ROBOTS CUIDADORS I GUIES 13

TREBALL DE CAMP 14

5. BRAÇ ROBÒTIC PER DONAR MENJAR 14

5.1. MATERIAL ELECTRÒNIC 14
5.2. MUNTATGE 15
5.2.1. BRAÇ ROBÒTIC 16
5.2.1.1. Disseny i impresió 3D 16
5.2.1.2. Construcció del braç robòtic 18
5.2.2. BASE 20
5.2.3. CONNECTAR ELS SERVOMOTORS I LA PLACA ARDUINO 21
5.3. PROGRAMACIÓ 23
5.3.1. APP 23
5.3.2. ARDUINO 24
5.4. COST DEL PROJECTE 28
5.5. RESULTATS I FUTURES MILLORES 29

6. CONCLUSIONS 30

7. BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA 31

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1. *Handy*.....8
Figura 2. *Manus* 8
Figura 3. *Movaid* 8
Figura 4. *Robot terapèutic (exosquelet)*.....8
Figura 5. *Cadira de rodes Stephen Hawking* 9
Figura 6. *Robot social Nuka/PARO (Personal Assistant Robot)*.....10
Figura 7. *Dispositiu de teleassistència.* 11
Figura 8. *Braç robòtic (Asibot) sobre cadira de rodes.* 12
Figura 9. *Braç robòtic (Asibot) en un lavabo d'hospital.* 12
Figura 10. *Braç robòtic (Asibot) en una taula donant menjar* 12
Figura 11. *Robear* 13
Figura 12. *Guide Dog Robot* 13
Figura 13. *Material electrònic*.....14
Figura 14. *Maqueta inicial del braç robòtic.*.....16
Figura 15. *Peces impreses en 3D.* 17
Figura 16. *Peces dissenyades amb SketchUp, d'elaboració pròpia.*.....17
Figura 17. *Jo fent un forat a una peça impresa en 3D*.....17
Figura 18. *Extracció de l'estructura provisional que es crea per poder imprimir en 3D una peça amb forats horitzontals.* 17
Figura 19. *Parts del braç robòtic* 18
Figura 20. *Muntatge braç robòtic pas 1* 19
Figura 21. *Muntatge braç robòtic pas 2* 19
Figura 22. *Plat giratori* 19
Figura 23. *Dipòsit i tub del braç robòtic.* 20
Figura 24. *Base dissenyada prèviament amb SketchUp*.....20
Figura 25 *Bloc de poliuretà i material utilitzat (cinta mètrica, serra, cúter i tac paper de vidre).* 20
Figura 26. PAS 1: *Tallar i esculpir la base* 21
Figura 27. PAS 2: *Muntatge del braç robòtic, la placa i la protoboard a sobre de la base* 21
Figura 28. *RESULTAT FINAL*.....21
Figura 29. *Diagrama de les connexions protoboard realitzat amb Fritzing* 22
Figura 30. *Pantalla principal de l'aplicació mòbil*.....23
Figura 31. *Pantalla addicional bluetooth.*.....23
Figura 32. *Blocs de la programació amb AppInventor de l'aplicació mòbil.* 24
Figura 33. TAULA: *Cost final del projecte.*.....28

1. AGRAÏMENTS

En primer lloc, vull agrair a la meva tutora del treball de recerca i al meu institut per la orientació, els consells, les correccions i l'ajuda que m'han proporcionat al llarg de tot el treball de recerca.

M'agradaria dedicar un especial agraïment al professor Lluis Planas i a l'Escola els Estanys pel gran favor que m'han fet amb la impressió 3D.

També agraeixo la col·laboració oferta pels organitzadors del Jove Campus de Recerca de l'UdG. Especialment al professor Albert Figueres pel taller d'introducció a Arduino i al meu tutor del campus, Oliver Diaz.

Per últim, vull donar les gràcies a la meva mare pel seu suport durant el procés d'elaboració del robot. També agrair al meu cunyat pel préstec de material electrònic, i a les meves germanes grans pels seus consells de redacció i elaboració del treball.

2. INTRODUCCIÓ

Durant els últims anys, la tecnologia ha evolucionat molt ràpid i ha estat estudiant i treballant en molts àmbits, per tal de posar a la pràctica els coneixements científics que sorgeixen dia a dia. La tecnologia té com a objectiu fer la vida dels humans a la Terra més fàcil i agradable. Un dels apartats d'aquesta ciència que es dedica primordialment a ajudar tècnicament als humans és la robòtica i l'automatització. Pel que fa a la definició de robot, la que he trobat més adequada és la que proposa el Diccionari de la llengua espanyola (RAE) i diu el següent: un robot és una màquina o ingeni electrònic programable, capaç de manipular objectes i realitzar operacions abans reservades només a les persones. Per a això serveix la robòtica, per substituir tasques rutinàries i pesades fins ara realitzades pels humans, per tasques executades per aparells automatitzats de manera més ràpida, exacte i sense esforços. Per aquesta raó, fins ara, la robòtica s'ha utilitzat sobretot en l'àmbit industrial; robots efectuant treballs mecànics a les fàbriques.

En els últims anys, l'estil de vida de la gent ha millorat, o si més no, ha canviat molt gràcies a la introducció d'aquests aparells tecnològics a la vida quotidiana de les persones. Un àmbit molt present i inevitable per tothom que forma part de la societat són les tasques domèstiques, i aquí la tecnologia també hi juga un paper molt important amb màquines dedicades a tasques concretes (rentadores, assecadores, rentavaixelles, aspiradores, etc.). Donat que és un àmbit que afecta a tota la població la tecnologia evoluciona contínuament aconseguint màquines cada vegada més complexes que substitueixen la nostra dedicació a les activitats rutinàries de casa.

Un altre aspecte que afecta al 100% de la població, és el fet de fer-se gran i la necessitat de tenir persones encarregades d'assistir a les que no es poden cuidar per si mateixes. Aquest tant per cent de la població que necessita assistència no està només format per la tercera edat, sinó que també hi formen part les persones amb algun tipus de discapacitat que necessiten de l'ajuda d'algú. Si es pot aconseguir que aquesta ajuda la portin a terme dispositius i aparells robòtics programats per tractar persones amb les seves facultats reduïdes, serà un gran avenç per la societat, ja que no es necessitaran tantes persones per cuidar-ne a d'altres alhora de realitzar activitats diàries com la higiene, l'alimentació i la companyia.

2.1. OBJECTIUS

L'objectiu del meu treball de recerca és adquirir coneixements de les utilitats que pot arribar a tenir la tecnologia (en especial la robòtica) en el dia a dia de les persones amb dependència.

La part pràctica consisteix en l'elaboració d'un braç robòtic per donar menjar a aquestes persones amb facultats reduïdes. Per dur a terme el meu projecte he de:

- Aprendre com funciona el material electrònic aplicat a la robòtica.
- Buscar informació pel disseny i el muntatge del robot.
- Programar una placa *Arduino*, amb els programes Snap4Arduino i Arduino.

Altres dels objectius generals són:

- Realitzar el projecte amb un pressupost màxim de 100€.
- Agafar el repte de seguir rigorosament un calendari establert per tal d'anar fent el treball de recerca a poc a poc, i acabar-lo amb temps abans de la data d'entrega i no pas deixar-ho fins l'últim moment.
- Aprendre a treballar d'una manera més autònoma per aprendre a resoldre problemes que puguin sorgir al llarg del treball.
- Esforçar-me i responsabilitzar-me amb la finalitat d'aconseguir bons resultats.

2.2. MÈTODE

La idea original ha estat la que he acabat desenvolupant al final del projecte perquè tot el que em vaig proposar en un inici ho he anat aconseguint. Per tant, el resultat final ha estat el que tenia en ment des d'un bon principi.

Pel que fa a la part teòrica, comentar que ha estat fàcil d'elaborar, ja que no he tingut problemes per trobar la informació que buscava. Tot el contingut teòric ha estat extret principalment de pàgines web. En canvi, la part pràctica ha estat més costosa i laboriosa degut al gran número d'hores dedicades, perquè tant l'elaboració d'un projecte tecnològic com el desenvolupament necessita molta experimentació. Per aconseguir bons resultats ha estat necessari un període autodidacte en el que he aprés a programar principalment a base de vídeotutorials, fòrums, llibres d'Arduino i sobre tot, moltes proves.

3. DEPENDÈNCIA

La dependència es defineix com l'estat en que es troba una persona que per motius de falta o pèrdua d'autonomia física, psíquica o intel·lectual, necessita ajuda per realitzar les activitats de la vida diària i la cura personal. Aquestes persones afronten diàriament barreres per participar a la societat i tenen dificultats per dur a terme activitats bàsiques com veure, escoltar, caminar, comunicar-se, etc. Es coneixen com a activitats diàries de cura personal banyar-se, vestir-se, alimentar-se, etc. Respecte a les activitats de la llar, destaquen el fet de preparar el menjar, l'ús del telèfon i el manteniment de la casa.

No totes les persones que necessiten ajuda tenen el mateix grau de dependència i per això no es pot fer una classificació que defineixi l'autonomia personal de cadascuna. El que si es pot diferenciar és qui forma part d'aquest grup de persones dependents. En formen part les persones grans, els nens amb trastorns de desenvolupament, les persones amb trastorns mentals o amb deteriorament cognitiu[1], i els discapacitats.

Normalment, la manera d'ajudar a aquestes persones en els aspectes de la vida quotidiana és mitjançant cuidadors que les atenen per tal de millorar la seva qualitat de vida. Aquests assistents poden ser professionals que treballen en organismes d'atenció domiciliària o residencial, o assistents no professionals, que solen ser familiars o amics de la persona en situació de dependència. Antigament en aquests casos era la família que s'encarregava d'aquestes tasques, però cada vegada és més freqüent que el suport sigui extern per tal que l'usuari rebi un millor servei i perquè la família pugui ser una mica més independent. A l'actualitat de moment és així però hi ha estudis i projectes que treballen per tal que aquesta assistència en comptes de proporcionar-la un ésser humà la subministri un robot.

3.1. ROBÒTICA ASSISTENCIAL

Els robots assistencials realitzen accions físiques que beneficien a les persones amb dependència. Segons el tipus d'assistència que han de proporcionar a l'individu, els sistemes robòtics assistencials es poden classificar en dos grups. D'una banda, es troben

[1]*Deteriorament cognitiu:* és la pèrdua de funcions cognitives, en especial la memòria, l'atenció i la velocitat de processament de la informació.

els sistemes quotidians que donen assistència diàriament, i d'altra banda, estan els sistemes temporals, utilitzats únicament per la rehabilitació durant el període de recuperació de l'individu. En tots dos casos, l'objectiu del robot és donar autonomia a la persona que es troba en aquesta situació.

3.1.1. SISTEMES QUOTIDIANS

Els sistemes quotidians es basen en robots que donen assistència diària a l'individu. Aquests sistemes es troben instal·lats al domicili de l'usuari, és ell qui controla el funcionament del robot i tenen l'objectiu d'incrementar seguretat i comoditat a l'hora d'assistir a un pacient. En aquest àmbit estan inclosos des de petits aparells de teleassistència i petits robots que circulen de manera autònoma per la casa (per exemple per recordar al malalt les medicines que ha de prendre), fins a grans robots que desplacen en braços a la persona.

Aquests tipus de robot poden tenir diferents característiques:

- **Robots orientats a una aplicació**: Aquests robots poden ser fixes (instal·lats en alguna zona de la casa) o portàtils. L'objectiu d'aquests dispositius no és evitar la necessitat d'un assistent, sinó que estan destinats a realitzar una funció concreta per tal que l'usuari pugui fer algunes coses per si mateix i no necessiti la contínua assistència del cuidador. Per exemple, l'assistent serveix el menjar i beguda a l'usuari i aquest pot anar menjant i bevent al seu ritme. Aquesta solució satisfà a l'individu perquè pot menjar d'una manera més autònoma.
  Un exemple de robot d'aquestes característiques és *Handy*.

- **Robots instal·lats sobre cadires de rodes**: Aquests robots estan muntats sobre la pròpia cadira de rodes de l'usuari, de manera que li permet tant desplaçar-se lliurement, com la capacitat de manipular o agafar objectes que hi hagi al seu entorn. Un exemple és el robot *Manus.*

- **Robots sobre guies o base mòbil**: Serveixen per augmentar el camp d'actuació del robot, però sense augmentar les seves dimensions gràcies a que es pot desplaçar per l'habitació. L'objectiu és transportar objectes d'altres llocs de la casa fins l'usuari

sense que aquest s'hagi de moure. Per fer-ho, el robot pot funcionar per guies verticals i horitzontals controlat amb un joystick per l'usuari o de manera autònoma amb una base mòbil.

Un exemple és el robot *Movaid.*

Figura 1. *Handy*

Figura 2. *Manus*

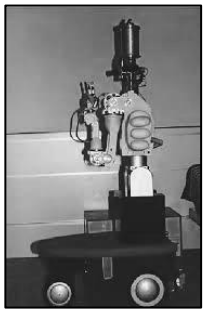

Figura 3. *Movaid*

3.1.2. SISTEMES TEMPORALS

Aquests sistemes només s'utilitzen un determinat període de temps durant la recuperació de l'individu. Aquesta recuperació es porta a terme mitjançant rehabilitació, que té com a objectiu retornar l'autonomia del pacient i la reincorporació física d'aquest a les seves activitats quotidianes. La rehabilitació assistida per robots, també anomenats robots terapèutics, abasta un gran nombre de teràpies i cada vegada és més utilitzada, ja que al ser una màquina té diferents avantatges, com ara la objectivitat, la repetibilitat i l'homogeneïtat dels moviments. La majoria de rehabilitacions es fan amb exosquelets adherits al cos. El que més es treballa amb aquesta tècnica són les extremitats superiors, les inferiors i l'equilibri.

Per tal de fer motivadores les sessions de rehabilitació, a més dels exosquelets robòtics que ajuden als pacients a realitzar la tasca, i així, recuperar el moviment, molts robots terapèutics disposen d'altres tecnologies. Els videojocs o entorns de realitat virtual que animen al pacient a treballar i estimular més la part afectada, són un exemple.

Figura 4. *Robot terapèutic (exosquelet)*

La figura 4 mostra un exemple de robot terapèutic, on es pot observar l'exosquelet subjectant al pacient i interactuant amb una pantalla de realitat virtual.

4. APLICACIONS ROBÒTICA ASSISTENCIAL

Quan apareix una situació de dependència, poden triar entre romandre al domicili familiar o ingressar en un centre especialitzat com residències, centres de dia, etc. El més escollit normalment és quedar-se al domicili familiar mentre la situació d'autonomia ho permeti. Aquí és quan han d'intervenir els robots, ja que permeten facilitar molts aspectes de la vida quotidiana per tal d'allargar aquest període de permanència a casa i dins la societat. Ofereixen ajudes tant per problemes de mobilitat, com d'estat d'ànim, d'atenció i per millorar la comoditat. Tanmateix, són aparells que han estat alguns molt estudiats i utilitzats, i d'altres no tant. A continuació es presenten alguns d'ells:

4.1. CADIRES DE RODES INTEL·LIGENTS

En la majoria dels casos de situacions de dependència, les cadires de rodes estan presents. Normalment són cadires manuals o elèctriques, però quan la malaltia produeix debilitat muscular tant en braços com cames i l'usuari no té la capacitat per moure la cadira, es comencen a utilitzar nous mètodes més complexos i automatitzats. Hi ha cadires més elaborades que es mouen amb sistemes com picant l'ullet, amb el moviment del cap, o amb la veu. No obstant, si el pacient no pot moure tampoc els músculs de la cara, es poden arribar a moure amb el pensament.

Les cadires de rodes cada vegada poden ser més intel·ligents. Les monitoritzades disposen d'una computadora que controla els motors de la cadira i rep les senyals dels sensors. Sensors com per exemple: un micròfon que rep els comandaments de veu; un casc interactiu amb els pensaments, que registra senyals elèctriques cerebrals; detectors d'objectes pel voltant de tota la cadira per tal d'incrementar la seguretat del pacient, etc. En tots els casos, les cadires són adaptades a l'autonomia i la necessitat del pacient. Per exemple, altres cadires de rodes poden funcionar amb joysticks, o tenen l'avantatge de que es poden elevar, o estan dissenyades per pujar i baixar escales.

Figura 5. *Cadira de rodes Stephen Hawking*

La figura 5 mostra la cadira de Stephen Hawking que funciona per controls de veu. És una de les cadires de rodes intel·ligents més coneguda. A partir d'aquesta, s'han dissenyat d'altres amb característiques similars o millorades.

4.2. ATENCIÓ SOCIAL

Arriba un punt, on els pacients en situació de dependència poden presentar malestar emocional per tres raons: no es senten productius i útils dins la comunitat; no afronten les pèrdues que els provoca la malaltia o l'edat; i tampoc assimilen que necessiten atenció contínua per les necessitats bàsiques. Per tal de millorar l'estat d'ànim d'aquestes persones i impedir que l'aïllament social deteriori més la seva salut, existeixen roboteràpies i robots socials per reanimar-les.

La interacció amb robots desperta en els usuaris els mateixos sentiments que quan es relacionen amb animals. Aquestes teràpies no només s'utilitzen en domicilis, també s'utilitzen en residències i hospitals. El fet de tenir una mena d'animal artificial proporciona un benefici, ja que en molts espais sanitaris no permeten animals perquè incrementen els riscos d'al·lèrgies, infeccions o falta d'higiene. Per això, aquests sistemes són una idea evolucionada de les teràpies animals, oferint així un servei més inofensiu, higiènic i de la mateixa qualitat.

De vegades, al principi la interacció amb robots pot semblar impactant, però per tal de generar un ràpid sentiment d'afecció, en els robots socials, l'aparença física i el comportament són factors molt importants. Per començar, tenen formes animades d'éssers simpàtics, existents o no, i estan configurats de manera que imiten expressions i gestos reals (noten les carícies, tenen pessigolles, dormen, etc.) o modelen estats emocionals bàsics (es posen contents, tristos,...). L'objectiu de tots els robots és donar companyia, incrementar l'estat d'ànim i disminuir sentiments de solitud o estrès.

El robot social més conegut és la foca Nuka, també coneguda com PARO (Personal Assistant Robot). A la figura 6 apareix Nuka en diferents situacions (amb una senyora gran i amb una nena hospitalitzada).

Figura 6. *Robot social Nuka/PARO (Personal Assistant Robot)*

4.3. TELEMEDICINA ASSISTENCIAL

Tot i que els serveis de telemedicina difícilment substituiran la relació entre metge i pacient, són uns dels dispositius tecnològics més utilitzats en l'àmbit de la dependència. Les seves aplicacions poden anar des d'una simple consulta fins una intervenció quirúrgica realitzada per robots. Aquests serveis de comunicació i informació tenen com a finalitat atendre ininterrompudament als usuaris, per tal de facilitar i agilitzar el contacte amb professionals de la salut. Són utilitzats principalment per gent amb mobilitat reduïda i persones grans que passen moltes hores soles o viuen allunyades del nucli urbà.

Dins dels sistemes d'assistència hi ha diferents models de telemedicina:

- **Teleassistència**: Consisteixen en dispositius que en situacions d'emergència i inseguretat envien una senyal d'alarma a una central d'atenció que treballa les 24 hores del dia. En rebre la senyal, els professionals del centre es posen en contacte immediatament amb la persona en situació de dependència, i si cal, s'envia assistència urgent al domicili (un metge, una ambulància, primers auxilis,...).

  A la figura 7 es pot observar que es tracten de dispositius petits que poden estar instal·lats al domicili, o bé anar a sobre de l'usuari. Per tal de tenir-ho sempre a prop per qualsevol problema solen anar penjats al coll o al canell.

Figura 7. *Dispositiu de teleassistència.*

- **Teleconsulta**: Servei telefònic on un metge orienta sobre qualsevol problema de salut oferint una solució a l'usuari. Poden ser temes relacionats amb fàrmacs, malalties lleus com refredats, gastroenteritis, etc. També hi ha teleconsultes psicològiques per solucionar problemes d'estat emocional o situació de solitud. En aquest cas, un psicòleg atén les inquietuds dels usuaris.

- **Televigilància**: Proporcionen la possibilitat de realitzar a distància la vigilància i seguiment de malalties cròniques[2] i processos postoperatoris.

[2] Els *malalts crònics* són persones amb malalties de llarga durada i recuperació lenta.

4.4. BRAÇOS ROBÒTICS PER LES ACTIVITATS DIÀRIES

Els braços robòtics realitzen tasques de la vida diària i moviments on la persona amb dependència necessita ajuda. Les activitats principals són l'alimentació (servir menjar i beguda) i la higiene (netejar la cara, rentar les dents, afaitar). Aquests moviments es realitzen a prop de l'usuari per fer un servei directe a aquest. Els braços robòtics també poden realitzar operacions més externes, com ara agafar objectes, apagar/encendre interruptors, obrir/tancar portes, calaixos i armaris, i fins i tot, arribar a fer el menjar. L'avantatge dels braços robòtics es que donen la capacitat, la llibertat i la independència a l'usuari de fer coses per "si mateix" sense l'ajuda contínua de l'assistent, ja que el controla la persona en situació de dependència.

Hi ha diverses maneres de dirigir el braç: alguns funcionen amb petits comandaments, i d'altres, en casos més extrems com per exemple tetraplegia, són capaços de ser controlats amb el pensament de l'usuari. Aquests sistemes es basen en controlar el robot amb la ment en l'espai tridimensional i per aconseguir-ho s'implanten micro-elèctrodes al cervell i s'uneixen amb les neurones motores. Els elèctrodes registren les neurones responsables del moviment del braç i ho transmeten al robot.

També hi ha diferents llocs del domicili on es pot adherir el braç. Poden estar instal·lats fixes en taules, lavabos, cuines, o bé, poden moure's per les parets de la casa amb la finalitat d'ampliar el camp de treball. També poden anar units a la cadira de rodes per tal de desplaçar-se robot i usuari per tots els entorns de la casa, augmentant encara més el camp d'actuació del braç.

Un exemple de braç robòtic que pot estar instal·lat en diferents entorns de l'establiment (cadira de rodes, taula, paret, etc.), és el robot Asibot que apareix a les figures següents:

Figura 8. *Braç robòtic (Asibot) sobre cadira de rodes.*

Figura 9. *Braç robòtic (Asibot) en un lavabo d'hospital.*

Figura 10. *Braç robòtic (Asibot) en una taula donant menjar*

4.5. ROBOTS CUIDADORS I GUIES

Una mica més lluny de la realitat es troben els robots cuidadors i els robots guies, que solen tenir una estructura semblant a la forma humana o animal. Hi ha molt pocs dispositius que s'utilitzin a la realitat. La majoria són prototips que no estan implantats a la societat perquè abans de llançar-lo al mercat és un producte que ha d'estar totalment perfeccionat i ser molt precís. Per això i per falta de recursos, és un camp que tot just ara comença a desenvolupar-se.

- L'ideal dels **robots cuidadors** és que puguin fer totes les tasques que hauria de fer un assistent dins del domicili. Activitats com portar objectes d'un costat a l'altre de la casa, vigilar i atendre el pacient, i/o fins i tot transportar-lo.

  Un exemple de prototip capaç de transportar a persones és el Robear (figura 11). Pot agafar a l'usuari del llit, del sofà, de la cadira de rodes, etc., per modificar-li la postura o portar-lo en braços a un altre lloc.

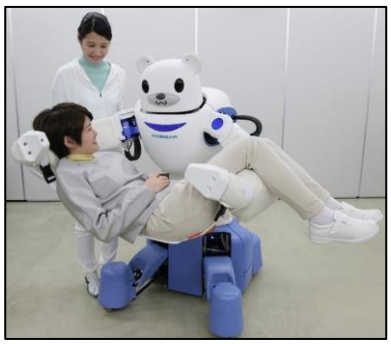

Figura 11. *Robear*

- Molts **robots guies** estan dirigits a persones amb discapacitat visual i imiten el treball fet fins ara pels gossos guies. Es volen aconseguir noves tecnologies que substitueixen als gossos, el quals són difícils d'ensinistrar i d'elevat cost. La idea principal d'aquest tipus de robot és que rebin ordres de l'usuari, però també que reconeguin obstacles que es trobin pel camí i enviïn la informació a l'usuari.

  Un exemple és el Guide Dog Robot (figura 12).

Figura 12. *Guide Dog Robot*

TREBALL DE CAMP

5. BRAÇ ROBÒTIC PER DONAR MENJAR

El treball de camp del meu treball de recerca es basa en portar a la pràctica una de les parts de la robòtica assistencial, més concretament, els braços robòtics.

El projecte consisteix en dissenyar, construir i programar un braç robòtic per donar menjar a persones en situació de dependència que per algun problema de mobilitat no són capaços de menjar per si mateixos. Aquest sistema és una alternativa per evitar que aquesta tasca l'hagi de dur a terme diàriament un cuidador. En general, el funcionament del robot consisteix en que pugui donar menjar o beure controlat per una aplicació mòbil.

Com que els coneixements en robòtica són baixos i és un prototip senzill, el braç robòtic no pot ser pas perfecte ni precís com ho hauria de ser un dispositiu real d'aquestes característiques. Quan un robot treballa amb persones ha de tenir moltes mesures de seguretat. Per això, per la diferència de material i per la diferència de complexitat entre d'altres, el meu projecte té un pressupost previst d'uns 100€. Els reals, en canvi, poden costar milers d'euros.

5.1. MATERIAL ELECTRÒNIC

Per dur a terme el projecte, una part molt important és el material electrònic, el qual va tot connectat a la placa base que es programa per aconseguir que el dispositiu realitzi els moviments establerts en el programa. El braç robòtic consta de:

- Placa Arduino mega 2560
- Protoboard 830 pins
- Mòdul bluetooth HC-06
- 4 servomotors
- Cables dupont

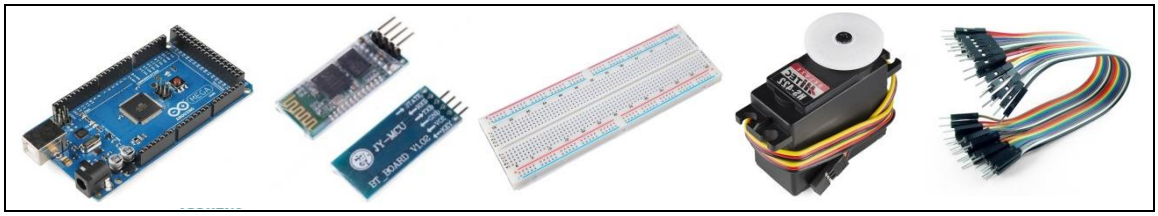

Figura 13. *Material electrònic*

5.2. MUNTATGE

Respecte al muntatge, en primer lloc, com que tota l'estructura del braç robòtic l'havia de construir jo des de zero, vaig començar fent esbossos de com volia que fos. La primera idea va ser un braç robòtic de 4 graus de llibertat[3]: 1 servomotor a l'eix vertical per fer rotar la base i 3 servomotors de gir horitzontal (espatlla, colze i canell). Després d'analitzar-ho vaig decidir adaptar el braç per poder eliminar un dels servomotors. Llavors, vaig prescindir del canell, de manera que l'avantbraç i la mà (on anirà una cullera) són tot una peça. Amb això es reduirà la dificultat en la programació, el pes que ha de suportar l'eix central, i també poder prescindir de bateries exteriors.

Pel que fa a l'elecció del material, em vaig proposar diverses opcions per fer l'estructura: placa de polimetilmetacrilat[4], alumini i plàstic imprès en 3D. Finalment, vaig acabar decidint realitzar la estructura amb impressió 3D, principalment, perquè tenia ganes de treballar amb programes de disseny 3D i imprimir un producte elaborat 100% per mi. D'aquesta manera les peces podien ser totalment personalitzades i adaptades a l'objectiu proposat, i sobre tot era la millor opció per reduir el pes del braç robòtic.

Un altre apartat important era la presentació i el disseny final de tot el braç robòtic. La idea inicial va ser fer una mena de taulell per posicionar el robot i el plat sempre al mateix lloc a l'hora de fer-lo servir. Quan vaig començar a muntar el braç i al connectar els motors a la placa, vaig veure que necessitava una estructura que em fes la funció de taulell i base. Especialment, seria útil perquè totes les parts del robot anessin sempre al mateix lloc a l'hora d'utilitzar-lo, però encara em serviria més, per tenir totes les parts (estructura, plat, got, placa i protoboard) juntes en un únic bloc. També necessitava una base gran i estable per subjectar l'eix central del braç robòtic, i construint aquesta estructura, resoldria aquests problemes.

[3] Els *graus de llibertat* són el nombre d'eixos de rotació que té un robot, i normalment coincideix amb el nombre d'articulacions. El màxim de graus que pot tenir un braç robòtic és de 6 (3 graus de posició i 3 graus d'orientació).

[4] *Polimetilmetacrilat:* és un plàstic utilitzat en enginyeria, també conegut com vidre acrílic o PMMA. Es troba normalment en plaques o grànuls.

5.2.1. BRAÇ ROBÒTIC

Dissenyar l'estructura va ser el primer pas, ja que sense el disseny no ho podia imprimir, sense les peces impreses no el podia muntar, i fins que el braç robòtic no estigués muntat no podia començar a programar. Per això, aquest serà l'ordre que seguiré per elaborar el meu projecte.

5.2.1.1. DISSENY I IMPRESIÓ 3D

Per dissenyar les peces en tres dimensions primer havia de tenir clar totes les mides. Per això, vaig calcular com de gran volia que fos el braç robòtic, fent una maqueta amb cartró, articulacions fetes amb escuradents i subjectant la cullera amb pinces (figura 14). Era molt nyap, però em va servir per estudiar si les mesures eren vàlides per arribar al plat amb els angles correctes i arribar a la boca amb la cullera totalment horitzontal.

Figura 14. *Maqueta inicial del braç robòtic.*

El programa utilitzat per dissenyar l'estructura, va ser *SketchUp 2016*. Quan vaig haver de dissenyar-la tenia les mesures, però em va sorgir un imprevist. No sabia que una vegada imprés en 3D no podria foradar les peces per passar ferros o unir els braços del servomotor amb l'estructura. Llavors, vaig haver de mesurar els radis, les llargàries, els forats, les distàncies entre forats i l'amplada dels braços del servomotor que faria servir en el projecte. Posteriorment, ho vaig dissenyar per ordinador.

Una vegada tot dissenyat, havia de trobar una impressora 3D on m'ho poguessin imprimir. Davant diverses opcions, finalment vaig decidir posar-me en contacte amb l'escola de primària on havia estudiat de petit, l'escola Els Estanys. Disposen d'impressora 3D i vaig preguntar si m´ho podien imprimir, per sort, van acceptar la meva solicitud. Va ser la millor opció perquè necessitava que fos ràpid, segur i econòmic. Per imprimir les peces, calia passar l'arxiu .skb (SketchUp) a un programa especialitzat per impressores 3D. Per fer-ho, el professor Lluis Planas va utilitzar *Cura by Ultimaker* i després d'unes 20 hores d'impressió, el resultat es veu reflectit a la figura 15 i el seu disseny previ a la figura 16.

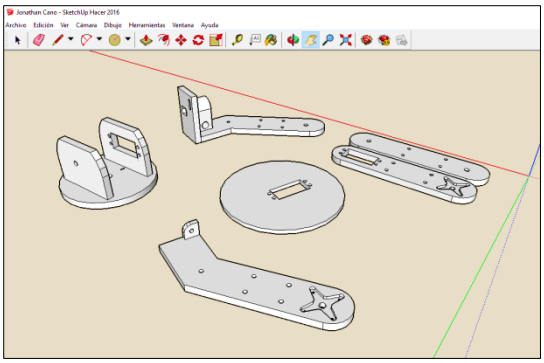

Figura 16. *Peces dissenyades amb SketchUp, d'elaboració pròpia.*

Figura 15. *Peces impreses en 3D.*

Un cop impreses, algunes de les peces es van haver de repetir. D'altres les vaig haver d'arreglar manualment perquè com que no es poden imprimir forats horitzontals, amb el programa Cura vam crear una mena d'estructura en forma de xarxa. Aquesta xarxa permetia a la impressora continuar imprimir al damunt del suposat forat, i després va ser bastant fàcil de treure. Una vegada impreses, el que sí que es pot fer és fer forats fonent el plàstic, això ho vaig fer servir al llarg de tota la construcció del braç per afegir cargols o ampliar algun forat.

La figura 18 mostra l'abans i el després d'eliminar l'estructura provisional. A la figura 17 surto jo ampliant amb un soldador alguns forats de les peces impreses en 3D.

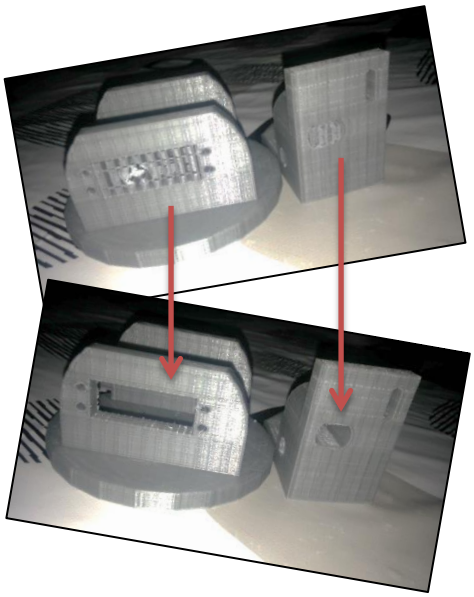

Figura 18. *Extracció de l'estructura provisional que es crea per poder imprimir en 3D una peça amb forats horitzontals.*

Figura 17. *Jo fent un forat a una peça impresa en 3D*

5.2.1.2. CONSTRUCCIÓ DEL BRAÇ ROBÒTIC

La construcció del braç robòtic i els accessoris (plat i got) la vaig elaborar en aquest ordre: primer la unió de totes les peces amb els servomotors, després la construcció del plat i el respectiu servomotor, i per últim el got amb el conducte.

La figura 19 presenta un croquis del braç robòtic. Permet entendre i ubicar millor les diferents peces i servomotors dels que parlaré posteriorment.

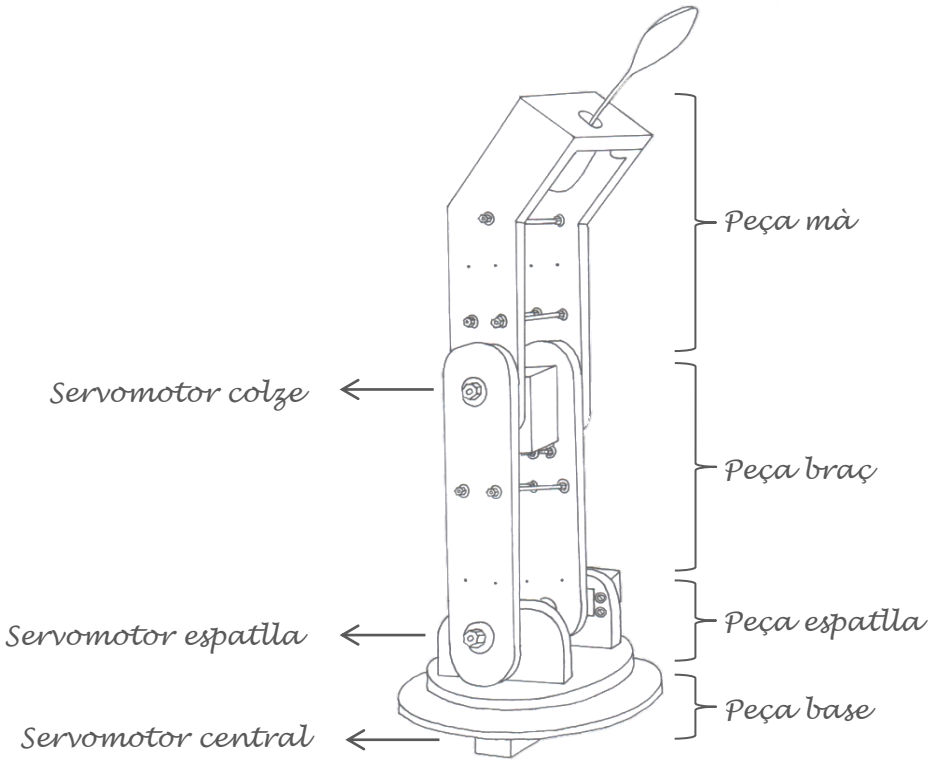

Figura 19. *Parts del braç robòtic*

Per unir els servomotors amb les peces vaig utilitzar cargols, rosques i volanderes de 3mm de diàmetre. Primer vaig començar per la peça base amb el servomotor de gir horitzontal, que farà d'eix central i orientarà el braç robòtic cap al plat, cap a la persona, o cap al got de beguda. Després, vaig unir la peça espatlla amb les dues peces braç mitjançant el servomotor espatlla i una vareta roscada de 6mm de diàmetre. Posteriorment vaig unir les dues peces braç entre elles amb dues varetes roscades de 3mm de diàmetre, amb l'objectiu que giressin paral·lelament i estigués tot més reforçat. Per unir el braç amb la mà vaig seguir més o menys el procés anterior. Entre aquestes dues articulacions, vaig col·locar el servomotor colze. Per últim, vaig col·locar la cullera al extrem superior de la mà.

Com que el meu robot dóna menjar de costat, necessita una cullera que estigui de cantó. Per això, el que he utilitzat és una cullera especial que normalment s'utilitza per donar menjar a una altra persona.

El procés descrit anteriorment es pot observar a les següents figures:

Figura 20. *Muntatge braç robòtic pas 1*

Figura 21. *Muntatge braç robòtic pas 2*

Amb el braç ja muntat, vaig poder començar a programar, però durant les primeres proves em vaig adonar que quan la cullera agafés menjar del plat, sempre n'agafaria del mateix lloc, de manera que els aliments s'acumularien al final i a les vores del plat. Per solucionar aquest problema vaig decidir fer un plat giratori. Per construir-ho vaig necessitar un altre servomotor, el plat i una base per poder unir els dos anteriors.

La impressió de la peça espatlla es va repetir 3 cops perquè sortia malament, de manera que vaig aprofitar la peça bona pel braç i una de les defectuoses per la base del plat. La base havia de ser fixe al plat, però a la vegada independent al servomotor. Per tal d'aconseguir-ho vaig enganxar el plat, la base i el braç del servomotor amb silicona, perquè una vegada acabat l'àpat, es pugui rentar.

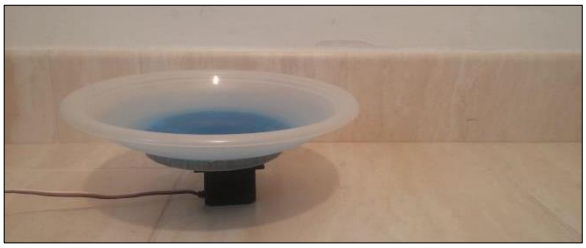

Figura 22. *Plat giratori*

Fins aquí tot està a punt per donar menjar. Únicament falta la part de donar beguda a l'usuari. Aquesta part està composta per un dipòsit i un tub. El dipòsit està format per un pot de confitura, es forada la tapa i es passa un tub transparent que farà la funció de palleta. El tub arriba fins l'extrem superior del braç robòtic de manera que quan l'usuari demani aigua, el robot es giri, condueixi l'extrem superior a la boca de la persona i aquesta xucli per poder beure.

Figura 23. *Dipòsit i tub del braç robòtic.*

5.2.2. BASE

Per tal de subjectar el braç robòtic i tenir totes les peces sempre en un mateix lloc, tant a l'hora d'utilitzar-ho com per transportar-ho, vaig pensar construir una estructura que fos lleugera, econòmica i fàcil de tallar. Ràpidament vaig trobar el material que estava buscant. Vaig decidir fer-ho amb un bloc de poliuretà, ja que és un material perfecte per tallar i esculpir, pesa molt poc i és un material que ja havia utilitzat anteriorment, per tant podria fer la base jo mateix. També sabia on aconseguir-ho a un bon preu o gratuïtament i això era un aspecte a tenir en compte per no augmentar el pressupost del meu projecte.

Les figures que es mostren a continuació expliquen el procediment seguit per dur a terme la construcció de la base.

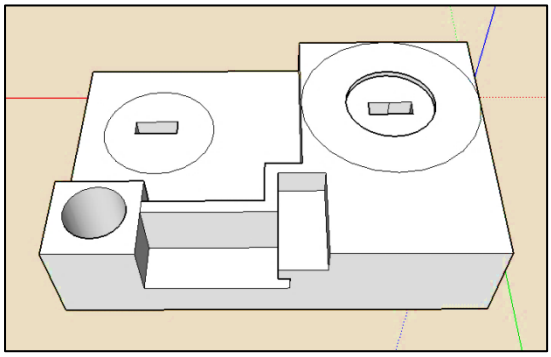

Figura 24. *Base dissenyada prèviament amb SketchUp*

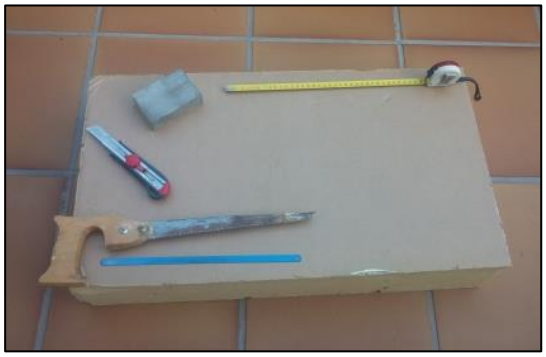

Figura 25 *Bloc de poliuretà i material utilitzat (cinta mètrica, serra, cúter i tac paper de vidre).*

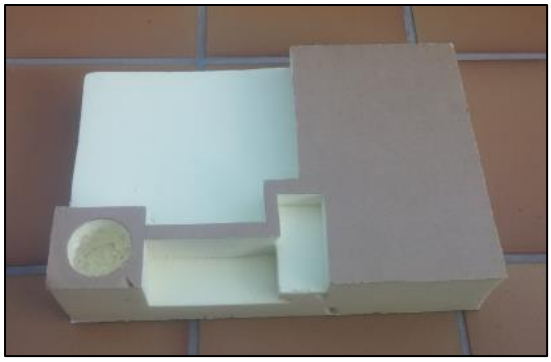

Figura 26. PAS 1: *Tallar i esculpir la base*

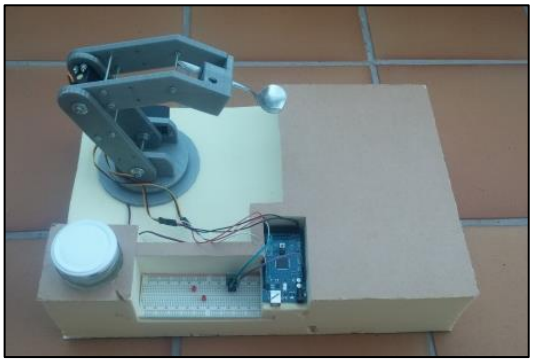

Figura 27. PAS 2: *Muntatge del braç robòtic, la placa i la protoboard a sobre de la base*

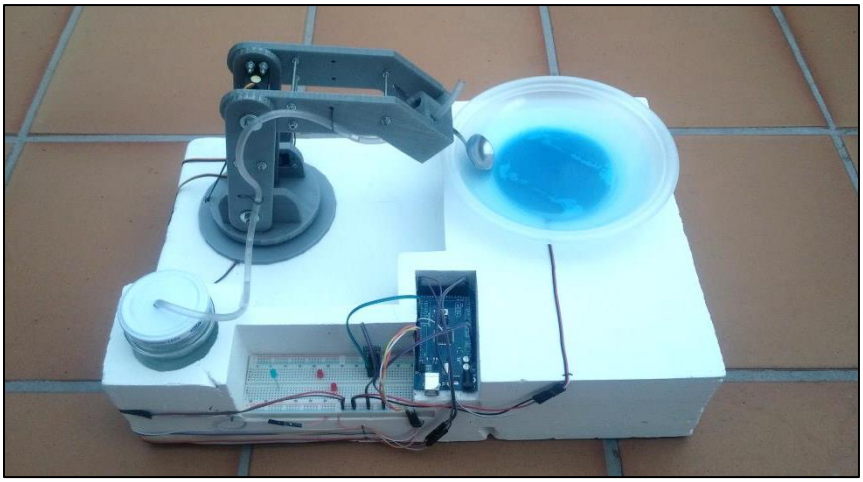

Figura 28. *RESULTAT FINAL*

5.2.3. CONNECTAR ELS SERVOMOTORS I LA PLACA ARDUINO

Per tal de deixar-ho tot preparat per a la programació, vaig connectar tots els cables on tocaven.

La placa és el model Arduino MEGA 2560, però de marca blanca ja que em sortia més econòmic i té el mateix funcionament que l'original. Un cop vaig tenir tots els servomotors, la protoboard i el bluetooth ho vaig connectar amb cables dupont i ja vaig poder començar a programar.

Per mostrar les connexions que hi ha al braç robòtic, he fet un diagrama de connexions amb el programa *Fritzing* on es veu on està connectat cada element. Amb aquest programa es poden fer tres tipus de diagrames: el diagrama protoboard, que és el que correspon a la figura 29; l'esquemàtic i el PCB.

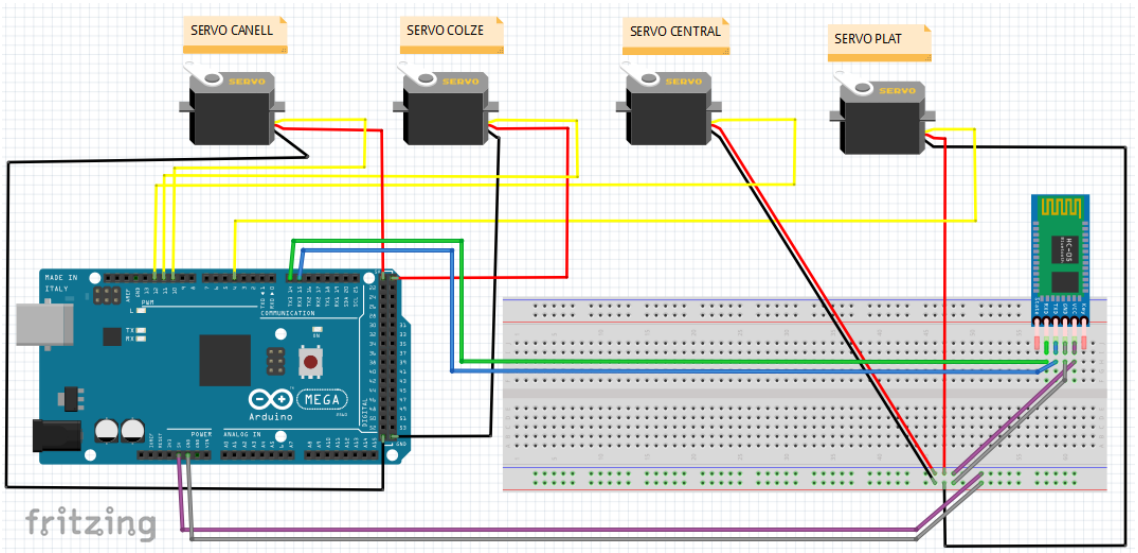

Figura 29. *Diagrama de les connexions protoboard realitzat amb Fritzing*

Els servomotors tenen tres cables diferents cada un: el groc, el negre i el vermell. El "groc" connecta el servomotor al pin respectiu de la placa i després es configura com a OUTPUT (sortida), ja que la placa els hi ha de transferir la informació que es programa. Per exemple, en el cas dels sensors, tot i que en el meu projecte no en faig servir, els pins s'han de configurar com a INPUTS (entrades) perquè és la informació la que entra a la placa. El cable "negre" es connecta al GND de la placa, i el "vermell" és el conductor de la tensió elèctrica connectat als 5V de la placa.

Quant al bluetooth HC-06, els cables "lila" i "gris" fan la mateixa funció que els cables del servomotor "vermell" i "negre" respectivament. El "blau" connecta el TXD que serveix per transmetre dades, i el "verd" connecta el RXD que serveix per rebre dades. Tots dos van connectats a l'apartat de Comunicacions de la placa Arduino, però connectats girats (el RXD al TXD i viceversa).

5.3. PROGRAMACIÓ

Abans de muntar-ho tot vaig estar provant codis per familiaritzar-me amb els programes, els servomotors, etc. ja que els meus coneixements en el tema de programació amb Arduino eren nuls. Els programes que he utilitzat han estat *Arduino* i *Snap4Arduino*.

Per tal que l'usuari es pugui comunicar amb el robot, vaig pensar fer una aplicació de mòbil per que sigui aquest qui controli menjar, beure o parar. Per realitzar aquesta app he utilitzat *AppInventor*.

5.3.1. APP

La meva aplicació té la funcionalitat de poder comunicar-se i transmetre informació a la placa Arduino mitjançant un mòdul bluetooth. L'objectiu d'aquesta part del projecte és que el robot tingui tres estats (parat, menjar i beure) i sigui l'usuari, qui a través del mòbil pugui controlar els moviments del braç robòtic. L'aplicació és senzilla i està formada fonamentalment per tres botons: un per cada estat.

La figura 30 és una captura de pantalla per mostrar el disseny de l'aplicació, la 31 mostra la pantalla que es crea per tal de connectar-se al bluetooth HC-06.

Figura 30. *Pantalla principal de l'aplicació mòbil.*

Figura 31. *Pantalla addicional bluetooth.*

Com l'aplicació està creada amb *AppInventor*, la programació funciona amb un sistema de blocs. El primer pas consisteix en que l'aplicació detecti que el bluetooth del mòbil està encès i amb quins altres dispositius està interactuant. Quan el selector de llista anomenat "BLUETOOTH" es prem, s'obre la pantalla addicional on apareixen tots els dispositius bluetooth que hi ha connectats al voltant. D'aquesta manera, trobarà el bluetooth HC-06 de la placa, que és el que s'ha de seleccionar. Una vegada connectat el mòbil amb la placa es poden prémer els botons "MENJAR", "BEGUDA" o "PARAR" que envien 1, 2 o 3 respectivament a la placa, i aquesta respon amb els moviments corresponents.

A la figura 32 apareixen els blocs descrits anteriorment.

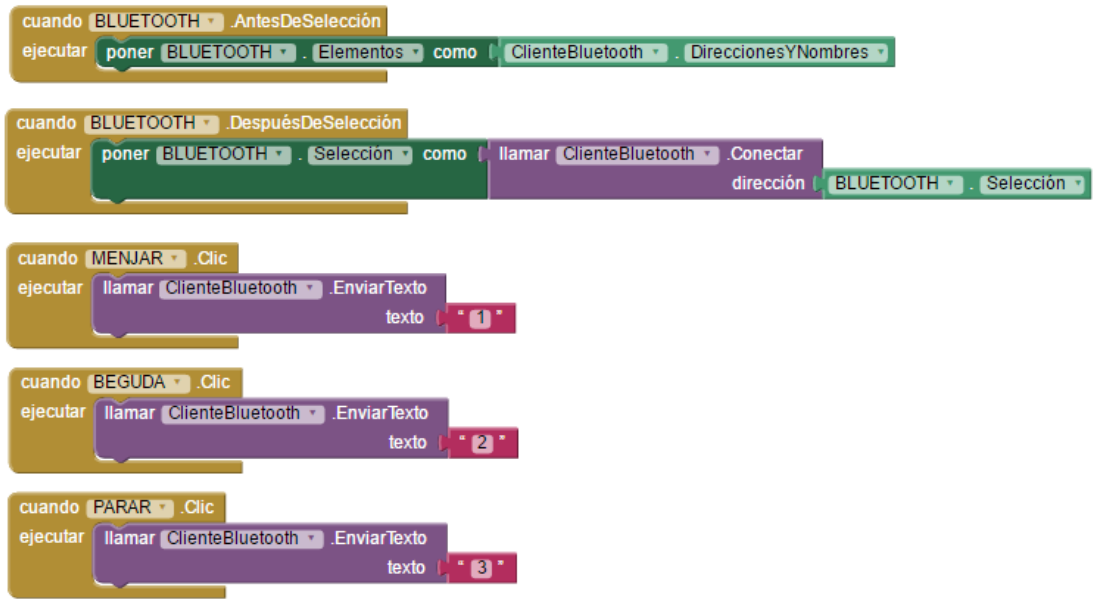

Figura 32. *Blocs de la programació amb AppInventor de l'aplicació mòbil.*

5.3.2. ARDUINO

Una vegada tot muntat vaig començar provant els moviments dels servomotors. Per a això vaig fer servir *Snap4Arduino*, un programa semblant al *Scratch*, que també es tracta d'una programació amb blocs, però adaptat per *hardware* Arduino. Aquest programa és fàcil i ràpid per fer codis senzills, per aquest motiu el vaig fer servir per calcular els graus en que estan col·locats els servomotors, i vaig anar fent esquemes i apuntant els graus exactes que necessitaria en el moment de programar els moviments i els recorreguts del braç.

Després ja vaig continuar amb el programador Arduino, amb el que he acabat realitzant tot el codi que fa funcionar el braç robòtic. A continuació es presenta el codi en color blau i a la dreta l'explicació de cada apartat.

```
#include <Servo.h>                          //introdueix la llibreria "Servo"
 Servo plat;                                //introdueix els servomotors i les variables
 Servo colze;                               posició del servomotor (pos) i els missatges
 Servo espatlla;                            de l'aplicació (app).
 Servo base;
 int pos = 0;
 int app;

 void setup() {
  plat.attach(4);                           //marca a quin pin de la placa està connectat
  colze.attach(11);                         cada servomotor.
  espatlla.attach(10);
  base.attach (12);
  Serial.begin (9600);                      //encén el mòdul bluetooth.

  for (pos = 0; pos <= 1; pos += 1) {       //col·loca el braç en la posició inicial.
    colze.write(pos);
    delay(50);}
  for (pos = 121; pos >= 120; pos -= 1) {
    espatlla.write(pos);
    delay(50);}
  for (pos = 51; pos >= 50; pos -= 1) {
    base.write(pos);
    delay(50);}
  for (pos = 120; pos >= 100; pos -= 1) {   //aquests moviments només els fa al
    espatlla.write(pos);                    principi (quan es dóna electricitat al braç o
    delay(50);}                             es reinicia).
  for (pos = 0; pos <= 30; pos += 1) {
    colze.write (pos);
    delay (50);}
  for (pos = 100; pos <= 120; pos += 1) {
    espatlla.write(pos);
    delay(50);}
}

 void loop() {                              //CANVI D'ESTATS (menjar, beure o
                                            parar)
  if (Serial.available() > 0) {
    app = Serial.read ();}                  //identifica els missatges de l'aplicació
                                            (app) que rep el mòdul bluetooth.
  if (app == '1') {                         //si rep un '1', el braç dona menjar.
    menjar;}

  if (app == '2') {                         //si rep un '2', el braç dona beguda.
    beure();}
```

```
  if (app == '3') {                          //si rep un '3', el braç es para.
    parar();}
}

 void menjar() {                             //RECORREGUT QUE FA PER
  for (pos = 120; pos <= 130; pos += 1) {    DONAR MENJAR
    espatlla.write (pos);
    delay (50);}
 espatlla.write (150);                       //agafa el menjar del plat
 colze.write (90);
 delay (500);
  for (pos = 90; pos <= 107; pos += 1) {
    colze.write (pos);
    delay (50);}
  for (pos = 50; pos >= 10; pos -= 1) {      //la base gira i el dirigeix a la boca de
    base.write (pos);                        l'usuari.
    delay (50);}

  base.detach();                             //espera 5 segons perquè l'usuari tingui
  delay (5000);                              temps d'agafar el menjar amb la boca.

  plat.attach(4);                            //el plat gira ¼ de volta per tal que la cullera
  plat.write (180);                          no agafi sempre el menjar pel mateix lloc.
  delay (400);
  plat.write (90);
  plat.detach();
  base.attach (12);

  for (pos = 10; pos <= 50; pos += 1) {      //el braç robòtic torna cap al plat.
    base.write (pos);
    delay (50);}
  for (pos = 150; pos >= 131; pos -= 1) {
    espatlla.write (pos);
    delay (50);}
  for (pos = 107; pos >= 80; pos -= 1) {
    colze.write (pos);
    delay (50);}
  for (pos = 131; pos >= 121; pos -= 1) {
    espatlla.write (pos);
    delay (50);}
  for (pos = 80; pos >= 60; pos -= 1) {
    colze.write (pos);
    delay (50);}
  for (pos = 121; pos >= 120; pos -= 1) {
    espatlla.write (pos);
    delay (50);}
  for (pos = 60; pos >= 30; pos -= 1) {
    colze.write (pos);
    delay (50);}}
```

```
  void beure() {                          //RECORREGUT QUE FA PER
  for (pos = 30; pos <= 50; pos += 1) {   DONAR BEGUDA
    colze.write(pos);
    delay(50);}
  for (pos = 50; pos <= 160; pos += 1) {  //el braç robòtic es posa d'esquenes a
    base.write (pos);                     l'usuari.
    delay (50);}
  for (pos = 125; pos >= 70; pos -= 1) {  //s'inclina cap enrere per tal que la palleta
    espatlla.write(pos);                  quedi a l'altura de la boca.
    delay(50);}

  base.detach();                          //espera 5 segons perquè la persona pugui
  delay (5000);                           beure xuclant pel tub.
  base.attach (12);

  espatlla.write(100);                    //el braç torna cap al plat
  for (pos = 100; pos <= 120; pos += 1) {
    espatlla.write(pos);
    delay(50);}
  for (pos = 160; pos >= 50; pos -= 1) {
    base.write(pos);
    delay(50);}
  for (pos = 50; pos >= 30; pos -= 1) {
    colze.write(pos);
    delay(50);}
}

 void parar() {                           //RECORREGUT QUE FA PER PARAR
  base.detach();                          //la base es desconnecta perquè el robot no
                                          roti més.
  for (pos = 121; pos >= 100; pos -= 1) {  //torna el braç a la posició d'inici.
    espatlla.write(pos);
    delay(50);}
  for (pos = 30; pos >= 0; pos -= 1) {
    colze.write(pos);
    delay(50);}
  colze.detach();                         //desconnecta el servomotor colze.

  for (pos = 100; pos <= 120; pos += 1) {
    espatlla.write(pos);
    delay(50);}
  espatlla.detach();                      //desconnecta el servomotor espatlla.
}
```

5.4. COST DEL PROJECTE

Durant tot el projecte he tingut com a objectiu fer el braç robòtic el més econòmic possible. Per això, vaig comprar el material electrònic per internet, he comparat preus contínuament i he intentat estalviar tot el possible en el procés de muntatge, utilitzant material que ja tenia, en comptes de comprar-ne de nou. Per aquesta raó el cost final és molt personal i flexible ja que no tothom ha de comprar el mateix, però serveix per fer-se una idea de tot el que he fet servir per realitzar el meu projecte de final de Batxillerat.

La part del braç que més apujava el pressupost en un principi era l'estructura, però com que vaig decidir imprimir-la en 3D i a sobre no vaig haver d'anar a cap empresa que em cobraria molt, ha rebaixat el preu del meu braç.

El cost final ha estat de **58,39€** i a la següent taula (figura 33) apareix tot el material utilitzat, amb les seves característiques, el lloc on l'he aconseguit i els respectius preus.

	nº	**MATERIAL**	**Característiques**	**"EMPRESA"**	**PREU**
electrònica	1	Arduino	mega 2560	Prometec	12,30 €
	1	Bluetooth	HC-06	Prometec	5,90 €
	1	Protoboard	830 contactes	Leantec	3,75 €
	40	Cables	mascle - mascle	Leantec	3,19 €
	3	Servomotors	SM-S4303R	Ebay	25,05 €
	3	Servomotors	Hitec HS-422	*Jordi Bosch*	0,00 €
construcció	1	Vareta roscada acer	Ø3mm	Aki	0,75 €
	1	Vareta roscada	Ø6mm	-	0,00 €
	1	Paquet rosques	Ø3mm	Aki	1,65 €
	1	Paquet volanderes	Ø3mm	Aki	1,45 €
	1	Paquet volanderes	Ø6mm	-	0,00 €
	1	Spray graffiti	Blanc	WE Home Market	1,95 €
		Barra de silicona		WE Home Market	0,90 €
		Bloc poliuretà	50x33cm	*Colla Els Descarrilats*	0,00 €
		Estructura braç robòtic	Impressió 3D	*Escola Els Estanys*	0,00 €
altres	1	Plat de plàstic	Ø22cm	WE Home Market	1,20 €
	1	Cullera especial		-	0,00 €
	1	Got	Confitura Hero	-	0,00 €
	1	Tub PVC	Ø4mm	Cateura	0,30 €
	TOTAL				**58,39 €**

Figura 33. TAULA: *Cost final del projecte.*

5.5. RESULTATS I FUTURES MILLORES

Els resultats han estat molt positius, ja que s'ha aconseguit que el braç robòtic doni menjar i beure. És clar que és un prototip casolà i no és prou precís ni té els sistemes de seguretat que hauria de tenir un projecte real d'aquest tipus. En el cas d'un braç robòtic per donar menjar, sobretot s'ha de tenir molta cura amb els moviments per tal que no siguin bruscos, ja que són molt propers a la cara.

Tot i estar molt content amb el resultat, també tinc present que amb més temps, coneixement i/o mitjans podria ser encara millor, ja que existeixen alguns defectes com aquests que es podrien millorar:

- El codi està adaptat a la meva estatura (1.78 m) i si una altra persona vol fer servir el braç robòtic no en podrà fer ús amb total comoditat. Una possible solució a aquest problema seria que des de l'aplicació es pogués introduir l'alçada de la persona. De manera que el codi rebés la informació i adaptés l'altura que ha de pujar o baixar el braç quan acosta la cullera o el tub a la boca de l'individu.
- Un altre inconvenient és que a l'extrem té una cullera i només pot donar menjars que siguin: de cullera, és a dir, arròs, cuscús, llenties, etc.; triturat o tallats en petit; o menjars relativament líquids (crema de verdures, purés, etc.). L'ideal seria poder canviar la cullera per una forquilla depenent del menjar, però la forquilla complica molt el projecte. Es necessitarien càmeres que primer detectessin la posició de l'aliment. Segon, que enviessin les imatges al programa i aquest calculés les coordenades. I per últim, el robot hauria d'anar a punxar a aquella posició indicada.
- L'últim defecte que m'he trobat al acabar el projecte és que sempre ha d'estar connectat a un ordinador per funcionar i això es podria arreglar incorporant una bateria exterior que alimentés el dispositiu.

No tots són defectes sinó que també tinc algunes idees que el perfeccionarien fent alguns canvis com per exemple:

- L'aplicació mòbil, ja que en un principi la idea original era que pogués funcionar amb comandaments de veu i amb botons com actualment (dues opcions alhora), ja que depèn molt de la situació del pacient. Si la mobilitat de l'usuari és molt reduïda potser és millor controlar-la amb la veu, o si la malaltia li ha afectat a la parla potser és millor controlar-la amb els botons. Poder canviar de sistema en funció de les

necessitats del pacient era la millor opció però el problema va estar en que al treballar amb *AppInventor* hi ha algunes coses que no les permet fer: vaig aconseguir fer la *app* de manera que detectava la veu i segons la paraula que es deia feia un moviment o un altre (igual amb els botons), però donava tants errors que la idea causava més problemes que avantatges.

6. CONCLUSIONS

En general estic satisfet del meu treball de recerca per que he après molt en àmbits de la programació i la robòtica, però també a nivell personal, aprenent a treballar de manera autònoma i iniciativa.

He après a utilitzar programes que no havia fet servir mai com *SketchUp*, *Snap4Arduino*, *Arduino* i he treballat funcionalitats que no coneixia del creador d'aplicacions *AppInventor*.

L'esforç i la dedicació aplicats també m'ha fet madurar a nivell personal, ja que he hagut de controlar els nervis i tenir paciència, perquè la programació necessita molta dedicació, repetició i temps. He hagut de comprar coses per internet, un mercat al que no estava acostumat i l'he trobat molt pràctic i eficaç, però també he après que no tot arriba a la data prevista i que has de disposar d'un ampli marge de temps. També he hagut de contactar amb professionals per demanar ajuda (com en el cas de la impressió 3D) i m'he hagut de responsabilitzar d'aconseguir acabar el projecte a temps.

Per acabar, he aconseguit desenvolupar el projecte per només 60€, per tant he aconseguit realitzar-lo sense superar el pressupost màxim establert com a objectiu de 100€.

7. BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

CABALLERO, D.; HESSE, R.; FIGUERAS, A. *Taller de robots de rescat. Ardubot.* Girona: Escola Politècnica Superior UdG, 2010, 1a ed.
http://placarduino.weebly.com/r-o-b-o-t.html

REYES, F.; CID, J. *Arduino. Aplicaciones en Robótica, Mecatrónica e Ingenierías*. México: Alfaomega Grupo Editor, 2015, 1a ed.

SANCHEZ, F.J. "Fundamentación teórica". A: *La Utilización de Robots para Mitigar la Soledad en las Personas Mayores.* València: TFM Universitat de València, 2013.
http://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/36972/TFM%20MASSDE%20FJSS.pdf?sequence=1

http://emergenciasenriotinto.blogspot.com.es/2011/02/tema-64-aplicaciones-tecnologicas-de.html

http://medicablogs.diariomedico.com/samfrado/rehabilitacion-asistida-por-robots-robotica-asistencial-y-ayudas-tecnicas-roboticas/

http://periodico.sena.edu.co/productividad/noticia.php?t=robot-asistencial-para-personas-con-limitaciones&i=1142

http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/robotica/2296-desarrollan-en-el-ipn-robot-guia-para-invidentes

http://www.tecnotopia.com.mx/robotica.htm

https://forum.arduino.cc/

https://www.youtube.com/