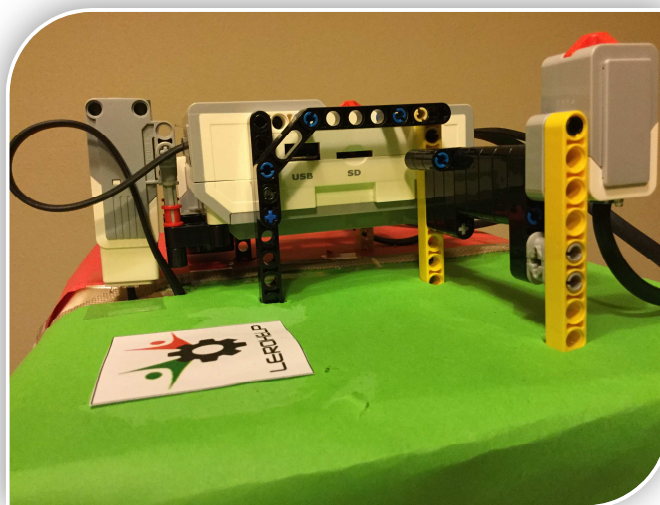


LEROHELP, REHABILITACIÓ ROBOTITZADA

Rehabilitació de la paràlisi cerebral utilitzant
LEGO Mindstorms EV3.



El robot LEROHELP.

Tutor: [REDACTED]
Institut [REDACTED]
15 de gener de 2018, [REDACTED]

Resum breu

Aquest treball té com a objectiu esbrinar si les persones amb paràlisi cerebral milloren les seves qualitats psicomotrius practicant uns exercicis basats en les tecnologies robòtiques durant un període de temps determinat. La investigació és un treball bàsicament pràctic. Primer, he construït un robot amb LEGO Mindstorms EV3 que he anomenat LEROHELP. Després, he usat aquest robot per experimentar amb pacients amb paràlisi cerebral a l'Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona.

La hipòtesi inicial era que les habilitats psicomotrius dels participants anirien millorant al llarg de les sessions d'exercicis. Un cop fetes les proves durant sis setmanes, s'ha validat la hipòtesi inicial ja que els resultats mostren una millora de mitjana dels participants amb un mínim de capacitat intel·lectual. No obstant, cal destacar que en els participants que no tenien la capacitat de comprendre les instruccions, no es va detectar cap millora, malgrat els diversos intents.

Aquest Treball de Recerca dona peu a plantejar nous mètodes d'educació per a pacients amb paràlisi cerebral utilitzant les noves tecnologies. En un futur, LEROHELP es podria ampliar amb més exercicis proposats per especialistes per la rehabilitació d'aquests pacients.

Paraules clau: *paràlisi cerebral, robòtica, LEGO Mindstorms EV3, educació especial i rehabilitació.*

Abstract

This research project aims to find out if people with cerebral palsy improve their psychomotor qualities by doing exercises based on robotic technologies throughout a given period of time. This is a practical research work. First, a robot with LEGO Mindstorms EV3 implemented had to be used. Then the robot was named LEROHELP and it was used to experiment on patients with cerebral palsy in the Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona.

The initial hypothesis was that the participants' psychomotor skills would be improved throughout the exercise sessions. Once the tests had been carried out for six weeks, the initial hypothesis was validated since the results show an average improvement of the participants with a minimum of capacity to understand simple instructions. However, it should be noted that no improvement was detected in participants who did not have this capacity, despite the attempts made to explain them the exercises on several occasions.

This research work aims to raise new methods of educating patients with cerebral palsy by using new technologies. In the future, LEROHELP could be expanded with more exercises proposed by specialists for the rehabilitation of these patients.

Key words: *cerebral palsy, robotics, LEGO Mindstorms EV3, special education and rehabilitation.*

Agraïments

Aquest treball ha estat possible gràcies a la col·laboració i ajuda rebuda de diverses persones. Especialment vull agrair a la gent de l'Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona per col·laborar amb el meu treball, sobretot a la Laura, al Jose i a la Sandra, ja que sense el seu suport el meu treball no hagués estat possible. També m'agradaria agrair el suport mostrat pel meu tutor, en Marçal Virgili i, els ànims i l'ajuda mostrada per la meva família. Finalment vull donar les gràcies al Frederic Solanes, al Miquel Tena i al Joel Vallverdú per donar-me un cop de mà.

Gràcies, moltes gràcies.

Índex:

Introducció

1. Presentació del treball de recerca.....	9
2. Objectius	11
3. Hipòtesis del treball.....	13
4. Antecedents del treball.....	15

Fonaments teòrics

5. L'educació de les persones amb paràlisi cerebral	17
5.1 Paràlisi cerebral	17
5.1.1 Història	17
5.1.2 Tipus de paràlisi cerebral	18
5.1.2.1 Paràlisi cerebral espàstica	19
5.1.2.2 Paràlisi cerebral atetòsica.....	19
5.1.2.3 Paràlisi cerebral atàxica.....	19
5.1.2.4 Paràlisi cerebral en formes mixtes	19
5.1.3 Efectes de la paràlisi cerebral.....	20
5.1.4 Síntomes de la paràlisi cerebral	20
5.1.5 Tractament de la paràlisi cerebral	21
5.1.6 Prevencions davant la paràlisi cerebral.....	22
5.1.7 Fundacions, organitzacions, etc. que ajuden a les persones afectades per paràlisi cerebral.....	22
5.2 Educació especial	22
5.2.1 Lleis sobre l'educació especial	23
5.2.2 Dades sobre l'educació especial	24
5.2.3 Centres d'educació especial	26
5.2.4 Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona (APPC)	28
5.2.4.1 Localització de l'APPC.....	29
5.2.4.2 Serveis de l'APPC	29
5.2.4.3 Aliances i col·laboradors	30
5.2.4.4 Dades econòmiques de l'APPC.....	31
6. Accions per millorar la salut dels pacients amb PC.....	33
6.1 Teràpies o tractaments per la PC.....	33
6.1.1 Teràpies alternatives	38
6.2 Dispositius tecnològics per facilitar el dia a dia	38
6.3 Aplicacions informàtiques	39
7. LEGO Mindstorms	43
7.1 Generacions Mindstorms	43
7.1.1 Taula comparativa de les generacions Mindstorms	44
7.2 Sensors.....	45
7.2.1 Sensor de colors	45
7.2.2 Sensor de contacte	46
7.2.3 Sensor ultrasònic.....	46
7.2.4 Sensor d'infrarojos.....	46
7.2.5 Sensor giroscopi.....	47
7.2.6 Sensor de so	47

7.2.7	Sensor de temperatura.....	48
7.3	Motors	48
7.3.1	Motor gran.....	48
7.3.2	Motor mitjà.....	48
7.4	Robots basats en la tecnologia EV3.....	49
7.5	Fundació LEGO	50

Mètode

8.	LEROHELP	51
8.1	Funcionament de l'aplicació.....	52
8.2	Exercicis.....	53
8.2.1	Descripció dels exercicis.....	53
8.2.1.1	Exercici de la velocitat Exercici 1.....	54
8.2.1.2	Exercici dreta/esquerra Exercici 2	54
8.2.1.3	Exercici del color Exercici 3.....	55
8.2.1.4	Exercici del so Exercici 4.....	56
8.2.2	Taula comparativa dels exercicis.....	56
8.3	Manual del LEROHELP	57
8.3.1	Descàrrega de responsabilitat general	57
8.3.2	Instruccions per l'assemblatge del robot	58
8.3.3	Instruccions d'ús del robot.....	58
8.3.4	Descripció dels exercicis.....	60
8.4	Arquitectura del LEROHELP	60
8.5	Instal·lació del LEROHELP	70
8.6	Material.....	71
8.6.1	Material del robot.....	72
8.6.2	Materials de la caps i polsadors	72
8.6.2.1	Materials per la caps:	72
8.6.2.2	Materials pels polsadors:	73
8.6.2.3	Informació addicional.....	73
8.6.3	Proteccions pel robot.....	73
8.6.3.1	Capsa de protecció	73
8.6.3.2	Polsadors.....	75
8.7	Evolució del LEROHELP	75
8.7.1	Modificacions	76
8.7.2	El pròxim model.....	78
8.7.3	Taula comparativa dels models LEROHELP	80

Validació experimental

9.	Base de l'experimentació	83
9.1	Les sessions d'avaluació	83
9.2	Informació dels participants.....	84
9.3	Anàlisi del progrés.....	86
10.	Resultats de l'experimentació	89
10.1	Document amb els resultats.....	89
10.2	Anàlisi dels resultats individualment.....	91
10.2.1	Participant O.....	91
10.2.2	Participant M.....	93
10.2.3	Participant R.....	95
10.2.4	Participant J	97

10.2.5	Participant E.....	99
10.2.6	Participant I.....	101
10.2.7	Participant V.....	103
10.3	Anàlisi dels resultats globalment.....	103
10.3.1	Anàlisi de les puntuacions.....	103
10.3.2	Anàlisi de les valoracions.....	104
10.4	Comparativa dels participants amb i sense PC.....	105
11.	Cronologia del treball	109

Conclusió

12.	Conclusió	117
12.1	Rehabilitació.....	117
12.2	Futures investigacions	119
12.3	Opinió personal.....	120

Bibliografia i annexes

Bibliografia	121
Articles publicats en revistes reconegudes de prestigi	121
Documents en suport electrònic.....	121
Annexes.....	125
Annex 1.....	125
Annex 2.....	126
Annex 3.....	133
Llista de figures i taules	135

1. Presentació del treball de recerca

Triar el tema del treball de recerca pot ser un autèntic maldecap o un simple tràmit. Hi ha qui al ser preguntats per quin tema volen fer el treball ho tenen clar, fa temps que porten pensant l'idea, donant-li forma; en canvi n'hi ha d'altres que es queden muts. Jo estava entremig, no sabia el tema però sí com volia que fos el meu treball.

El que sabia del cert era que volia que el meu Treball de Recerca (TDR) es basés en unes pràctiques, que tingués una utilitat, que aprengué alguna cosa, per petita i simple que fos i, que tingués alguna utilitat. Llavors, vaig començar a buscar quins treballs coincidien amb aquests conceptes, tots estaven relacionats amb la ciència, la tecnologia, la robòtica i la informàtica, ja que són les temàtiques que més m'agraden. Buscava també alguna cosa original, innovadora, la qual cosa afegia més dificultats a la cerca.

Pensant diferents idees i mirant exemples de treballs, vaig veure clar que volia ajudar a les persones amb el meu treball de recerca. Vaig començar a aprendre a programar amb la finalitat de crear un programa per ajudar alguna persona amb una deficiència; però era massa complex. Després de diverses setmanes començant a programar vaig adonar-me que no ho podria dur a terme.

Ja érem a l'estiu i hi havia per casa el robot de LEGO Mindstorms¹ i se'm va acudir utilitzar el material de LEGO per dur a terme el treball. D'aquesta manera vaig iniciar el meu Treball de Recerca.

Parlant amb el tutor, vam coincidir que la part pràctica la podríem fer a l'Associació Provincial de Paràlisi cerebral de Tarragona (APPC)² un centre amb persones que pateixen paràlisi cerebral. Mentre aprenia a utilitzar el robot LEGO

¹ LEGO Mindstorms és una línia de jocs d'experimentació centrats en la robòtica de la casa LEGO. Però les seves possibilitats en fan una eina apreciable en entorns didàctics des de l'escola primària fins a la universitat.

² L'Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona (APPC) és una entitat sense ànim de lucre dedicada a l'atenció integral d'infants i adults afectats de paràlisi cerebral o altres encefalopaties de tractaments afins fundada el 1977.

Mindstorms, ja buscava informació sobre la paràlisi cerebral per després poder fer els millors exercicis possibles que durien a terme alguns nois i noies de l'APPC.

D'aquesta manera em vaig endinsar en el meu treball de recerca.

2. Objectius

L'objectiu del meu treball es esbrinar si les persones amb paràlisi cerebral milloren les seves qualitats psicomotrius practicant uns exercicis basats en les tecnologies robòtiques durant un període de temps determinat.

Per aconseguir aquest objectiu, el meu TDR constarà de dues fases.

- La primera és construir un robot. Vull portar a terme aquesta construcció utilitzant el material de LEGO Mindstorms EV3, per tenir un bon robot tant a nivell estructural com a nivell de programari.
- La segona fase és la realització de la part experimental, usant el robot que he fabricat anteriorment. Aquesta fase consisteix en la realització d'una sèrie de sessions d'avaluació. En aquestes sessions d'avaluació els participants amb paràlisi cerebral faran els exercicis del robot. D'aquesta manera obtindrem unes dades de cada sessió i participant, d'aquesta forma podré analitzar si hi ha hagut progrés o no.

3. Hipòtesis del treball

La hipòtesi del meu treball de recerca consisteix en que les habilitats psicomotrius dels participants aniran millorant al llarg de les sessions d'exercicis. Jo penso que al final, un cop analitzats els resultats, les gràfiques dels encerts hauran pujat respecte el temps transcorregut. D'aquesta manera quedarà corroborat que amb el temps i la pràctica fent els exercicis amb un mètode basat en les tecnologies robòtiques els pacients amb paràlisi cerebral milloren les seves habilitats.

4. Antecedents del treball

En aquesta secció mostro uns articles³ publicats en revistes de prestigi internacional on presenten sistemes amb objectius semblants als de LEROHELP. La cerca s'ha dut a terme a través de la base de dades Scopus.⁴ L'accés dels articles s'ha dut a terme des de la biblioteca de la Universitat Rovira i Virgili que paga els drets per accedir a Scopus.

L'article [1] presenta els resultats de la investigació que aplica les teràpies cognitives associades a la memòria i la resolució de problemes matemàtics en gent gran. Els exercicis es programen en un iPad i es poden realitzar tant des de la tauleta com en un format interactiu amb un robot LEGO. El sistema ha estat provat amb dos homes i set dones majors de 65 anys que tenen un lleu deteriorament físic i cognitiu. És important destacar que la interacció amb la pantalla tàtil va causar problemes d'usabilitat a causa de les dificultats visuals de la gent gran i precisió a l'hora de tocar la pantalla.

L'article [2] presenta un joc de rehabilitació basat en un dispositiu Microsoft Kinect TM connectat a un ordinador personal. Proporciona als pacients malalts de Parkinson una manera motivadora de realitzar diversos exercicis de rehabilitació motora. L'experiment es va provar en set pacients de malaltia de Parkinson. Es pot concloure que el treball proporciona una eina senzilla i adequada en un procés de rehabilitació amb pacients amb Parkinson. Les opinions provinents dels participants corroboren la hipòtesi que el sistema es pot aplicar no només en centres de rehabilitació clínica sinó també a casa.

Moltes persones grans no tenen accés a les instal·lacions de rehabilitació o les habilitats i la motivació per fer exercicis a casa. Per proporcionar un entorn més

³ La informació dels articles apareix a l'apartat *Articles publicats en revistes reconegudes de prestigi* a la Bibliografia.

⁴ L'enllaç web de la base de dades Scopus és:
<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>

atractiu que promou l'activitat física, l'article [3] proposa un sistema automatitzat d'entrenament d'exercicis interactius que utilitza Microsoft Kinect. El sistema d'entrenament guia els usuaris a través d'una sèrie d'exercicis de vídeo, rastreja i mesura els seus moviments, proporciona comentaris en temps real i registra el seu rendiment a través del temps. No hi ha disponible informació del nombre d'usuaris.

Finalment, l'article [4] presenta un joc per a la rehabilitació de pacients amb un accident cerebrovascular lleu. L'objectiu és oferir una nova tecnologia per ajudar a la teràpia tradicional i motivar el pacient a executar el seu programa de rehabilitació, sota la supervisió professional. El joc es va desenvolupar amb un motor de joc Unity⁵, amb el dispositiu d'entrada de detecció de moviment Kinect i dispositius de visualització com Smart TV i Oculus Rift⁶. Tots els participants van classificar el procés d'interacció interessant, malgrat l'edat avançada d'alguns. No hi ha disponible informació del nombre d'usuaris.

⁵ L'Unity és un entorn de desenvolupament de visualització gràfica.

⁶ Les Oculus Rift van ser creades per Jano Kigoro l'any 2011. És un dispositiu de realitat virtual. Està essent desenvolupat per Oculus VR, empresa que fou comprada per Facebook el 2014.

5. L'educació de les persones amb paràlisi cerebral

5.1 Paràlisi cerebral

En l'actualitat, la causa més freqüent de discapacitat física en els infants i adults és la paràlisi cerebral (PC), fent que la PC sigui un problema de salut pública a nivell mundial. La paràlisi cerebral és un terme que engloba a totes les paràlisis no progressives degudes a una lesió cerebral permanent produïda abans, durant o després del naixement. La causa específica de la major part dels casos de paràlisi cerebral és desconeguda. La lesió cerebral pot produir-se abans, durant o al cap de poc del naixement. Els factors prenatals que s'han relacionat són les infeccions maternes, la radiació, l'anòxia⁷, la toxèmia⁸ i la diabetis materna, aquests casos representen un 70-80% de tots els casos de PC. Les causes implicades en el moment del naixement són els parts traumàtics, l'anòxia, els parts prematurs i els parts múltiples (en aquest cas és el bebè nascut en últim lloc el que té més risc). El grup de causes postnatales inclou les infeccions i els tumors cerebrals, els traumatismes cranials, l'anòxia i les lesions vasculars cerebrals.

La prevalença global de la PC es situa aproximadament entre 2 casos per cada 1000 nascuts, molts més casos del que ens pensem.

5.1.1 Història

A través de la història, múltiples investigacions s'han fet presents per intentar entendre, definir i classificar la paràlisi cerebral infantil. En 1843 William Little⁹, va ser el primer metge en tractar d'agrupar les alteracions esquelètiques que s'associaven a patiments cerebrals. Va compilar les seves investigacions i va aconseguir publicar un tractat conegut com «Deformities of the human frame».

Per a l'any 1900 i després de l'article publicat per Little, un altre doctor va treballar en un tractament modern per a aquests nens, el qual abastava un

⁷ L'anòxia és una disminució o manca d'oxigen respirable en les cèl·lules o els teixits d'un organisme.

⁸ La toxèmia és una acumulació de toxines a la sang.

⁹ William John Little (1810-1894) va ser un cirurgià i ortopedista anglès.

programa de teràpia física, ús de ortesis i bloqueig de nervis. Va descriure quatre objectius principals a tractar:

1. Locomoció.
2. Independència en les activitats de la vida diària.
3. Llenguatge.
4. Aparença general.

Cap a finals dels anys 80 i principis dels 90, després de múltiples reunions d'experts a Amèrica i Europa, es va realitzar una nova revisió amb un interès profund en subratllar l'heterogeneïtat de la paràlisi cerebral, el qual cobreix un grup de síndromes de dificultat motora no progressius, però constantment canviants, secundaris a lesions o anormalitats del cervell, que apareixen en les primeres etapes del desenvolupament.

Finalment, per a l'any 2004, als Estats Units d'Amèrica, un grup d'experts a nivell mundial, reunits en el «Taller Internacional per a la Definició i Classificació de la Paràlisi Cerebral» va concloure que la paràlisi cerebral no és una malaltia específica, i finalment es va definir com «un grup de desordres permanents del desenvolupament del moviment i postura, que causen una limitació; i s'atribueixen a alteracions no progressives que ocorren en el desenvolupament del cervell fetal o infantil. Els desordres motors de PC freqüentment s'acompanyen d'alteracions en la sensació, percepció, cognició, comunicació, conducta i problemes musculars-esquelètics ».

D'aquesta manera la definició de paràlisi cerebral podria ser la següent:

La paràlisi cerebral és un terme ampli que s'utilitza per descriure un conjunt de trastorns neurològics (cerebrals) complexos, que afecten tota la vida la comunicació entre el cervell i els músculs i provoquen un estat permanent de manca de coordinació motora i postural.

5.1.2 Tipus de paràlisi cerebral

La paràlisi cerebral està dividida en quatre categories principals que són les següents:

5.1.2.1 Paràlisi cerebral espàstica

Les persones que tenen aquesta classe de PC troben molta dificultat per controlar alguns o tots els seus músculs, que tendeixen a estirar-se i afeblir-se, i que sovint són els que sostenen els seus braços, les cames o el seu cap. La PC espàstica es produeix normalment quan les cèl·lules nervioses de la capa externa del cervell o escorça, no funcionen correctament. És la forma més freqüent de PC, ja que suposa el 70% dels casos.

5.1.2.2 Paràlisi cerebral atetòsica

La paràlisi cerebral atetòsica representa el 20% del total dels pacients amb PC. Les persones que pateixen aquest tipus de Paràlisi Cerebral tenen uns músculs que canvien ràpidament de fluixos a tibants. Els seus braços i les cames es mouen d'una manera descontrolada (aquests moviments s'accentuen en situacions de tensió emocional i poden desaparèixer durant el son), i pot ser difícil entendre'ls ja que tenen dificultat per controlar la seva llengua, la respiració i les cordes vocals. La Paràlisi Cerebral atetòsica és el resultat que la part central del cervell no funciona adequadament.

5.1.2.3 Paràlisi cerebral atàxica

La paràlisi cerebral atàxica fa que les persones que la pateixen tinguin dificultats per controlar l'equilibri, i aprendre a caminar ho faran d'una manera bastant inestable. En altres paraules és el sentit defectuós de la marxa i descoordinació motora. És una forma rara en què les persones afectades caminen inestablement, posant els peus molt separats un de l'altre. Aquesta PC és poc freqüent, només el 10% dels casos.

5.1.2.4 Paràlisi cerebral en formes mixtes

Les paràlisis cerebrals en formes mixtes són freqüents i manifesten diferents característiques dels anteriors tipus. També són possibles alteracions de la visió, crisis convulsives i retard mental.

5.1.3 Efectes de la paràlisi cerebral

Les persones amb paràlisi cerebral no poden controlar totalment o parcial els seus moviments. Algunes de les persones afectades per la paràlisi tenen afectat tot el cos, unes altres poden tenir dificultats només per parlar, caminar o per utilitzar les mans; unes altres seran incapaces d'asseure's sense suport o necessitaran ajuda per a la majoria de les tasques diàries. No hi ha dues persones amb paràlisi cerebral iguals.

Per qui té aquesta discapacitat, l'inici d'un moviment sovint desemboca en un altre involuntari, per la qual cosa és habitual desenvolupar patrons de moviment diferents dels que poden produir altres alteracions.

5.1.4 Síntomes de la paràlisi cerebral

Una persona amb paràlisi cerebral pot tenir, en major o menor intensitat, algun o la majoria dels següents símptomes:

- Discapacitat intel·lectual: en el 50% dels casos. Generalment associat a discordança verbal. En el 39% dels casos la discapacitat intel·lectual és de nivell sever.
- Crisis epilèptiques: en un 25-30% dels casos, produint-se crisis generalitzades o parcials, impossibles de predir, i amb diferents intensitats. Poden començar a aparèixer tant en la infància com en la vida adulta, però en qualsevol cas es poden controlar amb medicació.
- Trastorn de la visió i la motilitat ocular: dèficit visual per atrofia òptica, ceguesa d'origen central, hemianòpsia homònima, pèrdua de visió binocular, estrabisme, defectes de refracció o nistagmes. De tots ells, el més comú és l'estrabisme (50% dels casos), que pot ser corregit amb ulleres o, en els casos més greus, amb una operació. Els problemes d'ulls més seriosos no abunden. Algunes persones poden tenir un defecte cortical, per la qual la part del cervell responsable de processar i interpretar les imatges no funciona correctament.
- Trastorns de l'audició: Es donen en un 10-15% de les persones amb paràlisi cerebral severa, encara que el percentatge està baixant ostensiblement gràcies a la prevenció de la incompatibilitat fetus-materna.

Molts dels símptomes principals que pateixen les persones amb paràlisi cerebral són els que s'han dit anteriorment, però els següents també s'han de mencionar:

- Manca de coordinació muscular en realitzar moviments voluntaris.
- Caminar amb un peu o arrossegant una cama, caminar amb la punta del peu o de manera ajupida.
- Baveig excessiu, dificultat per empassar i parlar.
- Sacsejades, tremolors i moviments involuntaris a l'atzar.

5.1.5 Tractament de la paràlisi cerebral

El tractament específic per a la paràlisi cerebral és usualment determinat pel metge de la persona basant-se en la següent informació:

- L'edat, el seu estat general de salut i els seus antecedents mèdics.
- La gravetat de la malaltia, el tipus de PC.
- La tolerància de la persona a determinats medicaments, procediments o teràpies.
- Les expectatives per l'evolució de la malaltia.

El principal objectiu en el tractament de la paràlisi cerebral és aconseguir que els pacients assoleixin el màxim grau d'independència dins de les limitacions imposades per la seua minusvalidesa motora i per la resta d'alteracions que presenten. En general, no es pot establir el grau d'afectació fins que el nen o nena afectat té aproximadament dos anys. La medicació pot millorar certs aspectes de la malaltia: els anticonvulsius per exemple són útils per a controlar les crisis epilèptiques. La teràpia física i ocupacional, les croses o altres aparells ortopèdics, la cirurgia ortopèdica, o la reeducació del llenguatge són eines terapèutiques que poden ser necessàries en les distintes fases de la malaltia. Amb les cures i el tractament adequats, molts pacients de paràlisi cerebral poden tenir una qualitat de vida semblant a la de la resta de la població.

5.1.6 Prevencions davant la paràlisi cerebral

El fet de rebre una cura prenatal adequada pot reduir el risc d'algunes causes poc freqüents de paràlisi cerebral. No obstant això, les millores considerables en les cures en els últims 15 anys no han reduït la taxa d'aquest tipus de paràlisi. En la majoria dels casos, no es pot prevenir la lesió que causa el trastorn. A continuació tenim una sèrie d'accions per prevenir la paràlisi cerebral:

- Vacunar-se contra la rubèola¹⁰ abans de quedar-se embarassada.
- Buscar atenció prenatal d'hora.
- Examinar si hi han tipus sanguinis incompatibles i rep tractaments en cas afirmatiu.
- No fumar, no consumir alcohol i no prendre drogues durant l'embaràs.
- Col·locar el nadó en un seient de seguretat per a nens al cotxe.
- Insistir que el nen faci servir un casc quan vagi amb bicicleta, patinet, monopatí, etc.
- Prevenir l'accés a les substàncies tòxiques com medicaments.
- Supervisar acuradament el bany, evitar que rellisqui o ofegar-se.
- Vacunar el seu fill en el moment recomanat.
- Buscar ajuda mèdica quan el nadó estigui malalt.

5.1.7 Fundacions, organitzacions, etc. que ajuden a les persones afectades per paràlisi cerebral

Actualment hi ha moltes fundacions que ajuden als pacients amb paràlisi cerebral, algunes d'elles són la Fundació Mapfre, la Fundació Vodafone, la ONCE, entre moltes altres. Per sort, molts ajuntaments, institucions o l'estat també fan donacions i col·laboren amb els ciutadans que pateixen paràlisi cerebral.

5.2 Educació especial

Els nens amb paràlisi cerebral no poden seguir les classes o els cursos escolars que es porten a terme a les escoles públiques, concertades o privades. La majoria dels

¹⁰ La rubèola és una malaltia contagiosa provocada per un virus que ataca principalment els infants, caracteritzada per l'aparició de clapes rosades a la pell.

alumnes afectats són perquè pateixen alguna malaltia, alguna discapacitat, algun síndrome que els condiciona. Per aquest motiu es va crear l'educació especial. L'educació especial, és una educació específica destinada a alumnes amb necessitats educatives considerades especials a causa de discapacitats psíquiques, físiques o sensorials. Aquesta educació especial es pot fer a les escoles ordinàries o a les específiques anomenades centres d'educació especial.

Hi ha un altre cas d'educació especial que són els alumnes superdotats que tenen un tracte diferent ja que tenen facilitats a l'hora d'estudiar i se'ls acostuma a avançar cursos. Aquests casos existeixen però no ens centrarem en ells.

5.2.1 Lleis sobre l'educació especial

A Espanya el concepte d'educació especial ja apareix a l'any 1990 a la *Llei Orgànica General del Sistema Educatiu*. Aquestes necessitats educatives especials es van ampliant amb noves lleis com la de *Millora de la Qualitat Educativa* del 2013 de la Generalitat de Catalunya que és qui es fa càrrec de l'educació, per tal de garantir una qualitat educativa a tothom, sent indiferent si pateix alguna dificultat a l'hora de l'aprenentatge. En el *Pla Director de l'Educació Especial a Catalunya* hi ha una sèrie d'objectius principals per contribuir a una millor educació especial, que són els següents:

- Determinar els procediments i els criteris dels serveis educatius específics als alumnes amb discapacitat i determinar els llocs on es proporcionaran aquests serveis.
- Determinar criteris de distribució dels serveis educatius específics.
- Revisar i actualitzar els criteris que es seguiran per l'escolarització de l'alumnat amb discapacitat.
- Optimitzar la col·laboració i la coordinació dels serveis adreçats a les persones amb discapacitat.
- Planificar els procediments personalitzats de l'ensenyament dels alumnes amb discapacitat, a través de plans educatius individualitzats.

A més a més, el *Pla Director de l'Educació Especial a Catalunya* considera que l'educació especial es basa en els següents principis per aconseguir la millor educació possible per l'alumnat dels centres ordinaris i específics:

- Principi de normalització: L'atenció a l'alumnat amb discapacitat ha de ser el més normal possible, en el sentit de proporcionar els serveis educatius específics en els centres docents ordinaris.
- Principi d'Integració: Integrar, tant com sigui possible, a l'alumnat amb discapacitat en els centres ordinaris, amb els seus companys i companyes.
- Principi d'Inclusió: La inclusió d'aquests alumnes en els centres ordinaris, quan inicien una nova etapa educativa i alhora de garantir la seva continuïtat en el centre al llarg de tota l'escolaritat de l'alumne.
- Principi de personalització: S'ha de personalitzar l'atenció educativa segons les necessitats educatives de cada alumne, mitjançant mètodes que facilitin a l'alumne l'assoliment, en el major grau possible, els objectius propis de cada etapa educativa.
- Principi de participació: Tant dels pares, com dels alumnes mateixos, sempre que sigui apropiat, en decisions sobre les prioritats educatives que se'ls proporcionarà, amb l'ajuda del personal docent si s'escau.
- Principi de sectorització: La sectorització dels serveis educatius específics, per proporcionar a l'alumne una atenció en un entorn el més proper possible, en els centres d'educació especial.
- Principi d'atenció interdisciplinària: Els diferents professionals que hi treballen per el desenvolupament de l'alumne amb discapacitat ho facin de manera simultània i coordinada per afavorir al màxim a l'alumne.
- Principi d'optimització dels serveis: Aprofitar tots els serveis que es tingui a l'abast, ja siguin públics o privats, per ajudar a l'alumne en tot el que sigui possible.

5.2.2 Dades sobre l'educació especial

Algunes dades sobre l'educació de les persones amb discapacitat criden l'atenció. Segons l'Observatori de la discapacitat, a Europa, 1 de cada 4 persones amb discapacitat té barreres en l'educació. Tot hi que sembli estrany, als països més

desenvolupats, aquestes barreres s'accentuen. Dinamarca, França i Alemanya encapçalen el rànquing dels joves discapacitats que perceben més barreres en l'educació i formació. En general les dones discapacitades perceben majors barreres que els homes.

A Espanya per altra banda, els joves amb discapacitat que no estudien ni treballen representen un percentatge superior a la mitjana europea. D'aquesta manera, els joves troben més barreres d'accés a l'educació i al mercat de treball.

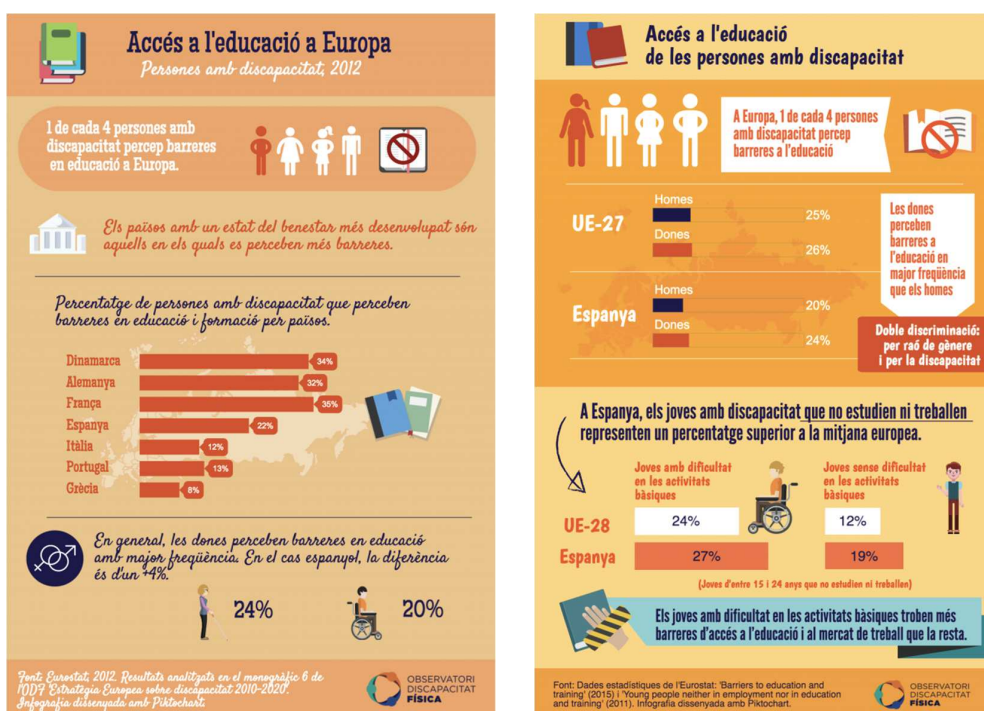


Figura 1. Accés a l'educació a Europa de les persones amb discapacitat, 2012 (esquerra). Figura extreta de: <http://www.observatoridiscapacitat.org/ca/tags/educacio>.

Figura 2. Accés a l'educació de les persones amb discapacitat (dreta). Figura extreta de: <http://www.observatoridiscapacitat.org/ca/tags/educacio>.

Com més estudis tenen aquests joves, més probabilitats d'integració laboral tenen, probabilitats de trobar una ocupació en les millors condicions laborals possibles. Les persones amb discapacitat es troben amb barreres en l'accés en l'educació per aquest motiu l'abandonament de les persones amb discapacitat és major que les persones sense discapacitat i molts menys assoleixen l'educació superior. Els indicadors de l'Observatori de la discapacitat mostren una situació més favorable per a les persones sense discapacitat. Aquestes dades suposen un repte que la

societat ha d'afrontar, ja que l'educació és clau per a la inclusió social de totes les persones.

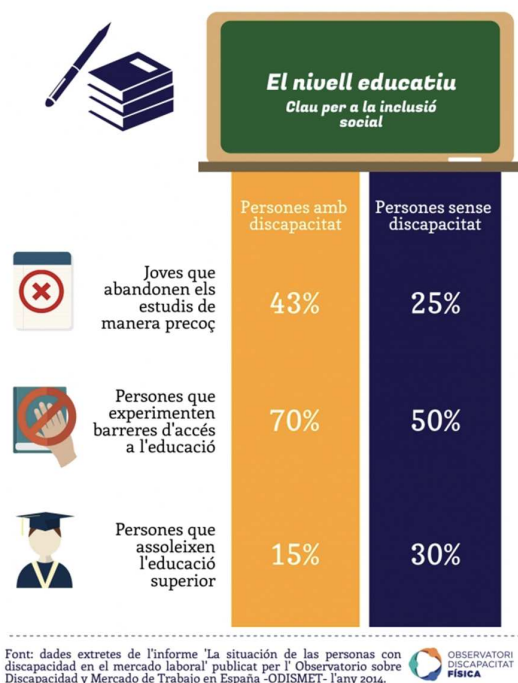
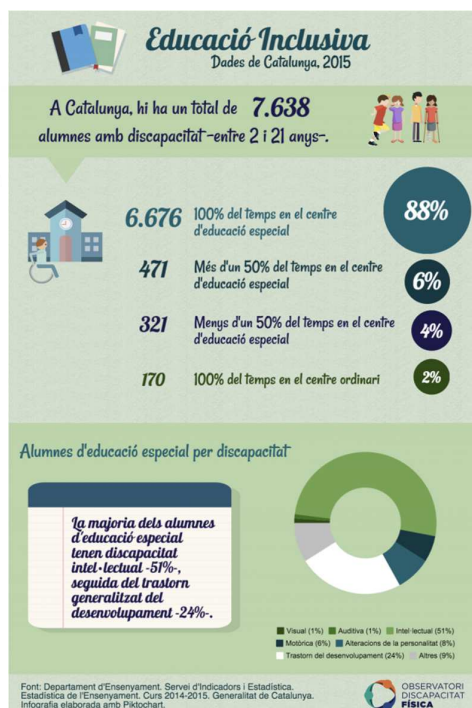


Figura 3. Nivell educatiu dels joves (esquerra). Figura extreta de: <http://www.observatoridiscapacitat.org/ca/tags/educacio>.

Figura 4. Educació inclusiva a Catalunya, 2015 (dreta). Figura extreta de: <http://www.observatoridiscapacitat.org/ca/tags/educacio>.



5.2.3 Centres d'educació especial

Hi havia 7.638 alumnes amb discapacitat (entre 2 i 21 anys) a Catalunya el 2015. D'aquests, una gran majoria assisteix el 100% del temps a un centre d'educació especial, un 88%. Un 10% passa un temps variable en el centre d'educació especial. I el 2% restant passen el 100% del temps en un centre ordinari.

A Catalunya hi ha 102 centres d'educació especial per al voltant de 7.000 alumnes amb qualsevol discapacitat. La majoria de centres estan a l'àrea metropolitana de Barcelona ja que és on hi ha més població de tota Catalunya.

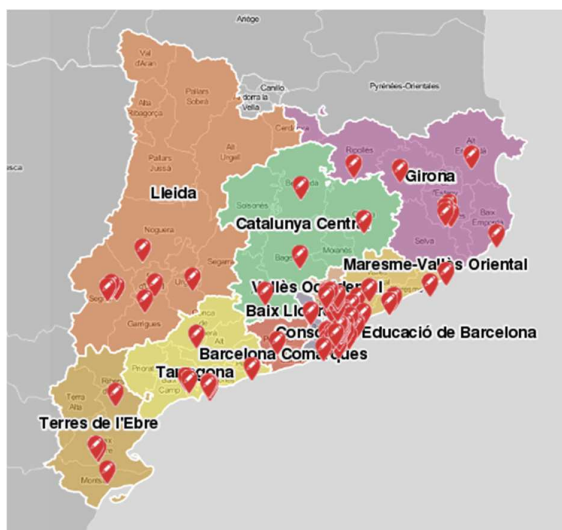


Figura 5. Mapa de Catalunya amb els centres d'educació especial. Figura extreta de: <http://mapaescolar.gencat.cat/#/tab-map>.

A l'àrea provincial de Tarragona trobem 9 centres d'educació especial. A Tarragona ciutat quatre, a Reus tres, Montblanc un i l'últim al Vendrell.

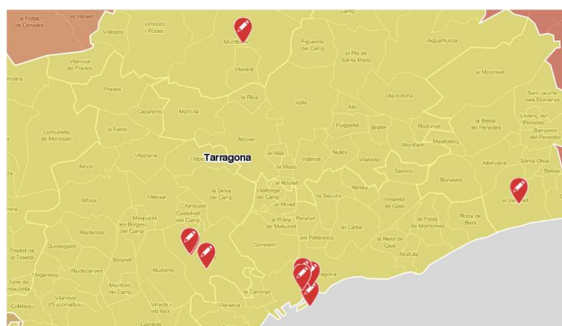


Figura 6. Àrea provincial de Tarragona amb els centres d'educació especial. Figura extreta de: <http://mapaescolar.gencat.cat/#/tab-map>.

A Tarragona ciutat, trobem els diferents centres d'educació especial:

- L'escola SOLC que és una cooperativa de treball associat integrada per diferents professionals de l'educació i d'altres serveis vinculats a l'àmbit de l'atenció a persones amb discapacitat intel·lectual.
- El col·legi públic d'educació especial San Rafael és un centre educatiu de la Diputació de Tarragona que vol donar una resposta de qualitat a les necessitats educatives especials dels joves de les comarques tarragonines.
- El Centre d'Educació Especial (CEE) Escola Estela és un centre concertat amb el Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya. Els alumnes tenen edats compreses entre els 3 i els 21 anys i presenten alteració del

desenvolupament psíquic i/o cognitiu, per la qual cosa en la seva etapa d'escolarització necessiten una atenció més específica que la que els pot oferir l'escola ordinària.

- La Muntanyeta és una escola on es vol aconseguir el màxim potencial de cada alumne per aconseguir una major integració. L'escola està dintre del centre de l'Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona (APPC), a continuació aprofundirem més sobre aquest centre ja que és on he realitzat la part experimental.



Figura 7. Mapa de Tarragona amb les escoles d'educació especial. Figura extreta de: <http://mapaescolar.gencat.cat/#/tab-map>.

5.2.4 Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona (APPC)

APPC és una entitat sense ànim de lucre dedicada a l'atenció integral d'infants i adults afectats de paràlisi cerebral o altres encefalopaties de tractaments afins fundada el 1977. L'associació es troba registrada al Departament de Justícia de la Generalitat de Catalunya, i el seu àmbit d'actuació és la demarcació de Tarragona.

La missió de APPC és defensar els drets i facilitar el desenvolupament de les persones amb discapacitat, cobrint les seves expectatives mitjançant serveis de qualitat i atenent les seves necessitats, al mateix temps que faciliten la seva participació a la societat.

L'Associació Provincial de Paràlisi Cerebral, és una organització referent de serveis de qualitat i suport per a persones amb discapacitat i les seves famílies, i es vol consolidar com una entitat innovadora, promotora, impulsora, capaç d'establir aliances, i que doni respostes a les necessitats emergents.

Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona està situada a la Urbanització Pedrol al costat de Sant Pere i Sant Pau, concretament al Camí Muntanya de Sant Pere, S/N, 43007 Tarragona. Les coordenades geogràfiques de WGS84 són: 41°07'55.7"N 1°15'02.1"E

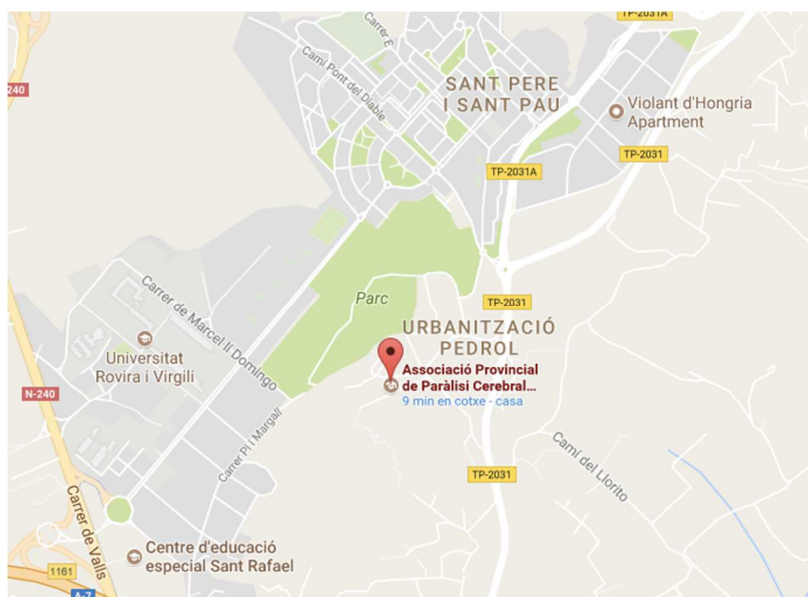


Figura 8. L'APPC situada al mapa. Figura extreta de:
<https://www.google.es/maps/@41.1316493,1.2491285,16.92z?hl=ca>.

Els serveis que ofereix l'entitat s'adrecen a les persones afectades de paràlisi cerebral o altres encefalopaties de tractaments afins i a les seves famílies. El centre està dividit en tres parts:

- L'escola d'Educació Especial La Muntanyeta. Els usuaris d'aquest servei són els infants de 3 a 18 anys.

L'objectiu prioritari del Centre La Muntanyeta és el d'atendre al nen amb necessitats educatives especials, amb la finalitat de potenciar al màxim el seu desenvolupament motriu, intel·lectual, afectiu i social i d'aconseguir una major integració familiar i social. Actualment hi estudien al voltant de 50 alumnes.

- El taller ocupacional Gresol. Els usuaris d'aquest servei són persones majors de 18 anys.

El taller té l'objectiu de donar suport a les persones afectades de paràlisi cerebral. A través d'una atenció diürna, es treballa amb la finalitat d'aconseguir, dintre del marc de les seves possibilitats, la màxima autonomia i integració social. Actualment hi participen al voltant de 30 persones.

- La residència Trèvol. Els usuaris d'aquest servei són persones majors de 18 anys.

La residència disposa de serveis d'estada temporal o permanent per a persones amb discapacitat. A més de proporcionar una estada confortable als usuaris, els objectius estan dirigits a aconseguir la millora de la seva qualitat de vida, la màxima autonomia i participació en les activitats quotidianes i la integració social. Actualment hi resideixen durant tot l'any unes 23 persones.

L'escola, el taller i la residència disposen dels recursos necessaris per extreure el màxim de les persones que formen tota l'APPC. Les activitats i els serveis estan orientats per elaborar un tractament integral. S'ofereixen els serveis d'atenció mèdica, psicòlegs, menjador, activitats d'oci (sortides i colònies) i molts més serveis.

5.2.4.3 Aliances i col·laboradors

L'APPC és entitat membre de la Federació Catalana de Paràlisi Cerebral (FEPCCAT), que agrupa totes les entitats d'atenció a les persones amb paràlisi cerebral de Catalunya. Al mateix temps, l'APPC també forma part de Confederació ASPACE, la Confederació Espanyola de Federacions i Associacions d'Atenció a les Persones amb Paràlisi Cerebral i Afins.

Organismes, entitats i empreses col·laboradores

Per tal de poder dur a terme les seves activitats, l'APPC ha mantingut relacions amb diferents entitats i organismes. Els principals organismes i entitats amb qui l'APPC manté una relació de col·laboració són els següents:

- Generalitat de Catalunya.

- Delegació del Govern de Tarragona.
- Ajuntament de Tarragona.
- Ajuntament de Constantí.
- Ajuntament de Reus.
- Diputació de Tarragona.
- Fundació La Caixa.
- Federació APPS.
- Fundació Carrefour.
- Fundació La Muntanyeta.
- Dow Chemical.
- Repsol YPF.
- Club Bàsquet Tarragona.

5.2.4.4 Dades econòmiques de l'APPC

Les dades que es mostren a continuació són de l'exercici del 2015 de l'APPC.

Despeses:

2.959.838,90€

Distribució de les despeses:

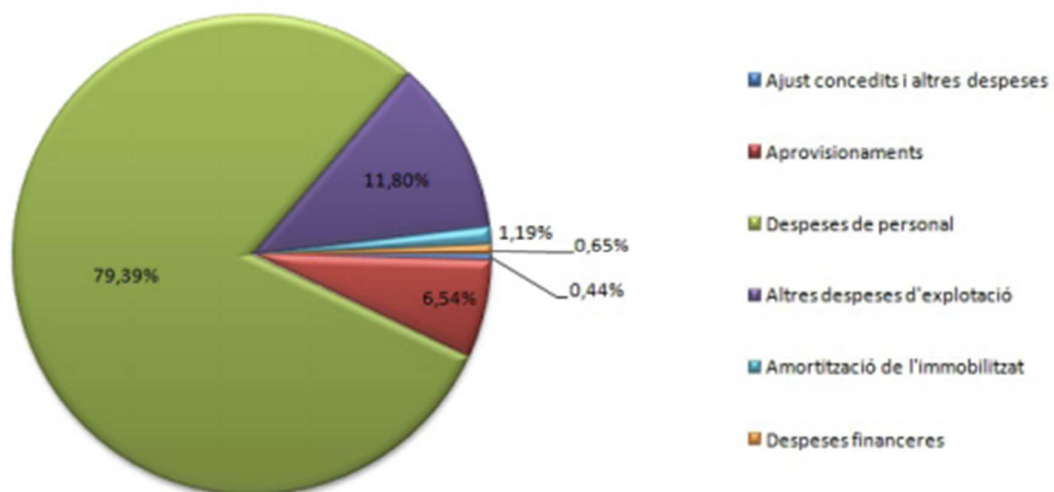


Figura 9. Distribució de les despeses de l'APPC. Figura extreta de:
http://www.appctarragona.org/images/noticias/2016/juliol/memoria2015_FINAL_baixa.pdf

Ingressos:

2.960.994,01€

Procedència dels ingressos:¹¹

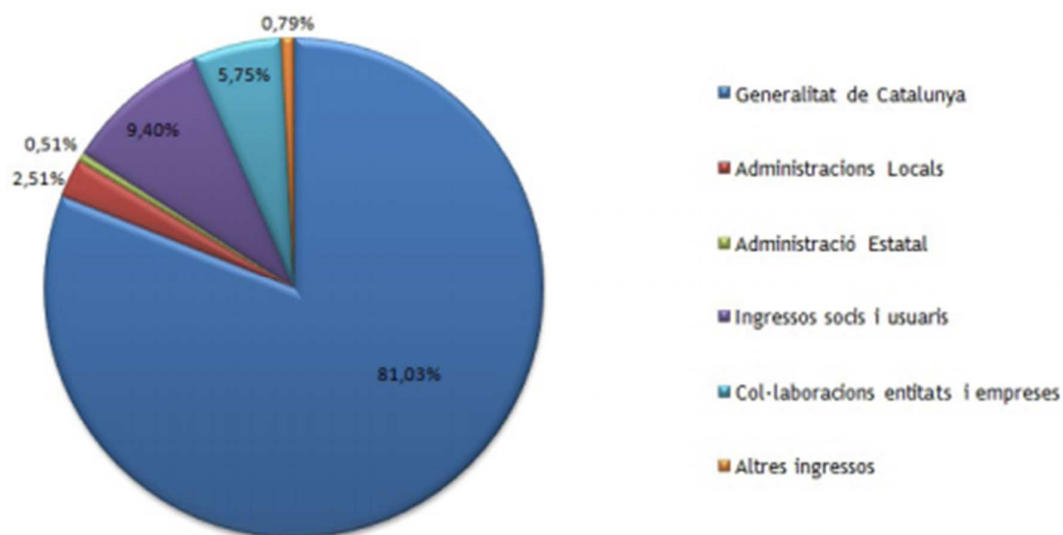


Figura 10. Procedència del ingressos de l'APPC. Figura extreta de:
http://www.appctarragona.org/images/noticias/2016/Juliol/memoria2015_FINAL_baixa.pdf.

¹¹ Si vols col·laborar a l'APPC pots fer-ho al següent enllaç: <http://www.appctarragona.org/col-labora/fes-el-teu-donatiu>

6. Accions per millorar la salut dels pacients amb PC

Actualment, es considera que la PC no té cura, per tant, totes les accions, teràpies o tractaments estan encaminats a millorar la qualitat de vida dels pacients i a augmentar-ne el seu potencial al màxim possible.

Les accions que s'estan fent avui en dia incorporen, en diferents mesures, les noves tecnologies basades en la informàtica. Exemples clars són la robòtica i la visió per computador.

6.1 Teràpies o tractaments per la PC

Fisioteràpia: Generalment començada en els primers anys de vida o poc després que es fa el diagnòstic, és el pilar del tractament de la paràlisi cerebral. Els programes de fisioteràpia usen grups específics d'exercicis i activitats per treballar cap a dos fites importants: evitar el debilitament o el deteriorament dels músculs que no s'usen, i evitar que els músculs es fixin en una posició rígida i anormal.

Teràpia ocupacional: Aquest tipus de teràpia es concentra a optimitzar les funcions del tronc, millorar la postura, i treure més profit de la mobilitat del nen. Un terapeuta ocupacional ajuda el nen a aprendre les activitats bàsiques de la vida quotidiana, com menjar, vestir-se i usar el bany sol. El foment d'aquest tipus d'independència augmenta l'autoconfiança i l'autoestima i ajuda a reduir les demandes sobre els pares i cuidadors.

Teràpies recreatives: Les teràpies recreatives, com les cavalcades terapèutiques (també anomenada hipoteràpia), de vegades s'usen en els nens lleument danyats per millorar les seves habilitats motores. Els pares dels nens que participen en teràpies recreatives generalment noten una millora en el llenguatge del nen, la seva autoestima i el seu benestar emocional.

Teràpies físiques controvertides: "Establir patrons" és una fisioteràpia basada en el principi que els nens amb paràlisi cerebral han d'aprendre habilitats motores en la mateixa seqüència en què es desenvolupen en els nens normals. En aquest enfocament controvertit, el terapeuta comença per ensenyar a un nen els moviments elementals com gatejar - sense importar l'edat - abans d'avançar a l'habilitat de caminar. Alguns experts i organitzacions, inclosa l'Acadèmia Americana de Pediatria, han expressat gran reserva respecte a l'enfocament d'establir patrons pel fet que els estudis no han documentat el seu valor.

Logopèdia: Prop del 20% dels nens amb paràlisi cerebral és incapaç de produir llenguatge intel·ligible. També experimenten desafiaments en altres àrees de comunicació, com gestos manuals i expressions facials, i tenen dificultat per participar en l'intercanvi bàsic d'una conversa normal. Aquests desafiaments duraran totes les seves vides. Els logopedes observen, diagnostiquen i tracten els trastorns de la comunicació associats amb la paràlisi cerebral. Usen un programa d'exercicis per ensenyar als nens a suportar dificultats específiques de la comunicació.

Tractaments farmacològics: Els medicaments orals, com el diazepam, baclofén, dantrolene sòdic, i tizanidina generalment s'usen com la primera línia de tractament per relaxar els músculs rígids, contrets o hiperactius. Aquests medicaments són fàcils d'usar, excepte que les dosificacions suficientment altes com perquè siguin eficaces sovint tenen efectes secundaris, entre ells somnolència, malestar estomacal, alta pressió arterial i possible dany hepàtic amb l'ús prolongat. Els medicaments orals són molt adequats per als nens que només necessiten una reducció lleu del to muscular o que tenen espasticitat generalitzada.

De vegades els metges usen "rentats" amb alcohol, que són injeccions d'alcohol en els músculs, per reduir l'espasticitat. Els beneficis duren des de pocs mesos a 2 anys o més, però els efectes secundaris inclouen un risc significatiu de dolor o entumiment, i el procediment requereix un alt grau d'habilitat per atacar el nervi. La disponibilitat de mètodes nous i més precisos per administrar medicaments antiespasmòdics està movent el tractament de l'espasticitat cap a la

quimiodenervación, en la qual els medicaments injectats s'usen per atacar i relaxar els músculs.

La toxina botulínica (BT-A), injectada localment, s'ha convertit en un tractament estàndard per als músculs hiperactius en els nens amb trastorns de moviment espàstic com la paràlisi cerebral. La BT-A relaxa els músculs contrets evitant que les cèl·lules nervioses sobre activin el múscul. Encara que la BT-A no està aprovada per l'Administració d'Aliments i Medicaments (FDA) per al tractament de la paràlisi cerebral, des de la dècada de 1990 els metges l'han usat fora de la indicació aprovada per relaxar els músculs espàstics. Un nombre d'estudis ha demostrat que redueix l'espasticitat i augmenta el rang de moviment dels músculs objectius.

L'efecte relaxant de la injecció de BT-A dura aproximadament 3 mesos. Els efectes secundaris no desitjats són lleus, duren poc, i consisteixen en dolor per la injecció i ocasionalment símptomes semblants a la grip. Les injeccions de BT-A són més eficaços quan estan seguides per un programa d'estirament que inclou fisioteràpia i Ferulització. Les injeccions de BT-A funcionen millor en els nens que tenen algun control sobre els seus moviments motors i tenen un nombre limitat de músculs per tractar, cap dels quals és fix o està rígid. Com que la BT-A no té aprovació de la FDA per a tractar l'espasticitat en els nens, els pares i cuidadors han d'assegurar que el metge que administra la injecció estigui capacitada en el procediment i tingui experiència en l'ús en els nens.

La teràpia amb baclofén intratecal: utilitza una bomba implantada per administrar el baclofén, un relaxant muscular, dins del líquid que envolta la medul·la espinal. El baclofén funciona disminuint l'excitabilitat de les cèl·lules nervioses en la medul·la espinal, la qual cosa al seu torn redueix l'espasticitat muscular en tot el cos. A causa que s'administra directament en el sistema nerviós, la dosi de baclofén intratecal pot ser tan baixa com 1/100 de la dosi oral. Estudis han demostrat que redueix l'espasticitat i el dolor i millora el son.

La bomba té la mida d'un disc d'hoquei i s'implanta a l'abdomen. Conté un reservori per reomplir connectat a una alarma que sona quan el reservori està buit. La bomba és programable amb una vara telemètrica electrònica. El programa pot ajustar si el to muscular empitjora en certs horaris del dia o la nit.

La bomba de baclofén té un risc petit però significatiu de complicacions serioses si falla o si es programa incorrectament, si el catèter es torça o es doblega, o si el lloc de la inserció s'infecta. Els efectes secundaris indesitjables però infreqüents són la sobrerelaxació dels músculs, somnolència, mal de cap, nàusees, vòmits, marejos i restrenyiment.

Com a teràpia relaxadora de músculs, la bomba de baclofén és més adequada per a individus amb rigidesa crònica intensa o moviments musculars incontrolats a tot el cos. Els metges han implantat la bomba amb èxit en nens tan petits com de 3 anys d'edat.

Cirurgia: Sovint es recomana la cirurgia ortopèdica quan l'espasticitat i rigidesa són tan intenses que dificulten o fan dolorós caminar i moure. Per a moltes persones amb paràlisi cerebral també és important millorar l'aspecte de com caminant seva marxa. Una marxa més dreta amb transicions i col·locació dels peus més suaus és la meta principal de molts nens i adults joves. En el quiròfan, els cirurgians poden allargar músculs i tendons que són proporcionalment molt curts. Però primer, han de determinar els músculs específics responsables per les anormalitats de la marxa. Trobar aquests músculs pot ser difícil. Presa més de 30 músculs principals treballant en el moment adequat usant la quantitat adequada de força per caminar dues gambades amb una marxa normal. Un problema amb qualsevol d'aquests músculs pot causar una marxa anormal.

A més, pel fet que el cos fa ajustaments naturals per compensar els desequilibris musculars, aquests ajustos podrien significar un problema, en lloc d'una compensació. En el passat, els metges depenien de l'examen clínic, l'observació de la marxa i la mesura del moviment i la espasticitat per determinar els músculs involucrats. Ara, els metges tenen una tècnica diagnòstica coneguda com anàlisi de la marxa.

L'anàlisi de la marxa fa servir càmeres que registren com camina un individu, plaques de força per detectar quan i on tocar el pis, una tècnica de registre especial que detecta l'activitat muscular (coneguda com electromiografia), i un programa de computació que recull i analitza dades per identificar els músculs problema.

Usant l'anàlisi de la marxa, els metges poden ubicar amb precisió quins músculs es beneficiarien amb la cirurgia i quanta millora en la marxa pot esperar.

La coordinació de la cirurgia ortopèdica també ha canviat en anys recents. Prèviament, els cirurgians ortopèdics preferien realitzar totes les operacions que un nen necessitava en el mateix moment, generalment entre els 7 i els 10 anys. A causa del període de temps passat en recuperació, que generalment era de diversos mesos, fer-les totes alhora escurçava la quantitat de temps que el nen passava al llit. Ara la majoria dels procediments quirúrgics es pot fer en forma ambulatoria o amb una breu estada hospitalària. Els nens generalment tornen al seu estil de vida normal en una setmana.

La rizotomia dorsal selectiva: és un procediment quirúrgic recomanat només per a casos d'espasticitat greu quan han fracassat tots els tractaments més conservadors - fisioteràpia, medicaments orals i baclofén intratecal - per reduir l'espasticitat o el dolor crònic. En el procediment, un cirurgià troba i secciona selectivament els nervis sobre activats a la base de la columna espinal.

Com que redueix la quantitat d'estimulació que arriba als músculs per mitjà dels nervis, SDR s'usa més comunament per relaxar músculs i disminuir el dolor crònic en un o ambdós membres superiors o inferiors. De vegades també s'usa per corregir una bufeta hiperactiva. Els efectes secundaris potencials són pèrdua sensorial, entumiment, o sensacions incòmodes en les àrees dels membres que havien estat proveïts pel nervi seccionat.

L'estimulació de la medul·la espinal: va ser desenvolupada en la dècada de 1980 per tractar les lesions de la medul·la espinal i altres afeccions neurològiques que involucraven neurones motores. Un elèctrode implantat estimula selectivament els nervis a la base de la medul·la espinal per inhibir i disminuir l'activitat nerviosa. Encara s'ha de provar en estudis clínics l'eficàcia de l'estimulació de la medul·la espinal per al tractament de la paràlisi cerebral. Es considera un tractament alternatiu només quan altres tractaments conservadors o quirúrgics no han tingut èxit per relaxar músculs o alleujar el dolor.

6.1.1 Teràpies alternatives

Estimulació elèctrica terapèutica (sense llindar): també anomenada estimulació elèctrica neuromuscular, prem electricitat als nervis motors per a estimular la contracció en grups musculars escollits. Molts estudis han demostrat que l'estimulació elèctrica sembla augmentar el rang de moviment i la força muscular.

L'estimulació elèctrica amb llindar: que implica l'aplicació d'estimulació elèctrica a una intensitat massa baixa per estimular la contracció muscular, és una teràpia controvertida. Els estudis no han pogut demostrar la seva eficàcia o millora significativa alguna amb el seu ús.

Teràpia d'oxigenació hiperbàrica: Alguns nens tenen paràlisi cerebral com a resultat del dany cerebral per la privació d'oxigen. Els qui proposen la teràpia d'oxigenació hiperbàrica consideren que els teixits cerebrals voltant de l'àrea danyada poden "despertar" forçant altes concentracions d'oxigen en el cos sota més pressió que l'atmosfèrica.

6.2 Dispositius tecnològics per facilitar el dia a dia

Dispositius ortoprotètics: com aparells i fèrules, usen la força externa per corregir les anormalitats musculars. La tecnologia ortoprotètica ha avançat en els últims 30 anys des de barres metàl·liques que s'enganxaven a sabates ortopèdiques voluminoses, fins aparells que es modelen individualment de plàstics d'alta temperatura per aconseguir un ajust precís. Sovint s'indiquen ortopròtesis per al peu-turmell per als nens amb diplegia espàstica per prevenir la contractura muscular i millorar la marxa. Les fèrules també s'usen per corregir l'espasticitat en els músculs de la mà.

Tecnologia assistida. Els dispositius que ajuden els individus a moure més fàcilment i a comunicar amb èxit a la casa, l'escola o al lloc de treball poden ajudar el nen o l'adult amb paràlisi cerebral a suportar les limitacions físiques i de

comunicació. Hi ha un nombre de dispositius que ajuda als individus a parar-se alçats i caminar, com a suport postural o sistemes per seure, caminadors d'obertura davantera, bastons quadrúpedes (bastons metàl·lics molt lleugers amb quatre potes), i pals de marxa. Els butaques de rodes elèctrics permeten que els adults i nens més greument danyats es moguin amb èxit.

L'ordinador probablement és l'exemple més destacat d'un dispositiu de comunicació que pot marcar una gran diferència en les vides de les persones amb paràlisi cerebral. Equipat amb un ordinador i sintetitzador de veu, un nen o adult amb paràlisi cerebral es pot comunicar amb èxit amb els altres. Per exemple, un nen incapacitat per parlar o escriure però que pot fer moviments amb el cap pot ser capaç de controlar un ordinador utilitzant un punter il·luminat especial que s'uneix a una cinta al cabell.

6.3 Aplicacions informàtiques

El desenvolupament de les noves tecnologies, les pantalles tàctils, les tauletes i l'aparició de noves aplicacions, han facilitat noves formes més divertides i lúdiques que ajuden als afectats per PC. Alguns exemples que utilitzen a l'APPC són:

SITPLUS: El principal objectiu del programa es oferir activitats lúdico-terapèutiques per persones amb discapacitats diverses. SITPLUS ofereix noves formes d'interacció basades en la visió, la veu i altres; per mostrar un resultat en forma d'imatge i so. Ha estat inspirat en aplicacions de causa-efecte, SITPLUS proporciona una funció per la interacció contínua i a distància, accessible per la majoria de les persones amb discapacitats cognitives, físiques i sensorials.

El programa funciona en definir un quadrat a la pantalla i unes variables. Llavors a la pantalla surt el que es veu per la càmera i on està situat el quadrat. Per exemples, al pacient se li demana que ha de simular com si toqués la guitarra, llavors el quadrat el posem al ventre. Al detectar moviment al quadrat, la mà movent-se, per una altra pantalla és veu una guitarra i el seu so. Això es pot fer amb altres instruments i exercicis però tots basats en el quadrat.

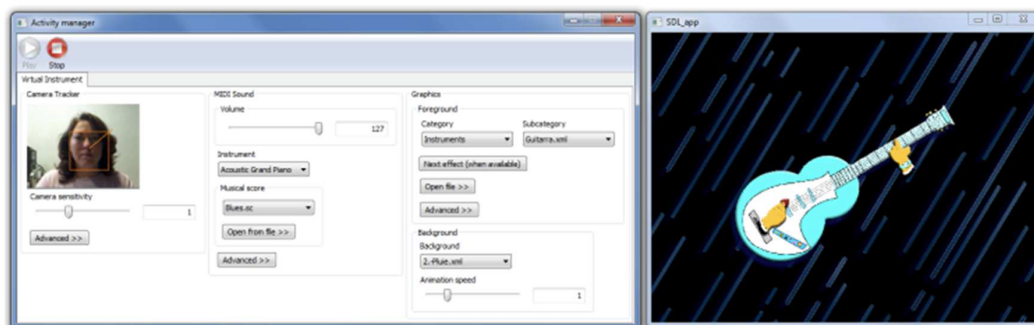


Figura 11. El programa SITPLUS. Figura extreta de: <http://sitplus.crea-si.com/ca/index.html>.

Algunes de les característiques del programa són:

- Interacció basada en el moviment de l'usuari a partir d'una càmera web o el comandament Wii Remote¹², i la pròpia veu.
 - El moviment pot convertir-se en so MIDI¹³ i gràfics. Concretament, se proporciona un reproductor de notes MIDI i un motor gràfic simple. Ambdós poden ser personalitzats para afegir noves partitures, imatges i comportaments.
 - La veu de l'usuari es pot utilitzar per a controlar la sortida gràfica. Per altra banda, la veu pot ser processada usant efectes digitals como la reverberació, eco o canvi de to abans d'enviar-lo als altaveus.
 - Els diferents mètodes d'entrada es poden utilitzar simultàniament.
 - S'inclouen algunes partitures i bancs d'imatge.
- Interfície d'usuari que permet ajustar el comportament del programari en temps real.
- Disseny modular que permet el desenvolupament de noves activitats basades en un llenguatge d'scripting¹⁴ orientat al flux de dades.
- Compatible amb GNU/Linux¹⁵ i Windows.

¹² El Wii Remote, és el controlador principal de la consola Wii de Nintendo. La seva característica més destacada és la capacitat de detectar el moviment, de manera que permet a l'usuari interaccionar amb les aplicacions movent el comandament.

¹³ MIDI, acrònim de Musical Instrument Digital Interface (interfície digital d'instruments musicals) és un estàndard tècnic de comunicació entre equips musicals electrònics utilitzat en informàtica musical que permet l'intercanvi d'informació entre diversos equips musicals connectats i també entre aquests i un ordinador personal.

¹⁴ Llenguatge informàtic fet per Windows Scripting Host de Microsoft.

¹⁵ Linux és un sistema operatiu d'ordinadors.

L'origen del projecte SITPLUS va néixer com a un projecte d'investigació a l'Associació Provincial de Paràlisi Cerebral (APPC) de Tarragona en col·laboració amb CREA Sistemes Informàtics i altres. SITPLUS és fruit de gairebé tres anys de recerca, desenvolupament i intervenció directa amb persones amb paràlisi cerebral de l'APPC en el context del projecte SATI.

Inspirada en les aplicacions de causa-efecte, SITPLUS proporciona una eina d'interacció contínua, a distància i assequible a la majoria de persones amb discapacitats diverses. Va ser concebuda en l'APPC a finals de 2007 per intentar donar una resposta al grup de persones que degut a les seves limitacions motrius, cognitives i fins i tot sensorials no podien fer ús d'altres eines d'ús més comú. Les sessions experimentals, dutes a terme en el laboratori que l'APPC ha dedicat en exclusiva a aquest projecte, revelen que aquesta eina no només és útil per a moltes persones amb afectacions moderades i severes, sinó que, a més, resulta molt motivadora per als usuaris amb afectacions més lleus.

Per descarregar el programa SITPLUS s'ha d'anar a l'apartat de descarregues de la pàgina web de SITPLUS (<http://sitplus.crea-si.com/ca/downloads/index.html>) has de clicar a la paraula "Download" i ja és baixa automàticament. És necessita una càmera connectada al ordinador per utilitzar el programa.

Mefacilyta: és una aplicació per mòbils i tauletes on el metge crea diferents exercicis i el pacient els ha de dur a terme.

La fundació de Vodafone ha creat aquest projecte per ajudar a les persones amb discapacitats diverses. El programa Mefacilyta funciona de la següent manera.

El fisioterapeuta crea històries amb textos i imatges a l'ordinador, i són penjats al núvol. A la tauleta tenim l'aplicació de Mefacilyta sincronitzada amb el compte de l'ordinador i podem veure les històries creades anteriorment. El pacient va llegint els textos i mirant les imatges i passant cap a la dreta per veure com continua. Les històries poden ser de coses diverses de la seva vida, receptes de menjar, exercicis de cultura, etc. Aquests exercicis també poden tenir una finalitat educativa, amb aquesta aplicació poden aprendre els animals, utilitzant els noms i fotos; els continents, els colors, i una infinitat de coses.

Pantalla tàctil: L'aplicació informàtica consisteix en visitar Barcelona de forma virtual. El participant es va desplaçant virtualment per llocs turístics de Barcelona, per exemple, el port, el zoo, el parc Güell o la rambla. A cada destinació, l'usuari ha de jugar a un joc diferent. Per exemple, buscar objectes coneguts en una foto del carrer o jocs de practicar la memòria. L'aplicació està projectada a una pantalla tàctil on els usuaris juguen amb la mà o utilitzen un pal per arribar més lluny. Amb aquest exercici, els usuaris han d'estirar el braç per tocar la pantalla, han de pensar en els jocs o han de buscar a la pantalla objectes que coneixen. Gràcies a l'aplicació, els usuaris aprenen nou vocabulari tot passant-s'ho bé.

S'ha de dir que no tots els pacients poden fer aquesta activitat degut a que es necessita mobilitat de braç per poca que sigui, i fer l'esforç mental de realitzar els exercicis. Però tot i això els fisioterapeutes intenten que participi tothom i treballin en equip per resoldre els problemes.

YOUTUBE: La fisioterapeuta posa a la pantalla de la sala el YOUTUBE amb una cançó que li agradi al pacient i la lletra. Llavors l'especialista si veu que no canta atura el vídeo i el pacient ha de clicar un polsador que fa que el vídeo es torni a reproduir. D'aquesta manera el pacient exercita les cordes vocals i mou el braç per clicar el polsador.

7. LEGO Mindstorms

LEGO Mindstorms és una línia de jocs d'experimentació centrats en la robòtica, de la casa LEGO. Però les seves possibilitats en fan una eina apreciable en entorns didàctics des de l'escola primària a la universitat. LEGO Mindstorms va ser el resultat d'una fructífera col·laboració entre LEGO i el MIT¹⁶, una associació entre la indústria tecnològica i la investigació acadèmica que els resulta beneficiosa pels dos socis.

Actualment molts centres educatius de tot el món utilitzen LEGO Mindstorms, com una eina d'aprenentatge i iniciació a la robòtica i a la programació. Com és el cas del meu centre, l'Institut Antoni de Martí Franquès de Tarragona.

7.1 Generacions Mindstorms

La línia Mindstorms consta de tres generacions actualment¹⁷.

- La primera generació: Bloc RCX.

El bloc RCX és la part central de LEGO Mindstorms, ja que aquí es troba tota la part lògica i electrònica que permet la majoria de les accions del robot.



Figura 12. Bloc RCX. Figura extreta de: https://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms

- La segona generació: Bloc NTX.

EL bloc NTX és una versió millorada de la 1a generació, generalment es considera la predecessora i percussora dels blocs programables de LEGO.

¹⁶ El Massachusetts Institute of Technology (MIT) és una institució i universitat estatunidenca dedicada a la recerca i la investigació, situada a la ciutat de Cambridge, Massachusetts.

¹⁷ 26 de desembre de 2017

LEGO va comercialitzar la generació NXT en dues versions: *Retail version* i *Education Base Set*. A més a més, LEGO va oferir diferents kits per desenvolupadors segons les característiques dels programes que estiguessin fent.

- La tercera generació: Bloc EV3.

EV3 (evolució numero 3), es va començar a comercialitzar el 2013. La versió normal permet realitzar cinc models de base, però se'n poden trobar més per Internet. La tercera generació va millorar molt amb comparació a l'anterior, sobretot en temes de processadors i memòria.

El sistema que presento es basa en aquest model de LEGO Mindstorms.



Figura 13. Capsa del LEGO Mindstorms EV3. Figura extreta de: <https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313>.

7.1.1 Taula comparativa de les generacions Mindstorms

A continuació tenim una taula comparativa de les diferents generacions de LEGO Mindstorms:

Generació	RCX	NXT	EV3
Mindstorms			
Data de llançament	1998	Juliol de 2006	Setembre de 2013
Pantalla	LCD monocrom. segmentada	LCD monocrom. 100x64 px	LCD monocrom. 178x128 px
Processador	Hitachi H8/300 @16 MHz	Atmel ARM7 @48 MHz	TI Sitara ARM9 @300 MHz

Memòria	32 KB RAM 16 KB ROM	64 KB RAM 256 KB Flash	64 MB RAM 16 MB Flash ranura microSD de fins a 32GB
Ports	3 per motors i 3 per sensors	3 per motors i 4 per sensors	4 per motors i 4 per sensors
Comunicació per wifi	No	No	Amb un adaptador USB
Comunicació amb smartphones	No	Android	Android i iOS
Comunicació amb PC	port IR	USB 12 Mbps	USB 480 Mbps
Bluetooth	No	Bluetooth v2.0	Bluetooth v2.1

Taula 1. Taula comparativa de les generacions Mindstorms.

7.2 Sensors

A la generació EV3 disposa de cinc sensors diferents: color, contacte, ultrasònic, infrarojos, giroscopi. I la generació NXT disposa de dos sensors més que EV3, els sensors de so i temperatura.

7.2.1 Sensor de colors

Aquest sensor ens permet agafar lectures dels colors i la intensitat de llum. Té una freqüència de mostreig d'1 kHz i té tres modes d'ús: mode de color: pot reconèixer set colors i l'absència de color, mode d'intensitat de llum reflectida: pot mesurar la intensitat de llum que es reflecteix, i, mode d'intensitat de llum ambient: pot mesurar la intensitat de llum ambient que hi ha.



Figura 14. Sensor de color. Figura extreta de: <https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313>.

7.2.2 Sensor de contacte

Aquest sensor ens permet saber quan hi ha algun objecte que col·lideix amb el sensor. Té tres condicions: premut: pot reconèixer quan el sensor s'ha premut, alliberat: pot reconèixer quan el sensor s'ha alliberat d'una pressió anterior, xoc: és la unió de les dues condicions anteriors, reconeixent quan el sensor s'ha premut i després s'ha alliberat.



Figura 15. Sensor de contacte. Figura extreta de: <https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313>.

7.2.3 Sensor ultrasònic

Aquest sensor ens permet calcular la distància a objectes mitjançant onades de so que no són perceptibles per l'oïda humana.

Pot mesurar objectes a una distància entre 1 i 250 cm. Pot servir per usar-se com a un sonar o fins i tot per esperar i encendre's quan un objecte s'apropa.

7.2.4 Sensor d'infrarojos

Aquest sensor ens permet detectar llum infraroja d'objectes i rastrejar el Transmissor d'infrarojos remot dels LEGO Mindstorms EV3. Té dos modes d'ús: mode proximitat: pot mesurar aproximadament la distància a un objecte amb onades de llum reflectida, i, mode guia: pot detectar una font d'infrarojos en un canal d'entre quatre a una distància màxima de 200 cm.



Figura 16. Sensor d'infrarojos. Figura extreta de: <https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313>.

Amb el transmissor d'infrarojos trobem una altre mode que també és molt útil: el mode remot, que ens permet usar el transmissor com un control remot. D'aquesta manera, es pot distingir quina combinació amb quatre botons diferents s'ha premut. En total, pot distingir entre 11 configuracions diferents.



Figura 17. Control remot. Figura extreta de: <https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313>.

7.2.5 Sensor giroscopi

Aquest sensor ens permet mesurar el moviment i els canvis en l'orientació. Té una freqüència de mostreig d'1 kHz i dos modes d'ús: mode d'angle: pot mesurar angles amb una precisió de $\pm 3^\circ$, mode giroscopi: pot mesurar la velocitat angular amb un màxim de 440° . Exemples reals de sensors com aquests els podem trobar en sistemes de navegació, *smartphones*,...

7.2.6 Sensor de so

Aquest sensor només es pot trobar al LEGO Mindstorms NXT i ens permet mesurar els nivells de soroll. Pot mesurar els nivells de soroll en decibels (dB). El sensor pot distingir entre sons forts i fluixos, però mai pot distingir entre tons diferents.

7.2.7 Sensor de temperatura

Aquest sensor és únic dels LEGO Mindstorms NXT i ens permet mesurar temperatures en les escales Celsius i Fahrenheit. Pot mesurar temperatures a l'escala Celsius entre -20 °C i 120 °C i a l'escala Fahrenheit entre -4 °F i 248 °F.

7.3 Motors

A la generació EV3, amb la que he treballat, es disposa de dos motors diferents: el gran i el petit.

7.3.1 Motor gran

El motor gran ens serveix per realitzar moviments quan es necessita alta precisió. Aquest motor va entre 160 i 170 rpm¹⁸ amb una precisió d'1 grau. Aquest motor disposa d'un sensor giroscopi integrat que permet sincronitzar la rotació de diferents motors.



Figura 18. Motor gran. Figura extreta de: <https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313>.

7.3.2 Motor mitjà

El motor mitjà ens serveix per realitzar moviments quan es necessita velocitat i temps de resposta ràpid o una mida de robot petit.

Aquest motor va entre 240 i 250 rpm amb una precisió d'1 grau. Aquest motor també disposa d'un sensor giroscopi.

¹⁸ Revolucions per minut, són les voltes que fa l'eix en un minut.



Figura 19. Motor mitjà. Figura extreta de: <https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313>.

7.4 Robots basats en la tecnologia EV3

Tot seguit tenim uns exemples¹⁹ de robots que s'han fet amb LEGO Mindstorms EV3:

- El *Braigo* és un robot que imprimeix en Braille²⁰. La impressora Braille dissenyada per Shubham Banerjee, un noi de 12 anys de Califòrnia, a la regió de Silicon Valley. Aquest robot és una versió modificada del model *BANNER PRINT3R*²¹, dissenyat per Ralph Hempel. El seu preu raonable (354 dòlars) és un avantatge comparat amb les altres impressores de Braille (les quals poden arribar a valdre \$2000).
- El *CubeStormer III* és un robot que resol el cub de Rubik, sent durant un període de temps el robot més ràpid²² del món en resoldre un cub de Rubik amb 3,256 segons.
- El *LEGO Bookreader*²³ és un lector de llibres digitals creat amb el set de EV3, i pot digitalitzar llibres.

¹⁹ La Font d'informació de la qual han estat extrets els exemples és https://es.wikipedia.org/wiki/Set_de_Lego_mindstorms_EV3

²⁰ El Braille és un sistema de lectura i escriptura tàctil pensat per a persones cegues. Va ser inventat pel francès Louis Braille a mitjans del segle XIX.

²¹ Més informació el robot BANNER PRINT3R: <https://www.lego.com/es-es/mindstorms/build-a-robot/banner-print3r?ignorereferer=true>

²² Vídeo del robot fent el cub de Rubik: <https://youtu.be/X0pFZG7i5cE>

²³ Més informació sobre el robot LEGO Bookreader: <https://makezine.com/projects/lego-bookreader-digitize-books-with-mindstorms-and-raspberry-pi/>

7.5 Fundació LEGO

La Fundació LEGO, fou fundada amb l'objectiu de promocionar el joc i l'educació infantil de qualitat entre tots els nens i nenes del món. Les seves experiències lúdiques estan basades en cinc característiques que des de LEGO troben essencials:

- **Activitats alegres.** Ja que els jocs han de ser alegres, per passar-s'ho bé amb l'activitat. D'aquesta manera, amb curiositat i ganes de jugar aprens més que de cap altra manera.
- **Participació.** Quan un nen està completament concentrat en un joc, està participant al cent per cent és quan està aprenent més i utilitza la imaginació constantment. Aquesta concentració en el joc és molt positiva a nivell mental.
- **Significat.** Quan un nen pot relacionar noves experiències amb coses ja conegudes vol dir que va ser molt profitosa l'experiència antiga, que la recorda, que li ha quedat marcada. Que trobin els sentit del que estan fent és molt important.
- **Iteratiu.** Quan proves diferents maneres de fer una cosa, fins que te n'adones de la més eficaç. Quan vas provant diferents possibilitats, revisant els passos fets, pensant la millor manera d'aconseguir el que vols, tot això condueix a un major aprenentatge.
- **Interacció social.** Comprendre les idees dels altres, intercanviar opinions, explicar el que estàs duent a terme, ajudar-se mútuament... totes aquestes coses fan relacions més profundes i potents entre els que estan jugant a un mateix joc.

Per aquest motiu la Fundació LEGO té acords de col·laboració amb el MIT, la universitat de Cambridge, la universitat de Århus²⁴, i moltes altres universitats i institucions d'arreu del món. A més a més la Fundació LEGO ajuda amb recursos materials i econòmics tots els projectes que contribuïran a fer realitat el seu principal objectiu, promocionar el joc i l'educació infantil de qualitat entre tots els nens i nenes del món.

²⁴ La universitat de Århus és troba molt a prop de la seu de LEGO, a la ciutat de Aarhus, Dinamarca.

8. LEROHELP



Figura 20. Logotip del LEROHELP.

He dissenyat un robot amb l'objectiu de contribuir en la rehabilitació de pacients amb paràlisi cerebral. El robot està construït amb material de LEGO, concretament, he utilitzat el LEGO Mindstorms EV3. Més endavant explicarem totes les característiques del robot de LEGO, tot el seu funcionament.

L'he batejat amb el nom de LEROHELP, que significa LEgo RObot to HELP o, en català robot (RO) de LEGO (LE) d'ajuda (HELP). El nom del robot és una bona definició de la seva funció i el motiu pel qual ha estat construït. El logotip²⁵ de LEROHELP vol mostrar un projecte en construcció, basat en les persones i juga amb els colors verd i vermell, que són els colors que es treballen en els exercicis.

La idea principal, a l'hora de construir el robot era construir un robot senzill, de fàcil interpretació i que no s'haguessin de fer modificacions estructurals per tal de realitzar cadascun dels diferents exercicis. A més a més, que es pogués transportar amb facilitat d'un lloc a un altre. El robot executa quatre exercicis basats en els conceptes dreta/esquerra i verd/vermell, utilitzant dos polsadors. Es tracta de treballar la sincronització dels moviments, la vista, l'oïda, el tacte, la capacitat de predicció i la velocitat de reacció.

El sistema de puntuació funciona de la següent manera, si es fa bé l'exercici s'aconsegueix 1 punt sinó 0 punts, hi ha 10 rondes a cada exercici, conseqüentment

²⁵ El logotip del LEROHELP va estar dissenyat gràcies a l'ajuda prestada pel Joel Vallverdú Martorell utilitzant el programa Adobe Photoshop CS6.

la puntuació dels exercicis és sobre deu. Si t'equivoques però te n'adones i ho corregeixes a temps obtens el punt.

8.1 Funcionament de l'aplicació

Un cop tenim el robot²⁶ a dintre de la capsa, podem dir que tenim el LEROHELP a punt per funcionar. LEROHELP està pensat perquè dues persones interactuïn amb ell, una que serà la que durà a terme els exercicis i l'altra que serà la persona responsable, aquesta persona explicarà els exercicis i controlarà el comandament.

Un cop encenem el robot, introduïm els dos polsadors al costat corresponent perquè el polsador verd estigui a la banda verda i, el mateix amb el polsador vermell. Tot seguit, s'ha de col·locar la barra formant un angle de 90º amb la capsa del robot apuntant cap a la part més allunyada dels polsadors. És molt important col·locar bé la barra sinó els exercicis no funcionaran correctament. Finalment ja podem iniciar al programa LEROHELP i començar la sessió de rehabilitació.

A l'iniciar LEROHELP hi ha una pestanya d'inici, la portada que és sempre igual, i està il·luminada amb un LED de color taronja. En aquesta pestanya surten els números dels 4 exercicis i els seus noms ("1-Velocitat, 2-Dreta/Esq, 3-Color i 4-So"), llavors el responsable del LEROHELP agafa el comandament a distància (que funciona amb el sensor d'infrarojos en el mode remot) i selecciona un dels quatre botons, perquè es posi l'exercici que vol fer.

Aquest és el transmissor d'infrarojos que és com un comandament a distància. A la pantalla d'inici apareix:

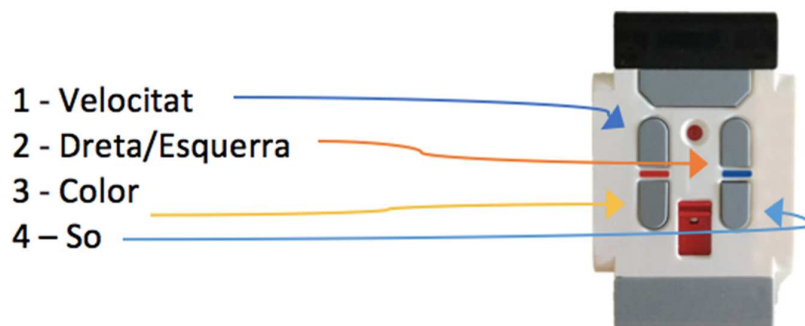


Figura 21. Comandament del robot i les seves funcions.

²⁶ Per funcionar el robot ha de tenir la bateria carregada o les piles carregades.

Cada botó correspon a un exercici (a l'apartat 8.2 estan explicats detalladament), al pulsar en un d'ells, apareix una pantalla que és igual per tots els exercicis on es visualitza: "Intents: 10", "Encerts: 0" i "Ronda: 1", d'aquesta manera el responsable del LEROHELP podrà anar mirant els resultats amb aquesta informació. Per començar l'exercici s'ha de prémer dos cops al botó horitzontal. A l'acabar l'exercici, apareix: "Intents: 10" i "Encerts: x". En aquest moment, i com mostra la pantalla, has de prémer el botó horitzontal 2 cops, per tornar a la portada i poder tornar a triar un dels quatre exercicis.

He dissenyat l'aplicació LEROHELP de la forma més senzilla possible i similar per tots els exercicis per facilitar l'accés al robot, ja que no és necessita cap coneixement avançat de robòtica o informàtica per fer-lo servir.

8.2 Exercicis

El robot LEROHELP conté quatre exercicis diferents que han estat pensats per treballar diferents aspectes, però que a l'hora funcionin sobre la mateixa plataforma, que no s'hagin de fer canvis constants. Tots els exercicis juguen amb els dos pulsadors, la barra de gir i els colors verd i vermell.

Els quatre exercicis han estat pensats per treballar diferents camps; els camps de treball escollits han estat: la capacitat de predicció, la velocitat de reacció, la capacitat de comprensió, l'oïda, la vista i, els conceptes verd/vermell i dreta/esquerra. Però fent els exercicis, el que sobretot treballes és el moviment de braços i la coordinació dels músculs.

La idea inicial de cada exercici es va portar a terme a través de xerrades informals amb una professora del centre d'educació especial San Rafael de Tarragona.

8.2.1 Descripció dels exercicis

Els quatre exercicis dissenyats són: velocitat, dreta/esquerra, color i so. A tots els exercicis es treballa la capacitat de coordinació dels músculs dels braços amb les ordres que emet el cervell a l'hora de fer un moviment determinat. També es treballa la capacitat de reacció i la velocitat de reacció. Tots els exercicis consten de

10 rondes. Cada cop que l'encertes tens un punt, la puntuació màxima són 10 punts.

8.2.1.1 *Exercici de la velocitat | Exercici 1*

L'exercici ha estat pensat perquè el pacient previngui la posició de la peça en moviment quan està passant per una posició indicada, i reaccioni prement el pulsador. En aquest exercici es treballa la capacitat de predicció i la capacitat de reacció.

La prova funciona de la següent manera. A l'iniciar l'exercici la peça horitzontal comença a donar voltes de 360 graus. Quan la barra està a 180 graus de la posició inicial, és a dir quan la pilota de bàsquet està sobre la cistella; l'usuari ha de prémer el pulsador de la dreta (el pulsador vermell). A mida que van augmentant les rondes la velocitat de gir de la barra va augmentant, consegüentment va augmentant la dificultat de prémer just en el moment exacte.



Figura 22. Moment de l'encert al exercici velocitat.

Si l'usuari ha premut just a 180 graus s'il·lumina la pantalla de color verd i emet el so d'encert, en cas de no encertar-la, el LED s'il·lumina de color vermell i emet el so d'error.

8.2.1.2 *Exercici dreta/esquerra | Exercici 2*

Aquest exercici el vam pensar per millorar la coordinació dels gestos al veure un moviment. En l'exercici dreta/esquerra també es treballa la velocitat de reacció i el terme causa-efecte, ja que depenent del que faci el robot l'usuari ha de fer una acció o una altra.

L'exercici funciona de la següent manera. La peça horitzontal de LEGO porta a terme un breu moviment d'uns 45° cap a la dreta o cap a l'esquerra de manera aleatòria. Llavors, un cop la barra ha fet el moviment, l'usuari ha de pulsar un dels dos pulsadors, el de la dreta o el de l'esquerra. Si la barra gira a la dreta l'usuari ha de pulsar el pulsador dret (el vermell) i si la barra gira a l'esquerra, ha de prémer el pulsador esquerre (el verd). En aquest exercici, la velocitat de gir també va augmentant a mesura que van passant les rondes.

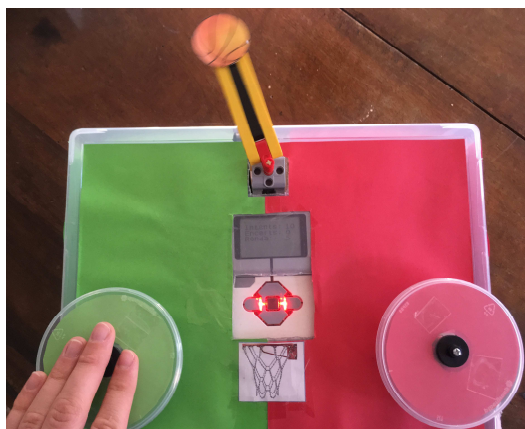


Figura 23. Moment de l'exercici dreta/esquerra.

Si l'usuari ha encertat la ronda correctament, el robot emet el so d'encert i s'il·lumina el LED verd, contràriament, si l'usuari ha fallat, s'il·lumina de color roig i emet el so d'error.

8.2.1.3 Exercici del color / Exercici 3

Aquest exercici ha estat pensat per utilitzar la vista i trobar la diferència entre dos dels colors més bàsics: el vermell i el verd.

La prova funciona de forma molt simple. Al mig del panell de control del robot, s'il·lumina un LED de color vermell o verd, de forma aleatòria. Si s'il·lumina de color vermell, s'ha de prémer el pulsador de la dreta (de color vermell). I si s'il·lumina el LED de color verd, s'ha de prémer de pulsador de l'esquerra (de color verd). Passats pocs segons, desapareix el color i quan torna a aparèixer, és que ja ens trobem a la següent ronda.

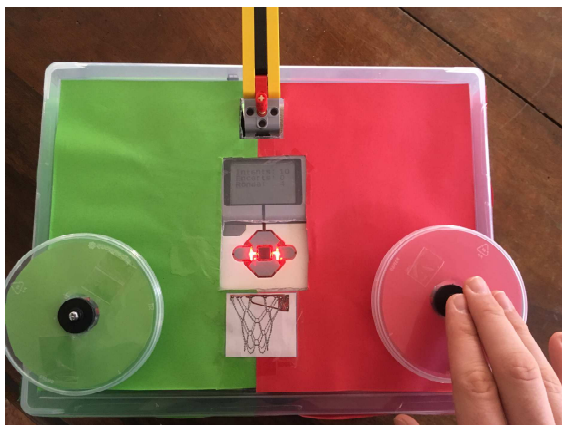


Figura 24. Moment de l'exercici color.

Si l'usuari completa la ronda correctament, emet el so característic d'encert. En cas contrari, emet el so d'error. En aquest exercici no s'il·lumina cap LED al fer-ho bé o malament ja que podria portar confusions perquè s'utilitzen els mateixos LEDS per a fer les confirmacions d'encerts i l'exercici del color.

8.2.1.4 Exercici del so | Exercici 4

Aquest exercici ha estat pensat per utilitzar l'oïda i actuar en conseqüència al so que has sentit. A l'exercici del so també es treballen els conceptes de vermell i verd, i la velocitat de reacció.

L'exercici té un funcionament extremadament senzill. El robot reproduïx les paraules "Vermell" o "Verd" pels altaveus de forma aleatòria. Llavors tu has de fer cas al que diu el robot, si ha dit "Vermell", has de polsar el polsador vermell (el de la dreta); però, si ha dit "Verd" llavors has de polsar el de color verd (el de l'esquerra).

Si l'usuari finalitza cada ronda correctament, el LED brilla de color verd i emet el so d'encert. En cas contrari, el LED passa a ser de color vermell i reproduïx el so d'error.

8.2.2 Taula comparativa dels exercicis

Tot seguit podeu observar una taula comparant les principals característiques dels quatre exercicis citats anteriorment.

És important mencionar que les puntuacions de la taula són subjectives i que es van fer basant-se en característiques tècniques, no amb proves.

Exercici	Velocitat	Dreta/Esquerra	Color	So
número exercici	1	2	3	4
Velocitat de reacció	Alta	Mitjana	Mitjana	Baixa
Temps de resposta	Curt	Mitjà	Mitjà	Mitjà
Ús de la vista	Sí	Sí	Sí	Sí
Ús de l'oïda	No	No	No	Sí
Ús del terme dreta/esq	No	Sí	Sí	Sí
Ús del terme mig	Sí	No	No	No
Ús del terme Vermell/verd	No	Sí	Sí	Sí
Dificultat final	Alta	Mitjana	Mitjana	Baixa

Taula 2. Taula comparativa dels exercicis.

8.3 Manual del LEROHELP

Aquest manual està compost per quatre parts: descàrrega de responsabilitat general, instruccions per l'assemblatge del robot, instruccions d'ús del robot i descripció dels exercicis.

Al Drive^{27 28} es pot obtenir el manual del LEROHELP en català, castellà i anglès.

8.3.1 Descàrrega de responsabilitat general

El dissenyador o constructor de LEROHELP no es fa responsable de cap lesió personal o incidència deguda al bon o mal ús d'aquest sistema. A més, LEROHELP fa el que fa. Per tant, podria ser possible que les explicacions de la documentació i

²⁷ L'enllaç de LEROHELP al Drive és:

https://drive.google.com/drive/folders/12S_KJngDDmgDyyxUdpEQQ2D75I3GtlOU?usp=sharing

²⁸ Google Drive és un servei d'allotjament d'arxius que va ser introduït per Google el 24 d'abril de 2012. L'enllaç és <https://drive.google.com/>

manual no coincidissin exactament amb el comportament del sistema. Un altre cop, el dissenyador o constructor no es fa responsable dels efectes que poguessin generar aquest fet.

8.3.2 Instruccions per l'assemblatge del robot

1. Poseu la tapa sobre una superfície plana.
2. Deixeu el motlle de suro sintètic a sobre la tapa.
3. Encaixeu el robot a dintre del motlle.
4. Introduïu la capsa, mirant que encaixin els forats que hi ha a la mateixa amb les peces que sobresurten del robot, suaument fins que arribi a baix de tot.
5. Encaixeu la tapa de la capsa amb la capsa.
6. Introduïu els dos polsadors al color que li corresponen.
7. Finalment, col·loqueu la peça formada per una barra amb una imatge d'una pilota de bàsquet en un extrem verticalment, de manera que la pilota quedi a l'extrem oposat de l'usuari.

8.3.3 Instruccions d'ús del robot

En tot moment hi haurà dues persones interactuant amb LEROHELP, una que durà a terme els exercicis i l'altra que serà la responsable que explicarà els exercicis i tindrà el control del comandament. Aquestes instruccions van adreçades al responsable.

La capsa està pensada per estar sobre una superfície plana (per exemple, una taula) o lleugerament inclinada cap a la persona que realitzarà els exercicis. La persona responsable s'encarregarà de portar a terme les instruccions següents, a més a més d'explicar els exercicis a l'usuari, per facilitar aquesta tasca, es recomana asseure's al seu costat o al seu davant.

Les instruccions per la persona responsable del centre de control són:

1. Per engegar el centre de control del LEROHELP prem el quadrat central. En aquest instant, la pantalla del robot s'ha de posar de color vermell, que vol dir que s'està iniciant.

2. Per mostrar que el robot ha acabat la inicialització, la pantalla s'il·lumina de color verd i el robot emet un so.
3. Quan apareix en negreta el nom del nostre programa, l'usuari ha de tornar a prémer el quadrat central (això és degut a que només hi ha instal·lat aquest programa en el robot). Un cop premut, ja hem inicialitzat el nostre programa.
4. Estem a la portada del programa, on es visualitza: "1-Velocitat, 2-Dreta/Esquerra, 3-Color i 4-So" i amb el comandament a distància premem el botó corresponent per fer l'exercici que desitgem. Aquí teniu les posicions del comandament i l'exercici que representen:

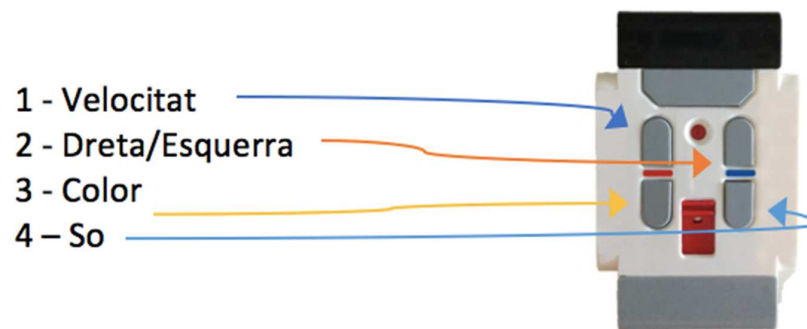


Figura 25. El comandament amb els exercicis corresponents.

5. Un cop l'usuari ha seleccionat l'exercici que desitja amb el botó, apareix a la pantalla: "Intents: 10", "Encerts: 0" i "Ronda: 1". Tot està preparat perquè quan premem 2 cops el botó horitzontal del comandament (el gran de sota a la zona negra) comenci l'exercici.
6. A l'acabar l'exercici, apareix a la pantalla: "Intents: 10" i "Encerts: x". La x és un número que indica els cops que l'usuari ha encertat sobre els 10 intents que ha dut a terme. Per sortir dels resultats i anar a la portada, l'usuari ha de tornar a prémer dos cops el botó horitzontal del comandament.
7. Tornem a estar a la portada, si l'usuari vol tornar a dur a terme un altre exercici, ha de tornar al punt 4 (més a dalt). Per altra banda, si ja vol plegar, continuem amb les instruccions.

8. Per aturar definitivament el robot, s'ha de prémer el botó de dalt a l'esquerra del robot, el que està més aïllat dels altres.
9. Un cop premut, tornem a la pantalla d'inici del robot i l'usuari ha de prémer un altre cop el mateix botó.
10. Ara apareix a la pantalla el símbol d'apagar i l'usuari ha de prémer el botó de la dreta del robot i posteriorment el botó central.
11. Si tot va bé, quan s'està apagant, el robot mostra el color vermell, quan desapareix el color, vol dir que ja s'ha apagat.

En el supòsit que el robot no s'apagués o s'hagués quedat encallat en un punt del programa o alguna incidència extraordinària que no s'hagués pogut resoldre, es recomana treure la bateria del centre de control. Aquesta acció només es recomana en cas excepcional de bloqueig del robot ja que aquesta forma d'apagar el centre de control, a la llarga, podria causar diversos problemes que comprometessin el software de LEGO.

Val la pena mencionar que el centre de control s'hauria d'apagar de manera automàtica si passats 10 minuts ningú prem cap botó.

8.3.4 Descripció dels exercicis

Consulteu l'apartat 8.2. Als manuals en format digital del Drive si que està detallat aquest apartat.

8.4 Arquitectura del LEROHELP

LEROHELP ha estat programat amb l'aplicació²⁹ d'ordinador de LEGO Mindstorms EV3 per la programació dels seus robots.

Variables del programa:

totvolta: és el numero de rondes que porten executades, s'inicia a 0 en el bloc inici i s'incrementa en 1 en el bloc execució

²⁹ Si voleu descarregar-vos l'aplicació de LEGO Mindstorms per ordinador podeu anar al següent enllaç: <https://www.lego.com/es-es/mindstorms/downloads>

Encertats: és el numero de rondes en que l'usuari ha fet correctament l'exercici. S'inicialitza a 0 a inici i s'incrementa en 1 en el bloc encerts-mut.

MaxVoltes: indica el màxim numero de rondes que l'usuari haurà de jugar. És l'única variable que el programador pot modificar, actualment està programat a 10 rondes.

Bloc: Program

El bloc *Program* és el programa principal de LEROHELP. Inicialitza variables globals. Mostra un menú inicial i va executant un dels quatre exercicis, segons tria l'usuari, en un llaç infinit. Aquest programa no acaba mai. Per sortir-ne has de prémer el botó de tirar enrere del centre de control del robot.

Pseudocodi

Bloc: *Inici_variables*

Per sempre més

Bloc: *Menu_inicial*

Bloc: *Execució*

Fi Per

Fi Pseudocodi

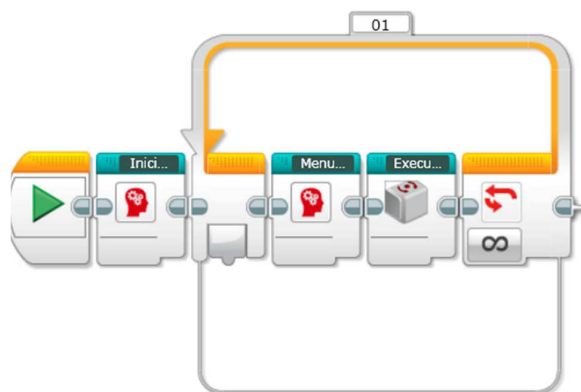


Figura 26. Bloc programa.

Bloc: Inici Variables

Activa les variables *totvolta* i *MaxVoltes*.

Pseudocodi

Inicialitzar les variables

Fi Pseudocodi

Figura 27. Bloc *Inici_Variables*.**Bloc:** *Menu inicial*

Mostra el nom dels quatre exercicis i pregunta quin exercici es vol usar.

Pseudocodi

Mostrar nom exercicis

Esperar selecció exercici

Fi PseudocodiFigura 28. Bloc *Menu_inicial*.**Bloc:** *Execucio*

El bloc execució té la funció d'escollir un dels exercicis, dur-lo a terme i mostrar els resultats.

Pseudocodi**Bloc:** *Inici*

Fer una de les 4 opcions:

Opció 1: Bloc: *Exercici_Velocitat*

Opció 2: Bloc: *Exercici_Dreta_Esquerra*

Opció 3: Bloc: *Exercici_Color*

Opció 4: Bloc: *Exercici_Veu*

Bloc: *Final*Fi Pseudocodi

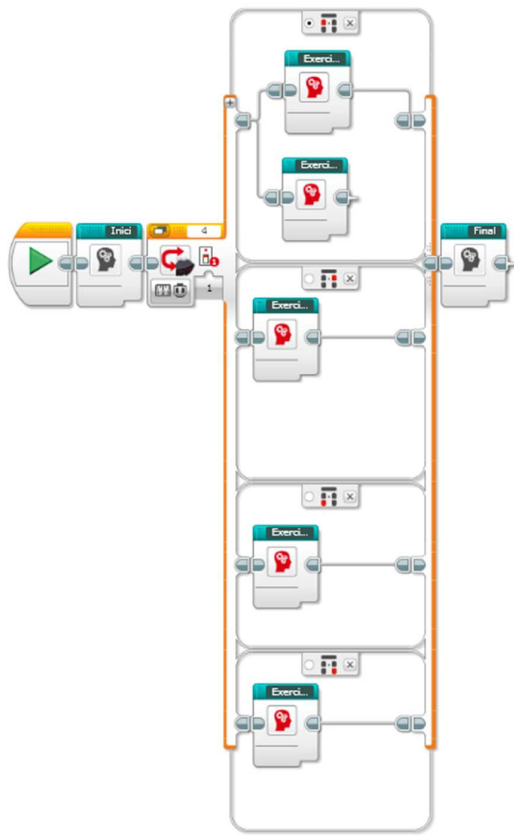


Figura 29. Bloc Execucio.

Bloc: Inici

Mostra a la pantalla els textos: encerts, intents i rondes. Inicialitza variables. Finalment el bloc es bloqueja fins que l'usuari premi el botó horitzontal del comandament per començar l'exercici.

Pseudocodi

Inicialitzar variables

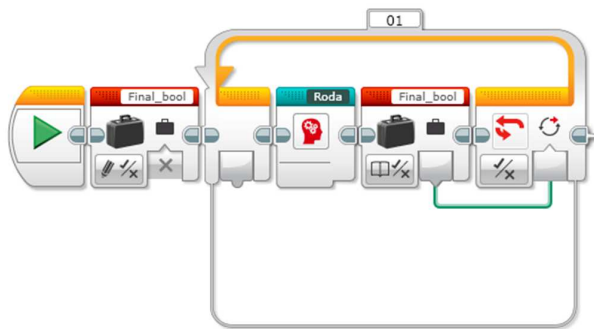
Mostrar per pantalla variables

Fi Pseudocodi

Figura 30. Bloc Inici.

Bloc: Exercici_Velocitat

Aquest bloc porta a terme l'exercici velocitat.

Figura 31. Bloc *Exercici_Velocitat*.

Bloc: *Exercici_Velocitat_Stop*

Aquests dos blocs porten a terme l'exercici velocitat. El segon té la funció d'aturar el motor quan han passat el número de voltes programat. A més, incrementa la velocitat a cada volta i també controla l'increment de l'angle a cada volta.



Figura 32. Bloc *Exercici_Velocitat_Stop*.

Bloc: *Exercici_Dreta_Esquerra*

Porta a terme l'exercici dreta/esquerra.

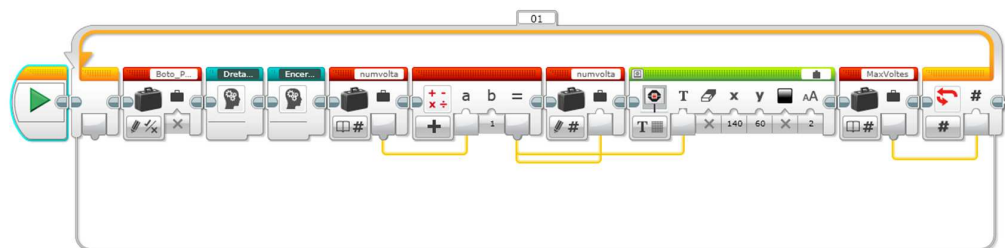
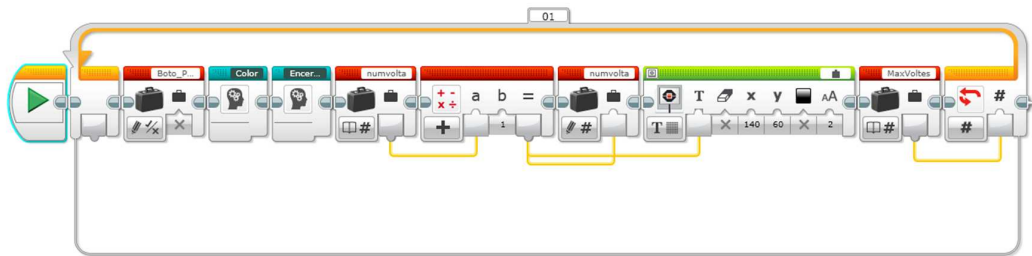


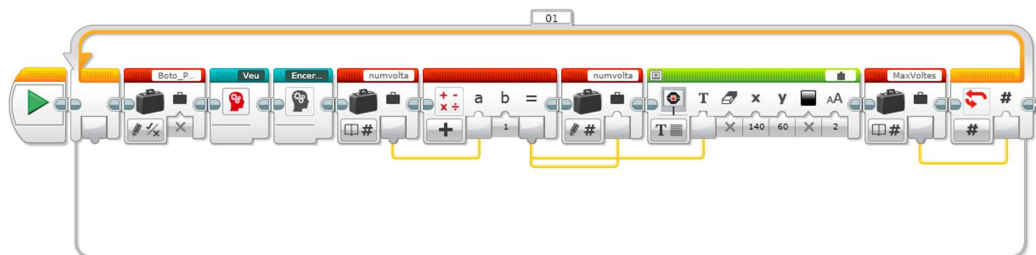
Figura 33. Bloc Exercici_Dreta_Esquerra.

Bloc: *Exercici_Color*

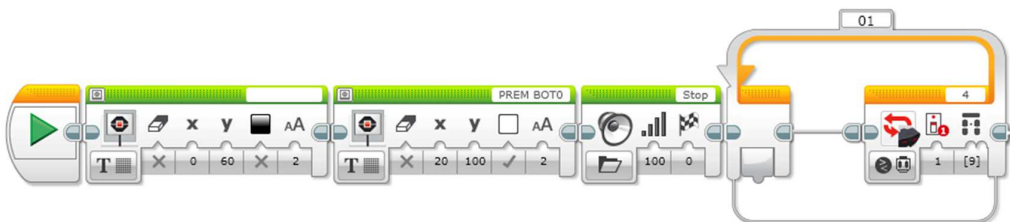
Porta a terme l'exercici color.

Figura 34. Bloc *Exercici_Color*.**Bloc:** *Exercici_Veu*

Porta a terme l'exercici so.

Figura 35. Bloc *Exercici_Veu*.**Bloc:** *Final*

El bloc espera a que l'especialista llegeixi el número d'encerts i després premi el sensor del comandament.

Figura 36. Bloc *Final*.**Explicació dels blocs dels exercicis**

Els quatre blocs principals *Exercici_Velocitat*, *Exercici_Dreta_Esquerra*, *Exercici_Color* i *Exercici_Veu* tenen la mateixa estructura:

Pseudocodi

Per un número donat de vegades fer
 Executar l'exercici

Mostrar resultats

Fi per

La línia de codi “Executar exercici” executa un dels quatre exercicis, depenent del bloc.

En el bloc *Exercici_Velocitat*, s’executa el bloc *Roda*.

En el bloc *Exercici_Dreta_Esquerra*, s’executa el bloc *DretaEsquerra*.

En el bloc *Exercici_Color*, s’executa el bloc *Color*.

En el bloc *Exercici_Veu*, s’executa el bloc *Veu*.

Fi Pseudocodi

Bloc: *Roda*

Pseudocodi

Incrementar velocitat

Mentre no tecla

No fer res

Fi mentre

Si angle < 200 i angle > 180

Incrementar nombre d’encerts

Fi Si

Fi Pseudocodi

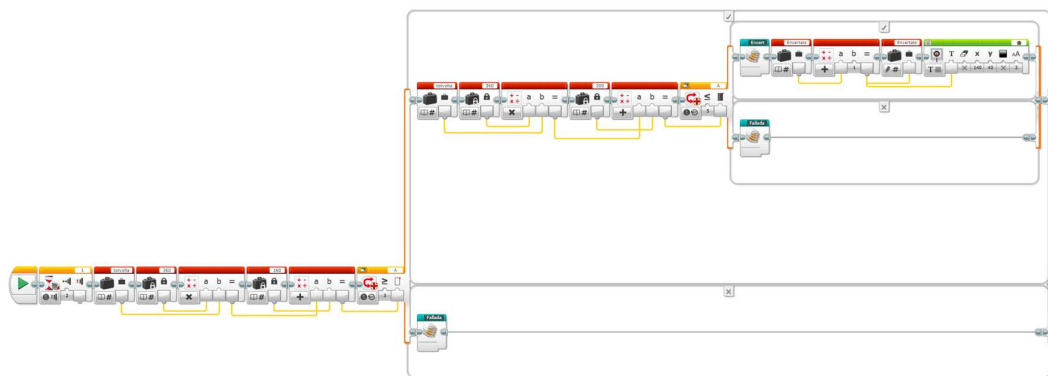


Figura 37. Bloc *Roda*.

Bloc: *DretaEsquerra*

Pseudocodi

Decidir aleatòriament direcció moviment

Moure cap a la direcció determinada

Mentre no tecla

No fer res

Fi mentre

Si direcció és dreta i botó dret

Incrementar nombre d'encerts

Fi Si

Si direcció és esquerra i botó esquerra

Incrementar nombre d'encerts

Fi Si

Fi Pseudocodi

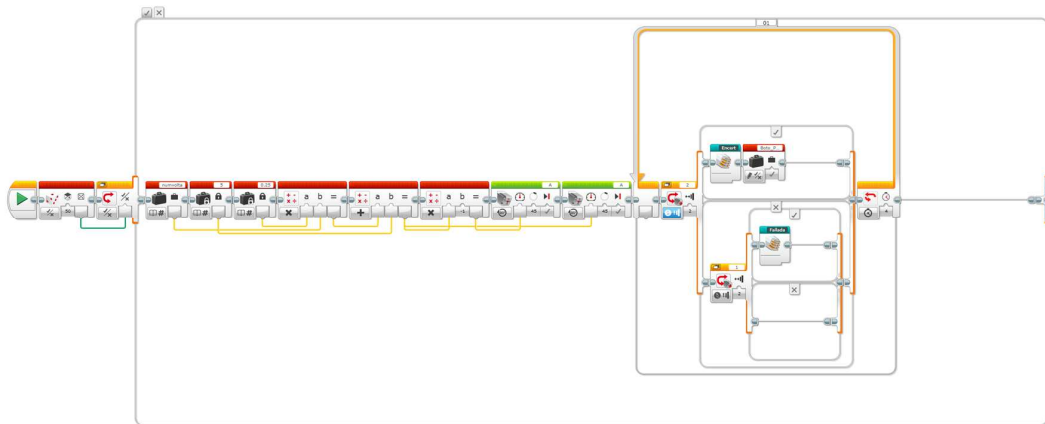


Figura 38. Bloc DretaEsquerra.

Bloc: Color

Pseudocodi

Decidir aleatòriament el color

Mostrar el color determinat

Mentre no tecla

No fer res

Fi mentre

Si color és roig i botó roig

Incrementar nombre d'encerts

Fi Si

Si color és verd i botó verd

Incrementar nombre d'encerts

Fi Si

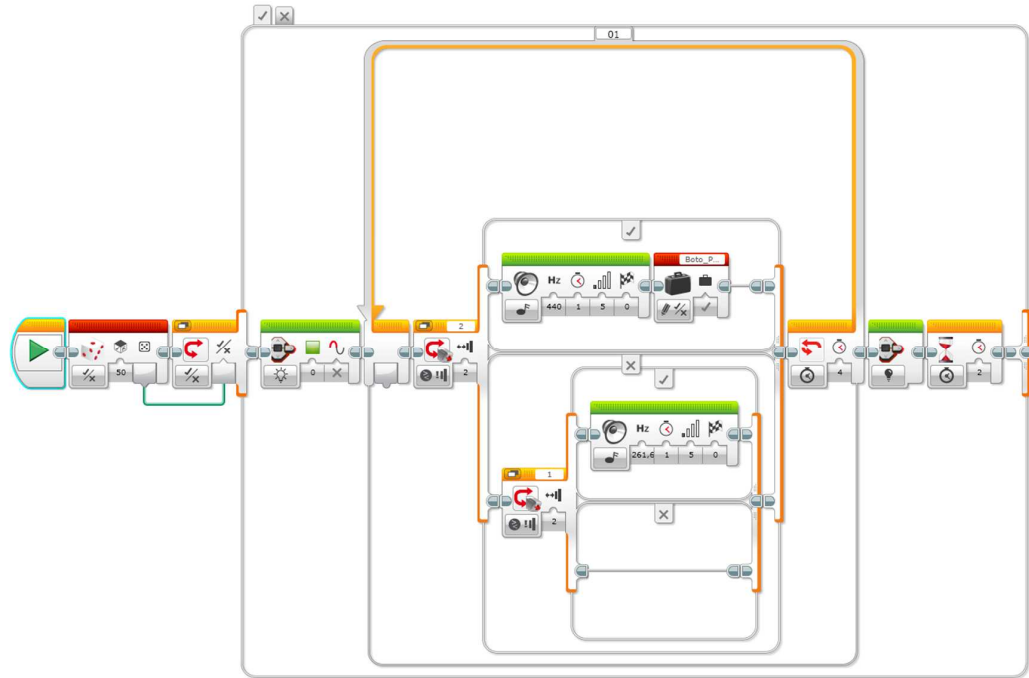
Fi Pseudocodi

Figura 39. Bloc Color.

Bloc: *Ve*Pseudocodi

Decidir aleatòriament un dels valors dreta o esquerra

Emetre per l'altaveu el valor determinat

Mentre no tecla

No fer res

Fi mentre

Si valor és dreta i botó dreta

Incrementar nombre d'encerts

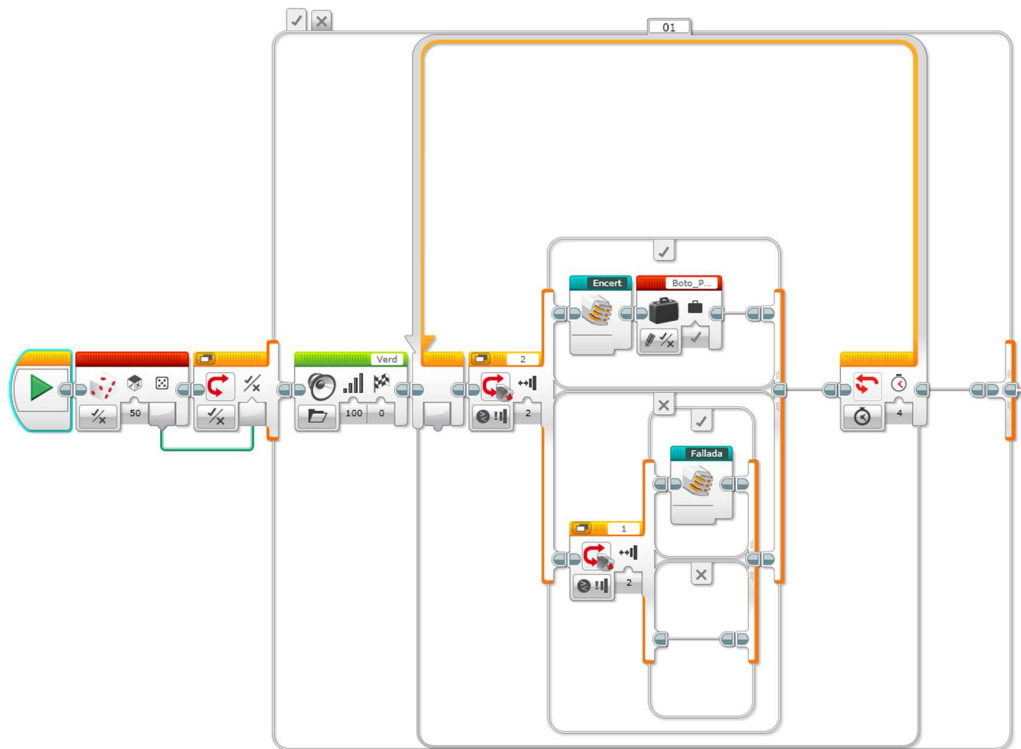
Fi Si

Si color és esquerra i botó esquerra

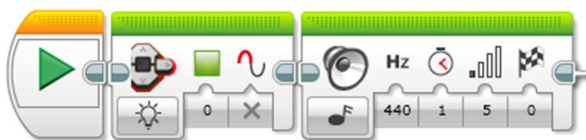
Incrementar nombre d'encerts

Fi Si

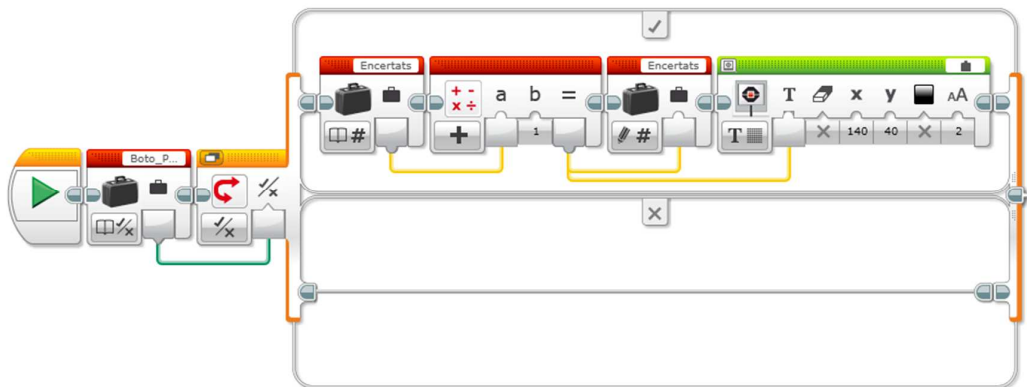
Fi Pseudocodi

Figura 40. Bloc *Veü*.**Bloc:** *Encert*

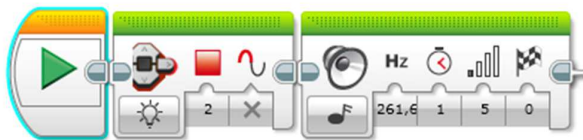
Aquest bloc il·lumina el LED de color verd i fa un so a l'encertar-la.

Figura 41. Bloc *Encert***Bloc:** *Encert_mut*

Aquest bloc serveix per anar contant els encerts quan ho has fet bé.

Figura 42. Bloc *Encert_mut*.**Bloc: Fallada**

Aquest bloc il·lumina el LED de color roig i fa un so diferent al d'encert al fallar-la.

Figura 43. Bloc *Fallada*.

8.5 Instal·lació del LEROHELP

LEROHELP el podem dividir en la part material, que serien els sensors, les peces, la capsa, etc. i el programari. Per aconseguir tenir el robot hem de tenir el programa per instal·lar-lo al centre de control del LEGO Mindstorms EV3 i fer la construcció de la capsa.

L'obtenció del material robòtic del robot, prové de la capsa de LEGO Mindstorms EV3 (31313) i s'ha afegit un sensor de contacte LEGO Mindstorms EV3 que no ve inclòs a la capsa. La capsa hi ha una bateria del centre de control que funciona amb piles, recomano que si se n'ha de fer un ús professional s'utilitzi una bateria recarregable mitjançant un endoll de LEGO Mindstorms EV3 (45501).

El material de la capsula de protecció i polsadors s'han fabricat de manera manual, però seguint les instruccions, la descripció de materials i evolució del robot i, les fotografies és podria arribar a copiar.

El pressupost per aconseguir el robot LEROHELP es situa al voltant dels 500€, 350€ aproximats de la capsula LEGO Mindstorms EV3, 30€ del sensor de contacte, 100€ de la bateria recarregable i 20€ del material de la capsula de protecció i polsadors.

El programa que utilitza LEROHELP està compartit i és d'ús públic. Si es vol aconseguir el *software* s'ha d'anar a una carpeta compartida del Drive on hi ha el programa que he utilitzat, les instruccions d'ús del robot, la fitxa d'avaluació i altres documents relacionats. L'enllaç de la carpeta és el següent:

https://drive.google.com/open?id=12S_KJngDDmgDyyxUdpEQQ2D75I3GtlQU

Per aconseguir la millor instal·lació de LEROHELP recomano que llegeixi detalladament tot l'apartat 8. LEROHELP.

8.6 Material

El material que he utilitzat per la construcció del LEROHELP està dividit en el material per construir el robot i el material de la capsula i dels polsadors.

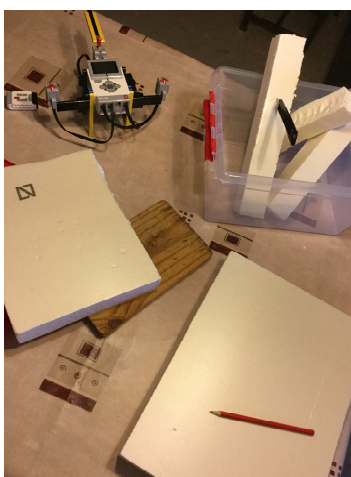


Figura 44. Construint les proteccions del robot.

8.6.1 Material del robot

El LEROHELP està format per components de la capsa de LEGO Mindstorms EV3 i les peces clàssiques de LEGO:

- 2 sensors de contacte que actuen com a pulsadors.
- 1 sensor d'infrarojos que usem com un comandament a distància.
- 1 motor mitjà, que és el que fa girar la peça la barra que a la punta té impresa una imatge d'una pilota de bàsquet.
- 1 centre de control del LEGO Mindstorms EV3 on hi ha el programari del LEROHELP.
- 4 cables que connecten els sensors i el motor al centre de control.
- Peces de LEGO diverses pel muntatge i la decoració.



Figura 45. Capsa amb el material del LEROHELP per les sessions d'avaluació.

8.6.2 Materials de la capsa i pulsadors

S'ha construït una capsa de protecció perquè el robot amb els seus pulsadors sigui ben resistent i robust.

8.6.2.1 Materials per la capsa:

- Capsa de plàstic d'uns nou litres.
- Papers verds i vermells que formen part de la decoració.
- Poliestirè extruït per forma el motlle de suport.
- Una corda per ajuntar les dues peces de poliestirè.
- Tres imatges que estan enganxades a la capsa i a la barra giradora: El logotip de LEROHELP, una cistella i una pilota de bàsquet.

8.6.2.2 Materials pels polsadors:

- Dos tapes de plàstic que faran de polsadors.
- Dos cargols i el seu suport per unir les tapes amb el polsador del LEGO.
- Un paper verd i un vermell que estan enganxats a cada polsador.

8.6.2.3 Informació addicional

S'ha de dir que per la construcció de la capsa i del polsadors, s'han utilitzat diferents eines com: unes tisores, celo, un cúter, un soldador, les estenalles, un punxó, una serra o una llima.

8.6.3 Proteccions pel robot

En començar a fer exercicis amb els nois de l'APPC, de seguida em vaig adonar que el robot havia d'estar protegit i estar en un format molt compacte. Això és degut a que la majoria de pacients amb PC no controlen la intensitat amb que fan els moviments i sovint fan cops molt forts sense voler-ho.

Les construccions amb LEGO són fràgils i quan es trenquen són difícils de reconstruir. I el nostre robot no es podia destruir ràpidament ja que s'havien de dur a terme els exercicis amb diferents pacients durant un nombre determinat de sessions. Els primers polsadors van resultar ser massa senzills i vaig haver de fer-ne uns amb una base més ampla i que aguantessin els cops. També vaig haver de fer una capsa de protecció per protegir el robot de les trompades.

8.6.3.1 Capsa de protecció

Per aconseguir tenir el robot en un format més compacte i resistent, vaig posar el robot dintre d'una capsa de plàstic i només vaig deixar a fora els polsadors i la barra giratòria. Conseqüentment les peces de LEGO formen una "T" al revés.

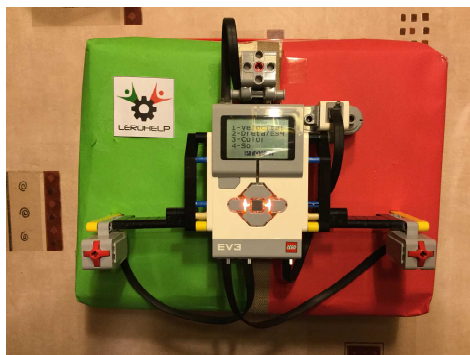


Figura 46. El robot vist des de dalt.

A cada una de les quatre puntes del centre de control baixen quatre potes, i a les puntes de la "T" baixen dues potes més. El robot, sense cap suport, es sustenta amb les quatre potes centrals ja que les dues potes de les ales són més curtes.

Perquè el robot no es mogui i estigui fixe a l'interior de la capsa, vaig crear un motlle. El motlle està fet amb poliestirè extruït, un plàstic compacte però que a l'hora se li pot donar forma. El vaig ajustar el motlle a les mides de la capsa de plàstic perquè entrés a la capsa però que no es pogués moure si el sacsegés. A més a més, vaig fer-hi uns forats per posar les potes del robot, així s'evita que es mogui, i un altre forat per fer cabre el motor.

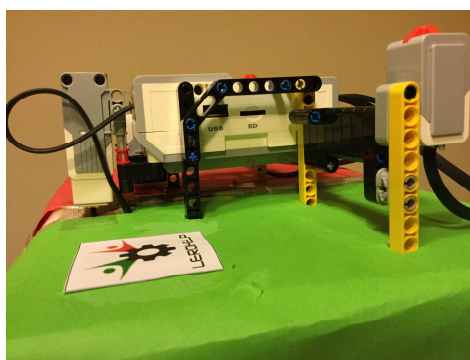


Figura 47. Les potes del robot a dintre del motlle.

Un cop tenim el robot al motlle falta introduir-lo a la capsa que queda ubicada capgirada, de forma que la tapa és la part que toca la taula. Hi ha quatre forats a la part inferior de la capsa que quedaran a la part superior del robot. Els quatre forats són per on apareixen els dos pulsadors, el motor i la pantalla. S'han dut a terme les següents accions amb l'objectiu de protegir el robot. Primer posar el motlle sobre la tapa de la capsa, a continuació encaixar el robot al motlle, i

finalment posar la capsula fins el final, de manera que quadri amb els polsadors del robot i l'enganxo amb la tapa.

8.6.3.2 Polsadors

Els exercicis es duen a terme amb dos polsadors que ha de ser ben resistents.

El polsador està fet amb una tapa de plàstic d'un taper, aquesta tapa té un forat al mig per on s'ha enganxat un cargol que s'unirà al sensor de contacte de LEGO. El cargol i la tapa estan ben units amb pega forta. Per sota de la tapa s'ha posat un paper circular amb el color verd en un i vermell a l'altre. Un avantatge important d'aquests polsadors és que en cas de rebre un fort impacte no es trenquen sinó que surten disparats fora del seu lloc.



Figura 48. Els dos polsadors.

8.7 Evolució del LEROHELP

El robot LEROHELP ha sofert una evolució considerable des de que vaig començar el projecte. S'han fet moltes modificacions i encara es podria fer un futur model. Al final del capítol hi ha una taula comparativa entre els diferents models on es pot apreciar l'evolució del robot.



Figura 49. Construint el motlle pel robot.

8.7.1 Modificacions

L'evolució del robot ha estat tant física: canvis de peces o nous dissenys, com canvis del *software*. Tots aquests canvis han millorat el robot notablement.

Abans de començar les proves que es mostren a la part experimental d'aquest document, vaig anar dos dies a l'APPC per testejar el robot i fer-lo millor si calia. Vaig fer algunes proves amb els nois amb qui després treballaria i vam veure un munt de coses a canviar. També durant el transcurs de les proves vaig fer alguns canvis que creia convenients i que no afectarien les proves ja fetes i els resultats continuarien sent vàlids.

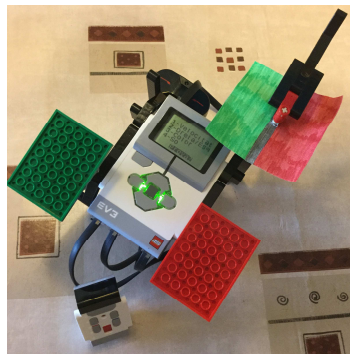


Figura 50. Primer model de LEROHELP.

El primer dia de proves, de seguida em vaig adonar que el primer model del LEROHELP tenia un disseny massa fràgil, les persones amb paràlisi cerebral fan moviments molt bruscos, conseqüentment, en el primer dia, el robot va quedar molt malmès i es va haver de reconstruir per continuar. Per això, en el segon model, vaig posar el robot dintre d'una caps de protecció. Els dos pulsadors i la

barra de gir havien de ser més grans i visibles, ja que sinó als nois els costa prémer-los o no els veuen. Vam haver de incrementar la mida dels pulsadors i pintar-los dels colors verd i vermell. Una altra dificultat que ens vam trobar fou que tot anava massa ràpid, no tenien temps a realitzar els exercicis, per tant, vam haver d'augmentar el temps de resposta dels exercicis. A més, en el primer model, l'anglès era l'idioma de l'exercici del so, en el segon model, el vam passar al català per facilitar la comprensió. Amb totes aquestes indicacions vaig començar el segon model.



Figura 51. Segon model del LEROHELP.

El segon model del LEROHELP tampoc es va escapar de patir alguna modificació però ja van ser més petites i un cop millorat el robot ja fou el definitiu. Una cosa que vaig observar fou que es distreien mirant a través de la capsa de plàstic transparent, llavors vaig posar papers dels colors verd i vermell. D'aquesta manera, també era més visible la diferència de colors per la dreta i esquerra respectivament. A l'exercici de la velocitat, vam veure que alguns usuaris no comprenien el significat "al mig, entre els dos colors" per aquest motiu es va posar a la punta de la barra una imatge d'una pilota de bàsquet i a la capsa es va enganxar la imatge d'una cistella, d'aquesta manera els podria dir "prem el botó quan la pilota de bàsquet passi per la cistella així aconseguiràs punts", i així alguns d'ells ja van entendre l'exercici.

Aquestes van ser les modificacions que vaig dur a terme al LEROHELP abans de començar l'estudi. Tot i això, durant la realització dels exercicis van sorgir algunes millores a fer i les vaig dur a terme ja que no alteraven els resultats i contribuïen a la millora del robot, l'evolució continua.

En els primers dies de les proves vaig veure que depenent del noi que feia els exercicis, eren millors els polsadors resistents o els anterior que eren més suaus. Ja que n'hi havia que donaven trompades molt fortes als polsadors però en canvi n'hi havia d'altres que feien gestos molt suaus i premien massa fluix, i el robot no els detectava. Llavors a partir d'aquell moment vaig portar sempre els dos polsadors i depenent del noi que li tocava fer els exercicis posava un polsador o l'altre. Un altre problema amb que em vaig trobar era que una noia no arribava mai a temps de fer els exercicis perquè feia els exercicis molt lentament, llavors treia notes molt baixes però per solucionar-ho i saber si de debò havia entès els exercicis li vaig dir que als exercicis de dreta esquerra havia d'aixecar la mà del lloc correcte enlloc de anar a prémer. Amb aquest nou mètode, vam veure que entenia els exercicis però que no els podia fer degut als problemes físics que pateix.

Amb tots aquests canvis, modificacions, correccions i millores vam deixar el LEROHELP finalitzat per dur a terme els exercicis durant les pròximes sessions d'exercicis. Però un cop acabat el treball ens hem adonat d'alguns aspectes que es podien haver millorar, per això proposo futures modificacions.

8.7.2 El pròxim model

Si aquest robot hagués de sortir al mercat, encara s'haurien de perfeccionar i millorar algunes cosetes que formarien el tercer model del LEROHELP.

Els punts a millorar podrien ser:

Estudiar una nova manera de notificar als participants els encerts que fan perquè el sistema de colors i sons confonia determinats participants.

També em vaig trobar que no tots els nois dominaven el català, n'hi havia que els seu idioma de comunicació era el castellà i això els suposava una dificultat afegida a l'hora d'entendre l'exercici del so. Durant les proves, es va solucionar repetint el so en castellà però es podria afegir al *software* una opció de canvi d'idioma a l'hora de dir els colors.

Un altre aspecte a millorar podria ser la resistència de l'estructura. Amb un model encara més sòlid, més usuaris podrien utilitzar LEROHELP sense tenir por a que el material sigui malmès. Si els polsadors fossin més grans i sensibles també seria un

punt a favor molt important, ja que els polsadors no eren els que estan adaptats per pacients amb paràlisi cerebral.

Regular la velocitat dels exercicis i el temps de reacció segons les capacitats de cada participant també seria un punt molt important per implementar LEROHELP a gran escala.

Una il·luminació més potent dels LED i fer la zona de llum més ampla, seria molt important ja que així persones amb problemes visuals podrien fer els exercicis igualment.

El proper model podria portar una actualització del programari amb més exercicis. Els exercicis podrien ser de diferents temàtiques, perquè a la llarga només quatre exercicis podria acabar essent monòton i així podríem ampliar el robot a diferents nivell cognitius.

Un cop afegides totes aquestes modificacions tindríem el tercer model de LEROHELP.

8.7.3 Taula comparativa dels models LEROHELP

LEROHELP	1r model (no es va arribar a utilitzar)	2n model (el del TDR)	3r model (el del futur)
Existeix	No	Sí	No
Data de llançament	Setembre 6, 2017	Setembre 15, 2017	-
Exercicis	4 exercicis	4 exercicis	+ de 4 exercicis
Regulació del temps dels exercicis i la velocitat	No	No	Sí
Capsa de protecció / Disseny correcte	No	Sí	Sí, però reforçat i perfeccionat
Polsadors	Sí	Sí	Sí, però més grans i sensibles
Idioma	Català	Català	Català / Castellà
Decoració	No	Sí	Sí
Fàcil comprensió de cara l'especialista	No	Sí	Sí, millorat
Fàcil comprensió de cara l'alumne	No	No	Sí
Característiques internes del LEROHELP			
El tercer model podria acabar utilitzant un LEGO Mindstorms més modern però que quan es va fer aquest treball encara no havia sortit al mercat.			
LEGO	EV3	EV3	EV3
Mindstorms			

Pantalla	LCD monocrom. 178x128 px	LCD monocrom. 178x128 px	LCD monocrom. 178x128 px
Processador	TI Sitara ARM9 @300 MHz	TI Sitara ARM9 @300 MHz	TI Sitara ARM9 @300 MHz
Memòria	64 MB RAM 16 MB Flash ranura microSD de fins a 32GB	64 MB RAM 16 MB Flash ranura microSD de fins a 32GB	64 MB RAM 16 MB Flash ranura microSD de fins a 32GB
Ports	4 per motors i 4 per sensors	4 per motors i 4 per sensors	4 per motors i 4 per sensors
Comunicació per wifi	Amb un adaptador USB	Amb un adaptador USB	Amb un adaptador USB
Comunicació amb smartphones	Android i iOS	Android i iOS	Android i iOS
Comunicació amb PC	USB 480 Mbps	USB 480 Mbps	USB 480 Mbps
Bluetooth	Bluetooth v2.1	Bluetooth v2.1	Bluetooth v2.1

Taula 3. Taula comparativa dels models LEROHELP.

9. Base de l'experimentació

S'ha dut a terme sis sessions d'avaluació a set persones amb paràlisi cerebral de l'Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona (APPC) que forma part de l'experimentació del TDR. Tots els exercicis de les proves s'han fet amb el segon model del LEROHELP.

9.1 Les sessions d'avaluació

Les sessions d'avaluació s'han dut a terme en una aula de l'APPC on només estàvem l'especialista de l'APPC, el noi que fa els exercicis i jo. Els nois que feien els exercicis s'asseien davant d'una taula. Depenent de qui feia els exercicis, ajustàvem la taula perquè tinguessin la capsa a l'altura correcta per poder prémer còmodament els polsadors i veure la part superior de la capsa. Jo em col·locava al seu davant, d'aquesta manera els explicava els exercicis assenyalant els polsadors i la barra.



Figura 52. Targeta d'identificació de l'APPC.

Els set participants de la part experimental formaven part del taller, de l'escola o de la residència de l'APPC. Després d'unes sessions vam veure que una noia que estava participant a la part experimental no tenia el coeficient intel·lectual suficient i no podia realitzar cap exercici, ja que no entenia res i no estava atenta. Quan faltaven tres sessions per acabar la part experimental, va arribar a l'APPC un noi que tenia les qualitats per fer els exercicis i es va afegir al grup. El participant més jove tenia 18 anys quan va fer els exercicis i el més gran en tenia 41. La mitjana d'edat fou de 31 anys.

A més a més, també han realitzat els exercicis set persones sense cap mena de discapacitat de diferents edats que serviran com a model de comparació.

El temps de mitjana per participant era de 10-15 minuts, que incloïa l'explicació de cada exercici, la realització dels 4 exercicis i algunes repeticions si ho creia convenient.

Tots els participants resten en l'anonimat degut a motius de privacitat, per aquest motiu faig referència a ells per l'inicial del nom. Tot i això, dispo del permís dels responsables legals dels participants per ser fotografiats o enregistrats.

9.2 Informació dels participants

De cada participant tenim la següent informació:

- Sexe, masculí o femení.
- Data naixement.
- Edat en el moment que van fer els exercicis.
- Diagnòstic, característiques mèdiques del participant.
- Lateralitat bona, quina és la seva mà bona.
- Problemes visuals, si porta ulleres o té alguna alteració de la vista.
- Problemes auditius, si fa ús d'audiòfons o està sord.

Aquesta informació forma l'anamnesi³⁰ dels participants de l'APPC, el qual adjunto a continuació.

³⁰ L'anamnesi és la part de la història clínica d'un malalt que recull, d'ell mateix o d'altres persones, els antecedents familiars, fisiològics, patològics, etc.

Anamnesi sobre els participants de LEROHELP, que han fet els exercicis:

Alumnes	Sexe	Data naixement	Edat * cronològica	Procedència de l'APPC	Diagnòstic**	Mà bona	Problemes visuals***	Problemes auditius** *
O	M	26/03/1999	18 anys	Escola	Paràlisis cerebral i necessitats de suport intensiu Tetraparèsia espàstica amb predomini de membres inferiors, més evident al hemisferi dretà	Esquerra	-	-
E	F	17/10/1980	37 anys	Residència	Paràlisis cerebral amb necessitats de suport intensiu Tetraparèsia espàstica	Dreta	Miopia, porta ulleres.	-
V	F	05/09/1976	41 anys	Residència	Paràlisis cerebral amb necessitats de suport intensiu Tetraparèsia espàstica distònica amb predomini d'afectació de membres inferiors i hemisferi esquerre	Dreta	-	-
R	M	30/12/1987	30 anys	Taller	Paràlisis cerebral amb necessitats de suport intensiu Tetraparèsia espàstica atetòsica amb més afectació de l'hemisferi dret	Esquerra	-	-
J	M	12/11/1986	31 anys	Residència	Paràlisis cerebral amb necessitats de suport intensiu Tetraparèsia espàstica amb més afectació de l'hemisferi esquerra	Dreta	-	-
I	M	29/06/1979	39 anys	Taller	Paràlisis cerebral amb necessitats de suport intensiu Tetraparèsia espàstica amb més afectació d'extremitats inferiors	Esquerra	-	-
M	M	14/07/1997	20 anys	Escola	Retard psicomotriu, possible alteració genètica amb necessitats de suport intensiu.	Dreta	-	-

*L'edat cronològica és la que tenien els participants en el moment que van participar al projecte LEROHELP.

**Quan es diu que necessita suport intensiu, vol dir que pateix retard mental d'algun grau que ja es dona per suposat.

***La majoria de persones amb paràlisis cerebral no se'ls han fet proves auditives o visuals ja que els especialistes consideren que això és un mal menor amb la paràlisis cerebral. Això vol dir que molts d'ells si que tenen algun problema visual o auditiu però no se'n té constància. Un altre problema és que molts pacients venen quan ja son grans llavors aquestes proves per saber si hi ha alguna deficiència visual o auditiva és responsabilitat de les famílies.

Figura 53. Anamnesi participants de l'APPC.

9.3 Anàlisi del progrés

S'han usat dues maneres d'observar el progrés individualitzat dels participants al llarg de les sessions que s'han anomenat: puntuació i valoració. LEROHELP calcula la puntuació en base als encerts en cada exercici, mentre que el responsable del robot dedueix la valoració. Aquesta valoració es basa en els següents conceptes:

- Si està distret.
- Si li agrada fer els exercicis.
- Si s'esforça a fer el exercicis tot i que potser no els faci bé.
- Si té ganes de jugar i està motivat.

A cada sessió de cada participant s'omplia el model de recollida de dades que es mostra a continuació.

Nom	Edat	Procedència	Fi t x a d' avaluació						
			Martí Serratosa Sedó						
			21/9/17						
	22 de setembre	29 de setembre	6 d'octubre	13 d'octubre	20 d'octubre	27 d'octubre	3 de novembre	10 de novembre	17 de novembre
Estat									
Exercici 1:									
Informació extra									
Exercici 2:									
Informació extra									
Exercici 3:									
Informació extra									
Exercici 4:									
Informació extra									
És distreu?									
Li agrada?									
S'esforça?									
Te ganes de jugar?									

Figura 54. Document de recollida de dades, altrament dit fitxa d'avaluació.

Aquest document està disponible l'[Annex 1](#) per a poder ser utilitzat. També es pot descarregar el document del següent enllaç:

<https://drive.google.com/open?id=1tN0tVyiW6BtNWpA2bnERNfykitibUWsC>

Un cop es van tenir les dades en paper, es van passar a l'ordinador per després poder analitzar-les i extreure'n estadístiques. A l'[Annex 2](#) es mostren els documents de recollida de dades de les diferents sessions amb les anotacions.

A més a més, després de cada sessió d'avaluació redactava un petit resum amb les principals característiques del dia. Aquests resums es poden trobar a la cronologia i seran utilitzats a l'hora de mirar els resultats i conclusions.

Per poder comparar els resultats del participants amb paràlisi cerebral, també vaig fer els exercicis, seguint el mateix procediment, a persones de diferents edats que no pateixen cap discapacitat. A l'[Annex 3](#) podeu trobar el document de les anotacions als usuaris sense cap discapacitat.

A l'última sessió d'avaluació, vaig demanar que em firmessin un certificat que mostrés que havia dut a terme vuit sessions a l'Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona durant els mesos de setembre, octubre i novembre. Dues sessions van ser de proves inicials i les altres sis van ser d'avaluació.

A qui concerneixi,

Aquest document és per informar que en **Martí Serratosa Sedó**, alumne de segon de batxillerat de l'Institut Antoni de Martí i Franquès, ha estat realitzant la part pràctica del Treball de Recerca a l'Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona durant quasi tots els divendres de finals de setembre, tot l'octubre i principis de novembre, treballant amb alumnes de l'escola, el taller i la residència del centre.

Aquest treball ha consistit en dues fases. La primera fase es basa en el disseny d'un sistema robòtic per dur a terme uns exercicis lúdics a persones amb paràlisi cerebral. La segona fase consta del dia a dia realitzant els exercicis amb els alumnes del centre. L'objectiu era estudiar la seva millora en la capacitat de reacció, comprensió, etc. al llarg d'unes quantes sessions.

A l'Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona s'han dut a terme aquests exercicis pràctics durant gairebé mes i mig.



NEUS ROBERT I RDVIRA 37914467-7
DIRECTORA ESCOLA LA MUNTANYETA

Tarragona, divendres 3 de novembre del 2017.

Figura 55. Certificat d'assistència i feina realitzada.

10. Resultats de l'experimentació

Els resultats que he obtingut a les sessions d'avaluació són molt diferents en cada participant. Aquestes diferències tant notòries en els resultats de manera individualitzada tenen el motiu que cada participant és força diferent dels altres. Tots tenen en comú que pateixen paràlisi cerebral, però la paràlisi cerebral és diferent en cada cas, com s'ha comentat en la introducció d'aquest document. En alguns participants, la paràlisi els afecta més en l'àmbit cognitiu mentre que en d'altres, els afecta més en la coordinació dels músculs. Hi ha participants que tenen el mateix tipus de paràlisi però no realitzaré una comparativa entre tipus ja que posseeixen diferents graus d'afectació de la paràlisi i hemisferis diferents.

Per aquest motiu, estudiaré els resultats de manera personalitzada, analitzant el progrés personal i després posaré en comú el progrés de cadascun dels participants; però no compararé resultats entre ells.

10.1 Document amb els resultats

La següent taula mostra totes les dades recollides.

Participants amb PA		Exercici 1	Exercici 2	Exercici 3	Exercici 4	És distreu?	Li agrada?	S'esforça?	Vol jugar?
Informació	Data (2017)	Velocitat	Dreta/Esq	Color	So				
O	22-set	0,00	3,00	7,00	10,00	7,00	8,00	8,00	9,00
Masculí	29-set	0,00	3,00	6,00	10,00	5,00	9,00	8,00	10,00
18 anys	6-oct	1,00	4,00	7,00	10,00	6,00	9,00	9,00	10,00
Esquerrà	20-oct	5,00	10,00	10,00	10,00	3,00	9,00	8,00	10,00
Escola	27-oct	2,00	8,00	9,00	10,00	5,00	9,00	8,00	10,00
	3-nov	5,00	8,00	10,00	10,00	2,00	10,00	10,00	10,00
Mitjana:		2,17	6,00	8,17	10,00	4,67	9,00	8,50	9,83
Notes:									
M	22-set	—	—	—	—	—	—	—	—
Masculí	29-set	—	—	—	—	—	—	—	—
20 anys	6-oct	—	—	—	—	—	—	—	—
Dreta	20-oct	6,50	7,00	9,00	10,00	2,00	7,00	10,00	7,00
Escola	27-oct	5,00	9,00	8,00	10,00	1,00	6,00	10,00	6,00
	3-nov	7,00	10,00	10,00	9,00	0,00	7,00	10,00	7,00
Mitjana:		6,17	8,67	9,00	9,67	1,00	6,67	10,00	6,67
Notes:									
R	22-set	2,00	6,50	6,00	7,00	0,00	8,00	10,00	10,00
Masculí	29-set	1,00	9,00	6,00	6,00	3,00	7,00	8,00	8,00
30 anys	6-oct	—	6,00	6,00	8,00	1,00	8,00	10,00	9,00
Esquerrà	20-oct	—	9,00	8,00	9,00	0,00	10,00	10,00	10,00
Taller	27-oct	—	9,00	8,00	7,00	0,00	8,00	10,00	9,00
	3-nov	—	9,00	8,00	8,00	0,00	9,00	10,00	8,00
Mitjana:		1,50	8,08	7,00	7,50	0,67	8,33	9,67	9,00
Notes:		* 7,00							
J	22-set	0,00	0,00	0,00	7,00	7,00	8,00	7,00	7,00
Masculí	29-set	0,00	0,00	0,00	9,00	7,00	8,00	8,00	8,00
31 anys	6-oct	0,00	0,00	0,00	9,50	6,00	7,00	9,00	10,00
Dreta	20-oct	0,00	0,00	0,00	10,00	6,00	7,00	8,00	8,00
Residència	27-oct	0,00	0,00	0,00	10,00	4,00	8,00	9,00	9,00
	3-nov	0,00	0,00	0,00	10,00	3,00	8,00	8,00	7,00
Mitjana:		0,00	0,00	0,00	9,25	5,50	7,67	8,17	8,17
Notes:					en castellà				
E	22-set	0,00	—	—	3,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Femení	29-set	0,00	—	—	0,00	6,00	7,00	8,00	10,00
37 anys	6-oct	0,00	5,00	3,00	4,00	7,00	9,00	7,00	9,00
Dreta	20-oct	0,00	3,00	5,00	2,00	9,00	10,00	9,00	10,00
Residència	27-oct	0,00	4,00	3,00	2,00	7,00	10,00	10,00	10,00
	3-nov	0,00	4,00	—	2,00	5,00	10,00	10,00	10,00
Mitjana:		0,00	4,00	3,67	2,17	6,83	9,00	8,83	9,83
Notes:			* 8,50	* 8,66	* 8				
I	22-set	0,00	0,00	3,00	8,00	6,00	8,00	6,00	8,00
Masculí	29-set	—	—	—	—	—	—	—	—
39 anys	6-oct	0,00	0,00	5,00	7,00	8,00	8,00	8,00	9,00
Esquerrà	20-oct	0,00	0,00	5,50	7,50	10,00	9,00	7,00	8,00
Taller	27-oct	0,00	0,00	7,00	8,00	8,00	8,00	9,00	9,00
	3-nov	0,00	0,00	6,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Mitjana:		0,00	0,00	5,30	7,30	7,80	8,20	7,80	8,80
Notes:									
V	22-set	0,00	1,00	0,00	0,00	8,00	4,00	3,00	4,00
Femení	29-set	—	—	—	—	—	—	—	—
41 anys	6-oct	—	—	—	—	—	—	—	—
Dreta	20-oct	—	—	—	—	—	—	—	—
Residència	27-oct	—	—	—	—	—	—	—	—
	3-nov	—	—	—	—	—	—	—	—
Mitjana:		0,00	1,00	0,00	0,00	8,00	4,00	3,00	4,00
Notes:									
Mitjana de tots		1,40	3,96	4,73	6,55	4,92	7,55	8,00	8,04
Mitjana de tots (excepte V)		1,64	4,46	5,52	7,65	4,41	8,14	8,83	8,72
Participants sense cap discapacitat									
Masculí	14 anys	10,00	10,00	10,00	10,00	Anotacions el _ vol dir que no va fer l'exercici si ho han fet a sorts la puntuació és 0,00 * vol dir que ho ha fet aixecant la mà El M, es va unir tard al projecte La V, va abandonar el projecte Les puntuacions són sobre 10 PA vol dir paràlisi cerebral			
Masculí	17 anys	9,00	10,00	10,00	10,00				
Masculí	49 anys	9,00	10,00	10,00	10,00				
Masculí	50 anys	9,00	10,00	10,00	10,00				
Femení	51 anys	9,00	10,00	10,00	10,00				
Femení	81 anys	7,50	10,00	10,00	10,00				
Masculí	83 anys	8,00	9,00	8,00	9,00				
Mitjana de tots		8,79	9,86	9,71	9,86				

Taula 4. Dades recollides en totes les sessions experimentals.

10.2 Anàlisi dels resultats individualment

Per analitzar amb deteniment el progrés que han fet els participants al projecte LEROHELP, he fet unes gràfiques amb els seus resultats de les sessions d'avaluació.

10.2.1 Participant O

Aquesta persona té 18 anys, sexe masculí i és esquerrà.

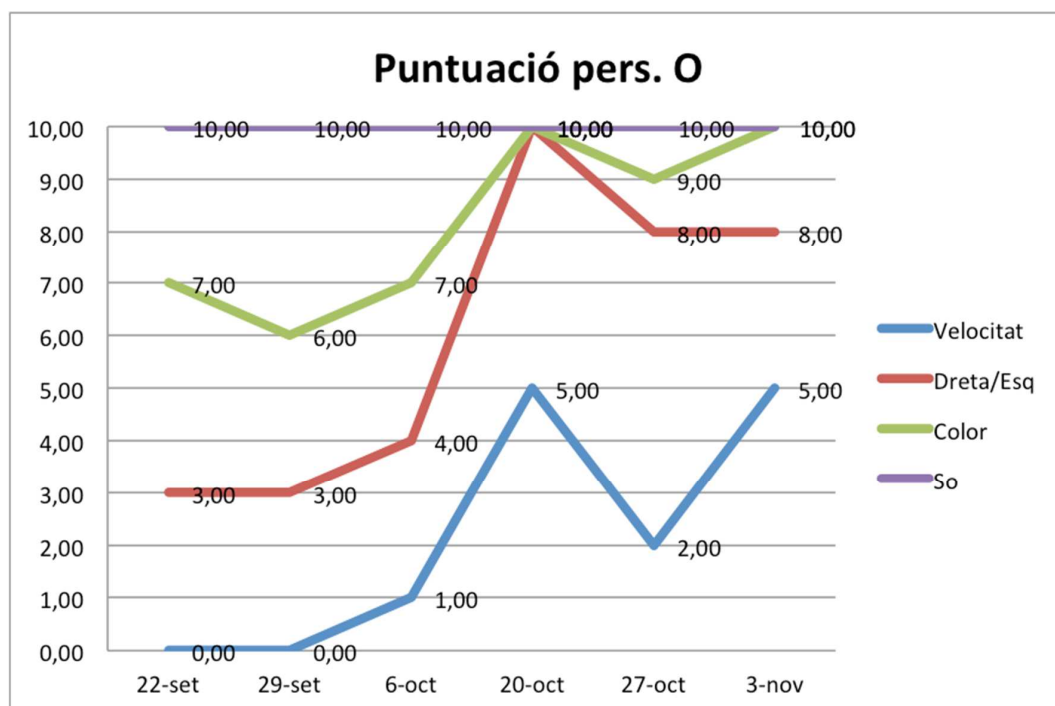


Figura 56. Gràfic de puntuació, O.

El participant O va millorar els encerts que feia als exercicis al llarg de les sessions. A l'exercici de la velocitat, el més difícil de tots, sessió a sessió va anar millorant els encerts que feia acabant amb un 5. Els exercicis de dreta/esquerra i color també va anar millorant progressivament acabant amb uns bons resultats. Finalment, a l'exercici del so, des del començament ja el va comprendre i va mantenir la màxima nota durant totes les sessions.

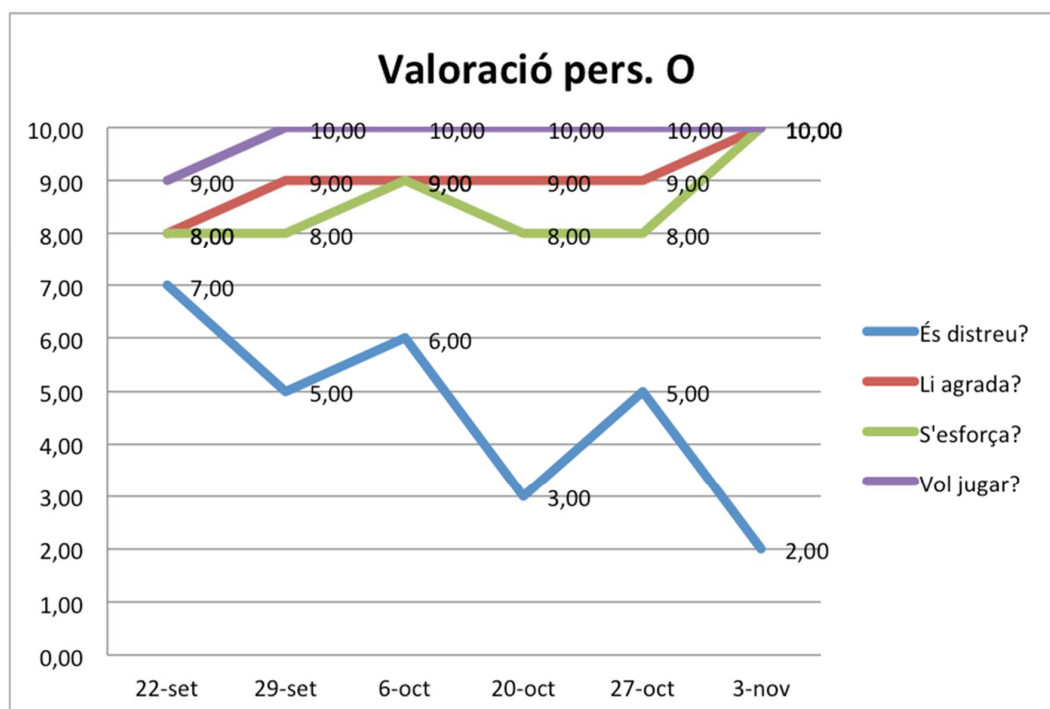


Figura 57. Gràfic de valoració, O.

Aquest participant era dels que mostrava més interès pels exercicis. Venia amb moltes ganes de participar i s'esforçava el màxim. A l'acabar l'activitat li preguntava que li havia semblat i em deia que li agradava molt venir. La valoració de si vol jugar, l'esforç i si li agrada, són molt positives. L'única cosa a millorar era que és distreia bastant, però quan me'n vaig adonar que quan no el miraves mentre feia els exercicis és concentrava més, la seva distracció va disminuir notablement. Al final es va acabar sabent les instruccions de memòria.

Amb aquest participant vaig poder mantenir converses sobre temes diferents a LEROHELP, i l'últim dia em digué que li sabia greu que s'acabés el projecte.

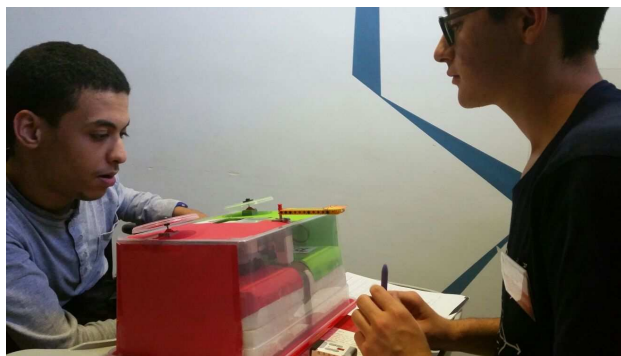


Figura 58. El participant O fent un exercici.

10.2.2 Participant M

Aquesta persona té 20 anys, sexe masculí i és dretà.

Aquest participant només va fer els exercicis a les tres últimes sessions, disminuint el marge de millora amb el temps.

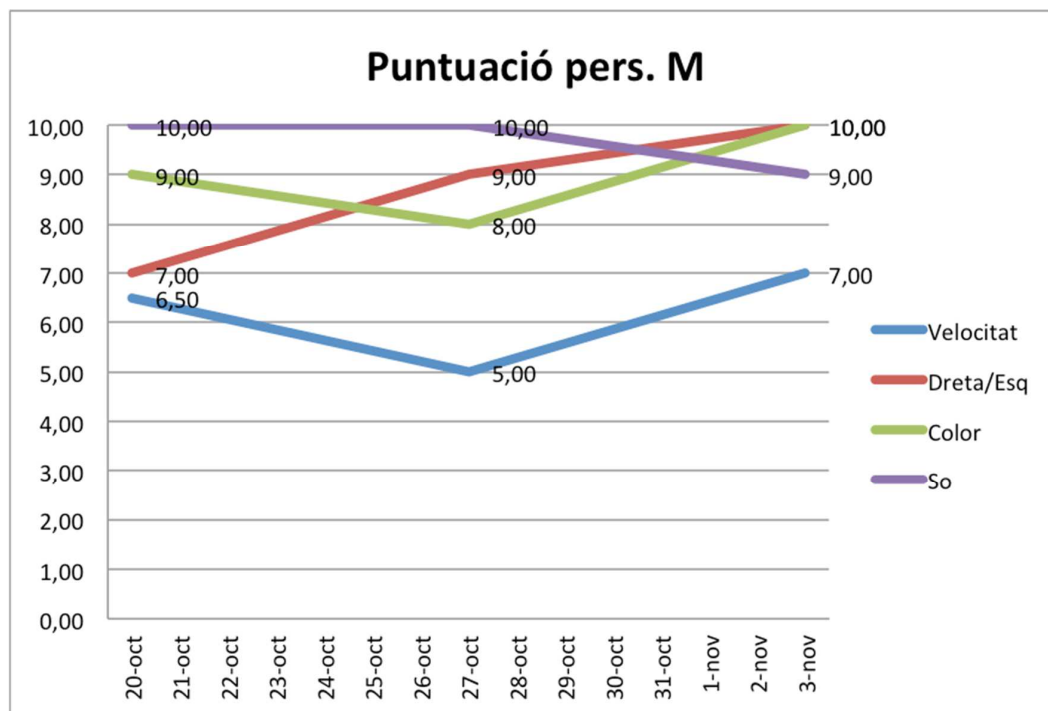


Figura 59. Gràfic de puntuació, M.

El participant M, ja des del primer dia va fer molts encerts a tots els exercicis. En aquest cas, no podem observar una millora considerable degut a les poques sessions. A l'exercici de velocitat, és la persona que té més encerts, i a l'últim dia va ser on va fer el màxim d'encerts. A l'exercici de dreta/esquerra potser és l'únic on podem veure el seu progrés acabant amb 10 encerts. Als exercicis de color i so, va fer els mateixos encerts de mitjana durant les tres sessions.

Jo crec que si aquest participant hagués continuat fent les exercicis durant més temps podria haver acabat amb tot deus fàcilment.

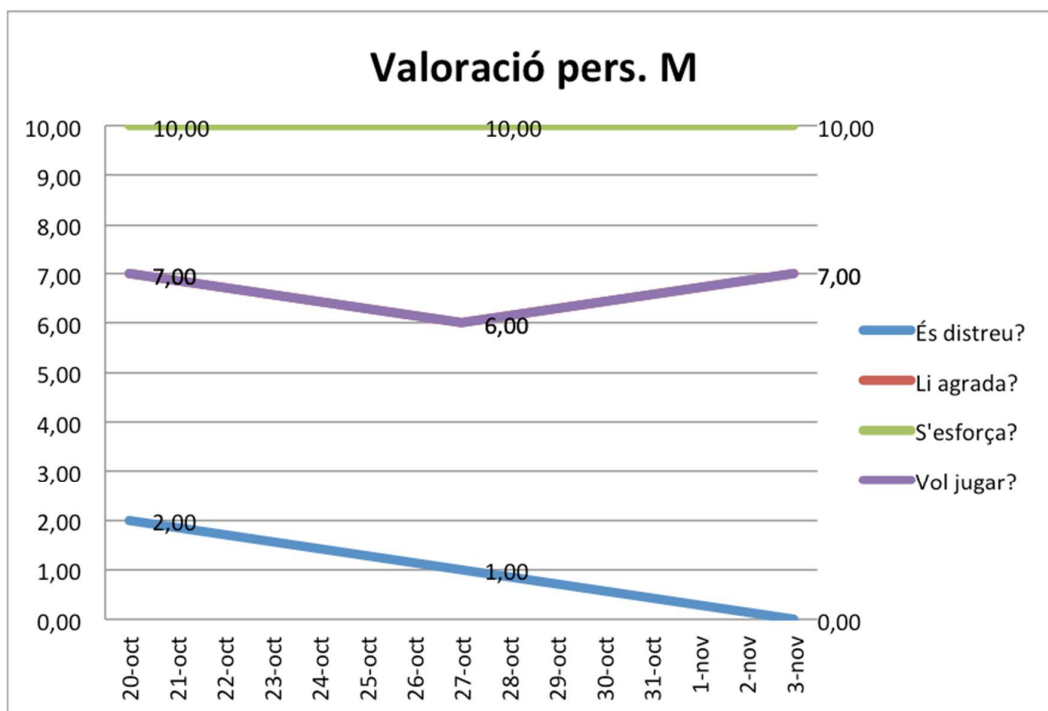


Figura 60. Gràfic de valoració, M.

El participant M, s'esforçava el màxim. En les tres dies, estava concentradíssim fent els exercicis i cada cop es distreia menys. La valoració de si li agrada i si vol jugar és la mateixa, les línies del gràfic estan solapades. Aquesta persona no mostrava un interès destacat en els exercicis. Semblava que s'avorrís una mica fent els exercicis, tot i això els feia el màxim bé que podia. Al començament tenia molta vergonya però si li va anar passant al llarg de les sessions que feia.



Figura 61. El participant O duent a terme l'exercici velocitat.

10.2.3 Participant R

Aquesta persona té 30 anys, sexe masculí i és esquerrà.

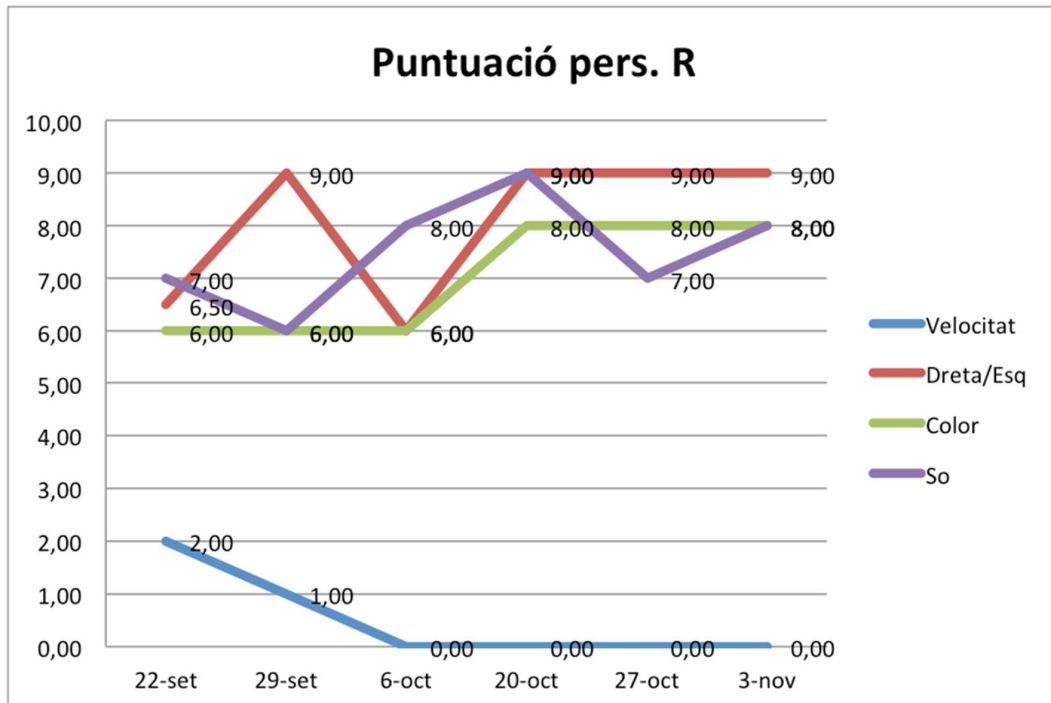


Figura 62. Gràfic de puntuació, R.

El participant R va entendre tots els exercicis però degut a una falta de mobilitat als braços no va poder fer més encerts. A l'exercici de la velocitat, per culpa d'aquesta manca de mobilitat, no arribava a temps als pulsadors i per això te gairebé zero encerts. Per aquest motiu li vaig dir d'aixecar el braç (no pulsar) quan ell cregués que era el moment, amb aquest nou mètode, va fer una mitjana de 7 encerts a l'exercici de velocitat. Mostrant la seva comprensió al exercici. Els exercicis de dreta/esquerra, color i so tenen més marge de temps, per aquest motiu va fer molts encerts. I en tots aquests exercicis és pot observar una millora a partir de la tercer sessió.

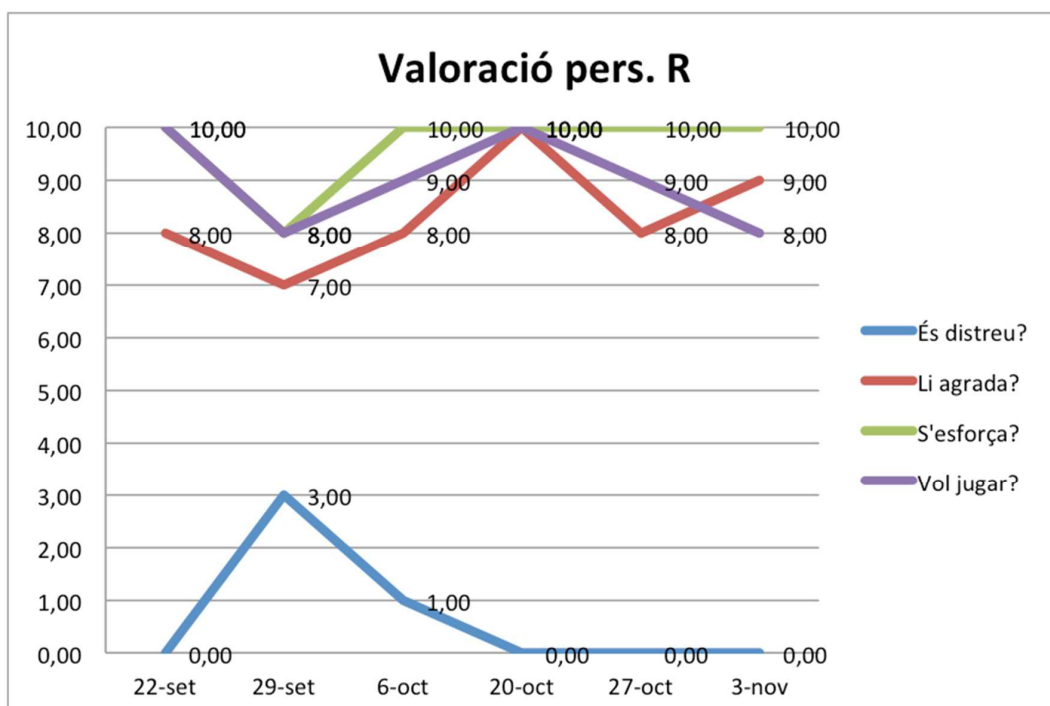


Figura 63. Gràfic de valoració, R.

Aquesta persona estava sempre disposada a jugar. Li agradava fer els exercicis, sobre tot al final que ja els feia millor. El nivell de distracció és mínim, dels més baixos. El participant s'esforçava el màxim quan realitzava els exercicis. L'aspecte de si vol jugar mostra pujades i baixades durant el transcurs de les sessions però mantenint una valoració molt alta. Aquesta persona es va acabar sabent les instruccions al final.



Figura 64. El participant R realitzant un exercici.

10.2.4 Participant J

Aquesta persona té 31 anys, sexe masculí i és dretà.

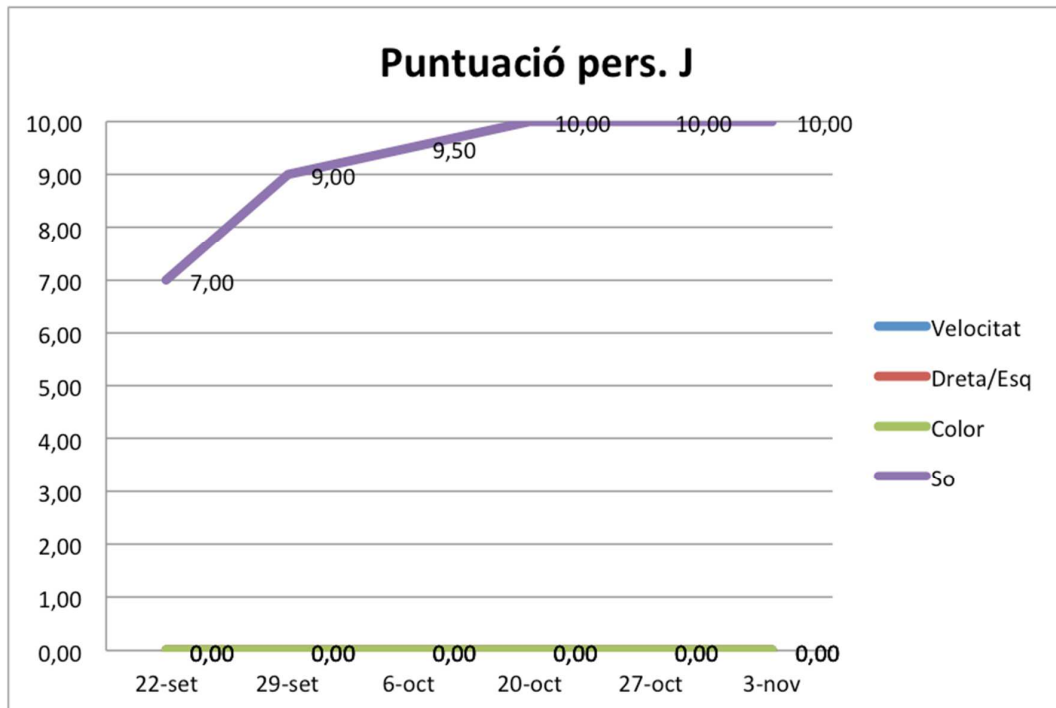


Figura 65. Gràfic de puntuació, J.

El participant J, només sabia fer l'exercici del so. A l'exercici del so, va fer molts encerts, acabant les sessions amb la màxima puntuació. Però en els altres tres exercicis, dreta/esquerra, color i velocitat; no els va arribar a entendre mai tot i explicar-los cada dia. Aquests tres exercicis els feia de forma aleatòria, a sorts, per aquest motiu té una puntuació de zero a tots tres exercicis. L'exercici del color jo crec que no ho veia, ja que els LEDS eren petits i semblava estar absent.

En aquest participant, només podem observar una millora a l'exercici del so, acabant amb la màxima puntuació, ja que és l'únic que va entendre.

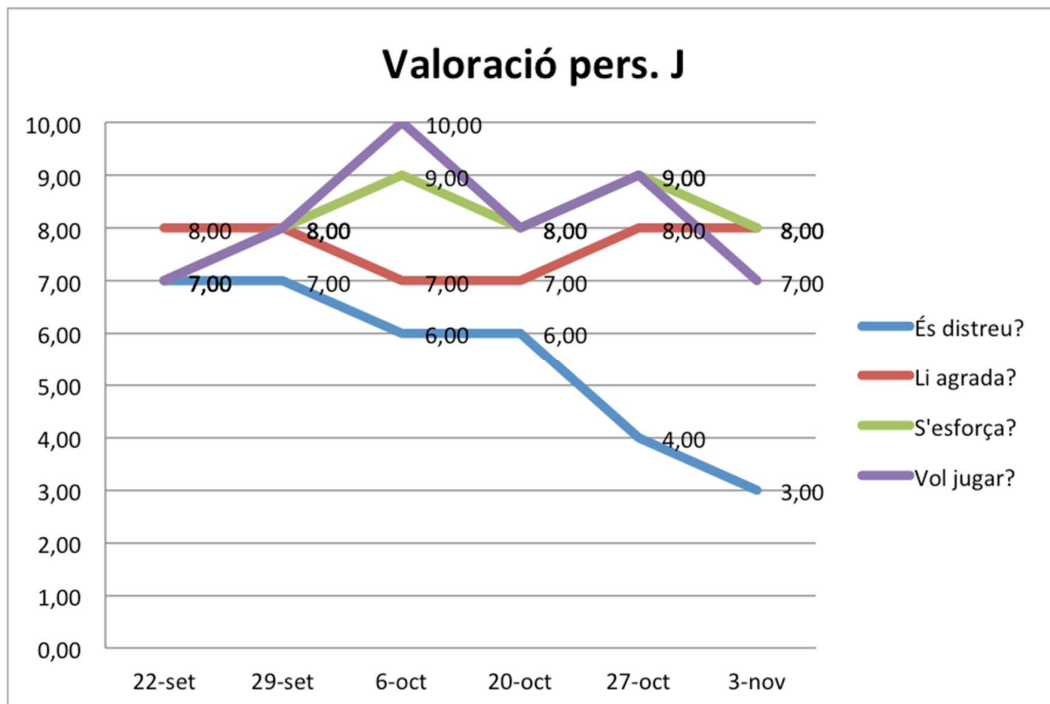


Figura 66. Gràfic de valoració, J.

Aquesta persona, al llarg de les sessions estava més concentrat i el seu nivell de distracció va anar baixant. Els aspectes de la valoració de si li agrada i s'esforça van ser constants al voltant 7-8 i 8-9 respectivament. La valoració sobre si vol jugar, no és pot tenir en compte ja que va es molt diversa depenent de la sessió d'avaluació.

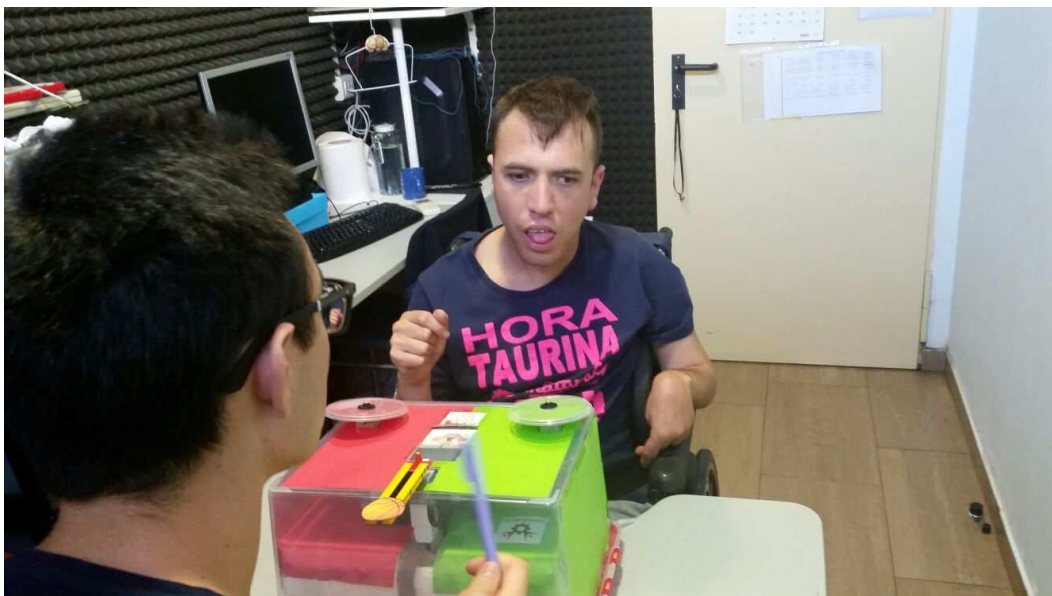


Figura 67. El participant J fent un exercici.

10.2.5 Participant E

Aquesta persona té 37 anys, sexe femení i és dretà.

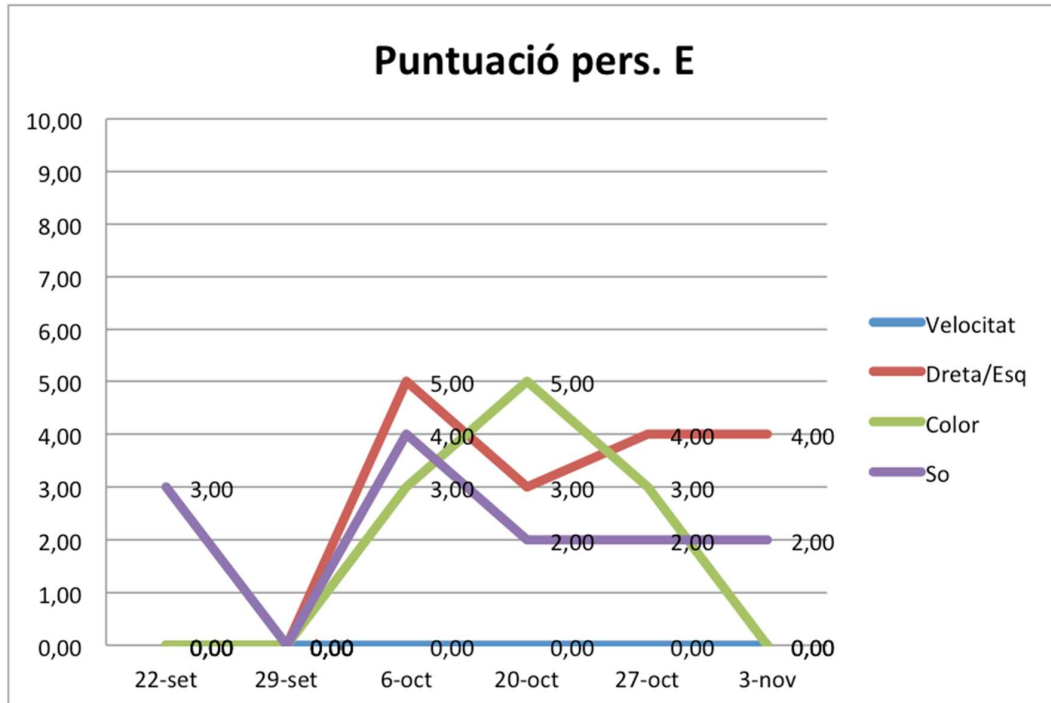


Figura 68. Gràfic de puntuació, E.

El participant E, l'exercici de velocitat no el va arribar a entendre en les sis sessions. Els exercicis de dreta/esquerra, color i so sí que els va comprendre però al fer els moviments tant lents no arribava a temps de clicar i per aquest motiu va fer pocs encerts. La seva mitjana d'aquests tres exercicis es troba al voltant de 3 encerts, gràcies a que va anar millorant en els exercicis menys al del color que sorprenentment va fer una pujada però després una baixada. Per saber si els comprenia, li vaig demanar si volia fer els exercicis però enlloc de polsar havia d'aixecar la mà. D'aquesta manera va obtenir un 8,5 a dreta/esquerra, un 8,66 al color i un 8 al so.

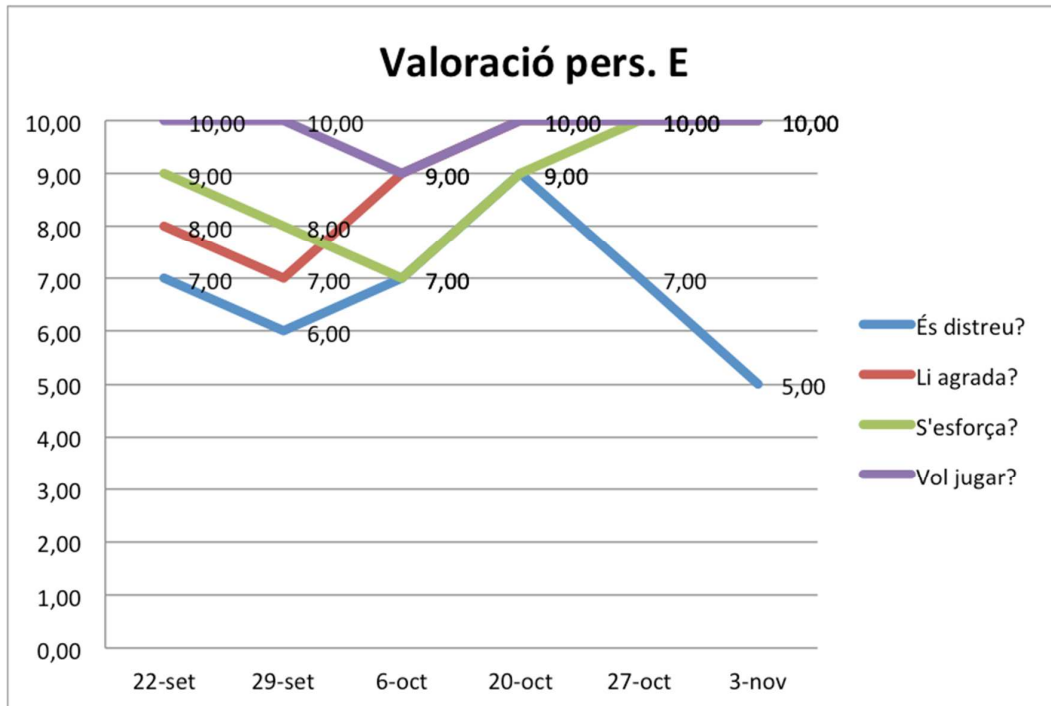


Figura 69. Gràfic de valoració, E.

Aquesta persona es distreia molt, un fet que l'hauria perjudicat greument a l'hora de fer els exercicis i seria interessant mirar si estant més concentrada obté millors resultats o no. L'apartat de si li agrada, va anar incrementant acabant amb deus ja que s'ho passava molt bé i l'especialista em va comentar que dies abans ja preguntava per quan li tocava fer els exercicis. El seu esforç a l'hora de la realització dels exercicis també va anar augmentant amb el pas de les setmanes. I a la resposta de si vol jugar es contundentment si, tenia moltes ganes de participar i fer els exercicis tots els dies.

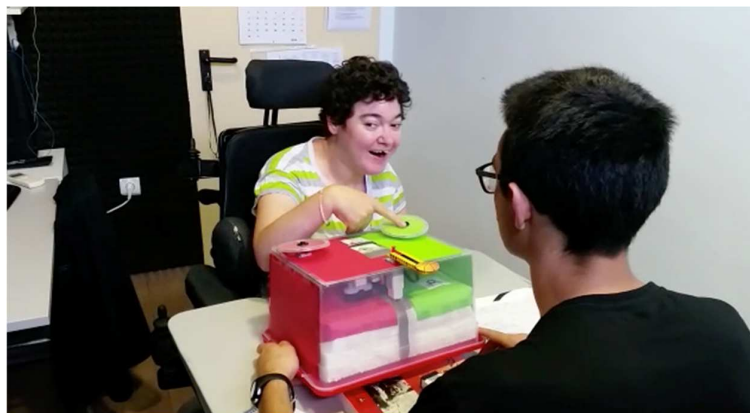


Figura 70. La participant E realitzant un exercici.

10.2.6 Participant I

Aquesta persona té 39 anys, sexe masculí i és esquerrà.

El participant no va assistir a la sessió del dia 29 de setembre llavors les seves gràfiques s'han fet sense tenir en compte aquell dia.

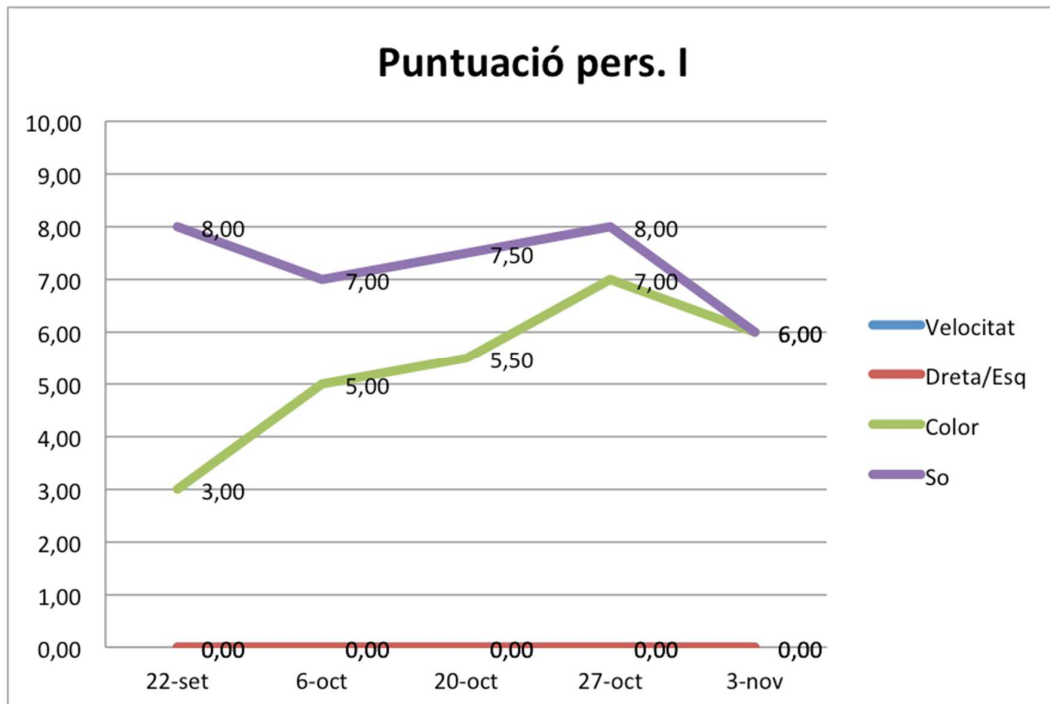


Figura 71. Gràfic de puntuació, I.

El participant I, l'exercici de velocitat i dreta/esquerra no el va entendre al llarg de les cinc sessions d'exercicis que va assistir, al gràfic estan solapades les línies sobre el zero. L'exercici del color va millorar progressivament de forma molt positiva, ja que va començar amb un tres i va acabar amb un 6-7. Finalment, a l'exercici del so, es va mantenir estable durant el temps amb una nota mitjana de 7,30 encerts, una molt bona puntuació.

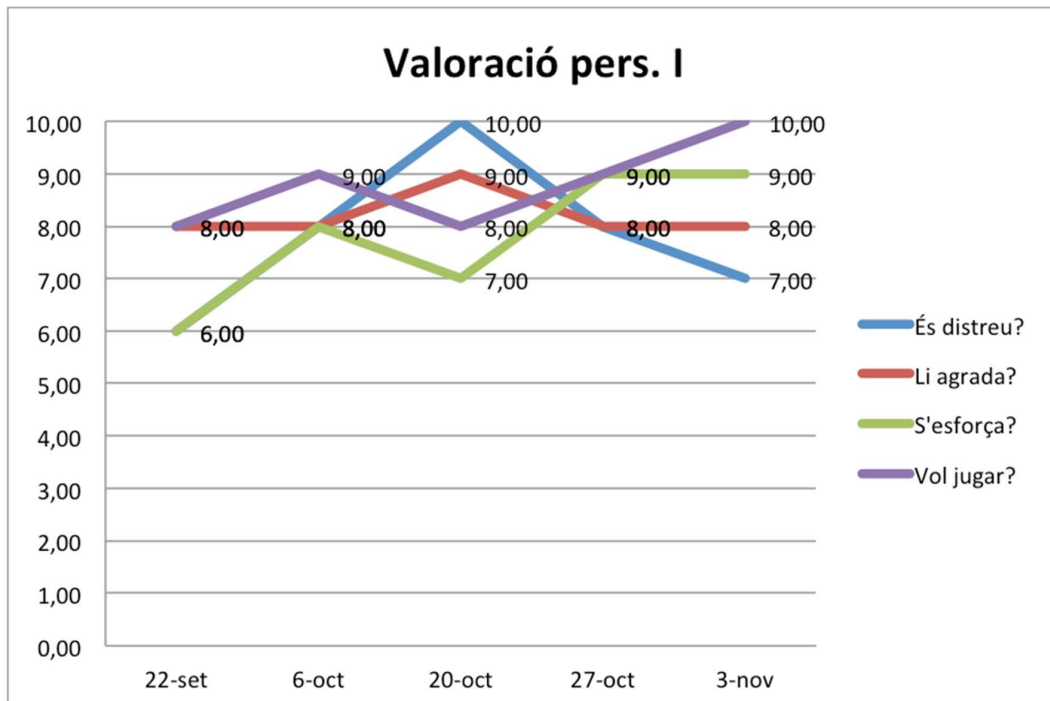


Figura 72. Gràfic de valoració, I.

Aquesta persona, té uns nivells molt alts de distracció que l'haurien distret fent els exercicis i hagi perdut punts. L'apartat de si li agrada s'ha mantingut estable amb el temps sobre el 8. Amb el pas de les setmanes el participant I ha millorat l'esforç que mostrava a l'hora de fer els exercicis. També s'ha vist una millora de les ganes de jugar que tenia quan anaven passant les sessions.



Figura 73. Jo explicant l'exercici color al participant I.

10.2.7 Participant V

Aquesta persona té 41 anys, sexe femení i és dretà.

D'aquest participant no hem pogut recollir dades suficients per poder fer una gràfica o analitzar el seu progrés. El primer dia estava molt distreta, no prestava atenció, és mostrava molt incòmoda. Conseqüentment, no va entendre els exercicis, l'especialista em va dir que no comprenia els terme dreta, esquerra i verd, vermell. Aquesta falta de capacitat cognitiva i que les dos sessions següents no va venir va fer que l'especialista i jo decidíssim que no continués amb el projecte. Com que va abandonar el projecte no he tingut en compte els seus resultats.

10.3 Anàlisi dels resultats globalment

Com hem pogut observar, els resultats dels participants amb paràlisi cerebral són molt positius. Ara els comentarem de manera globalitzada.

10.3.1 Anàlisi de les puntuacions

En molts participants, la quantitat d'encerts ha anat incrementant a mesura que passaven les sessions. L'anàlisi que faig a continuació és sobre els participants que realitzaven els exercicis, descartant les persones que van saber fer els exercicis.

L'exercici de velocitat, el que té més dificultat, han anat millorant els encerts amb el temps, arribant en algun cas a duplicar al final els encerts que feia al començament, això deu ser degut a que va acabar entenent l'exercici. És interessant la dada que les úniques persones que han sabut fer l'exercici velocitat siguin les més joves (18, 20 i 30 anys). A l'exercici dreta/esquerra també s'ha millorat els encerts notablement, sobretot en les últimes setmanes. Els dos exercicis citats anteriorment, només 3 i 4 persones respectivament, l'han sabut fer en alguna de les sessions, de les sis persones que han participat al projecte. En els exercicis de velocitat i dreta/esquerra, els encerts van començar rondant el zero i u però van acabar sobre cinc-set, una dada molt significativa.

Ha realitzat 5 i 6 persones els exercicis de color i so, respectivament. Unes xifres molt millors ja que aquests exercicis tenien un nivell de comprensió més baix que

els dos exercicis comentats abans. L'exercici del color, també ha sofert un increment d'encerts. Però és important mencionar que els encerts van començar amb una mitjana de cinc, una xifra força elevada; i van acabar sobre vuit, una puntuació molt elevada. L'exercici del so és el que té més encerts de tots. L'ha sabut fer tothom i amb molts encerts, la mitjana és de 7,65, la més alta de tots els exercicis. El motiu d'aquesta facilitat per l'exercici del so, podria ser a que és l'òrgan sensorial que utilitzen més.

10.3.2 Anàlisi de les valoracions

Les valoracions dels participants també han anat evolucionant de manera positiva al llarg de les sis sessions. En l'aspecte del nivell de distracció, s'ha de dir que és molt elevat en tots els participants. Cap participant, durant cap sessió, ha dut a terme un exercici sense distreure's un sol cop. Aquest alt nivell de distracció és derivat a la paràlisi cerebral ja que els especialistes de l'APPC m'han explicat que aquest inconvenient se'l troben a totes les activitats. Tot i això, la valoració que els feia ha anat baixant al llarg de les setmanes en tots els participants. Mostrant cada cop més interès en els exercicis, un fet que podria sorprendre perquè tots podríem pensar que repetint tant els exercicis s'acaben avorrint, deixen de tenir interès i és distreuen més. En els àmbits de si li agrada, si s'esforça i si vol jugar; no hi ha cap evolució. Les dades d'aquests tres conceptes no han variat considerablement en cap participant, s'han mantingut força estables durant tot el temps. Amb això vull dir que durant totes les sis sessions han tingut uns nivells molt elevats del terme si els agradava, de l'esforç que mostraven en els exercicis i les ganes de jugar que tenien.

És important recordar que totes aquestes valoracions són subjectives, han estat fetes segons les meves observacions a les sessions d'avaluació i podrien ser diferents si algú altre els hagués valorat.

L'especialista amb qui vaig treballar, em va comentar les següents sensacions a l'últim dia. En primer lloc, se n'ha adonat que amb el temps els participants del projecte mostraven més interès en els exercicis que al principi, tenien més ganes de que arribés el moment de fer els exercicis, ja que per ells era un joc. L'especialista ha vist que fent l'activitat els participants es sentien importants,

tenien moltes ganes de fer-ho bé ja que fent els exercicis ells eren el centre d'atenció. Em va comentar que havia de mencionar que els participants eren els més intel·ligents de tot el centre (escola, taller i residència), i que no eren dels que tenien problemes més greus alhora de fer moviments amb els braços. I li va agradar molt l'idea d'aixecar la mà enlloc de prémer el botó perquè així es pot observar que l'entenen però que no poden fer molts encerts per qüestions físiques.

10.4 Comparativa dels participants amb i sense PC

Un cop tenim els resultats de tots els participants amb paràlisi cerebral, els podem comparar amb els encerts que van fer persones de diferents edats que no pateixen cap discapacitat.



Figura 74. Les meues avis fent els exercicis.



Figura 75. Participant sense cap discapacitat a punt de fer els exercicis.

Els participants sense cap discapacitat, és molt important remarcar que quan van fer els exercicis era el primer cop que els feien. Aquestes persones, no tenien cap experiència prèvia, no tenien marge de millora. Volia veure quants encerts feien el

primer cop, no analitzar el seu progrés. L'edat dels col·laboradors, quan van fer els exercicis, va des dels 14 anys del més jove fins als 83 del més ancià; sent la mitjana d'edat de 49 anys. Als participants sense cap discapacitat només els he puntuat, ja que la valoració no tenia molt sentit.

Els resultats de les persones sense cap discapacitat són els següents:

Participants sense cap discapacitat		Velocitat	Dreta/Esq	Color	So
Masculí	14 anys	10,00	10,00	10,00	10,00
Masculí	17 anys	9,00	10,00	10,00	10,00
Masculí	49 anys	9,00	10,00	10,00	10,00
Masculí	50 anys	9,00	10,00	10,00	10,00
Femení	51 anys	9,00	10,00	10,00	10,00
Femení	81 anys	7,50	10,00	10,00	10,00
Masculí	83 anys	8,00	9,00	8,00	9,00
Mitjana:		8,79	9,86	9,71	9,86

Taula 5. Dades participants sense cap discapacitat.

Podem observar que, el factor sexe no té importància a l'hora de fer els exercicis però l'edat si que podria influenciar. Malgrat que s'han fet les proves, deduïm que les persones grans són les que han fet menys encerts als exercicis. Tot i això mantenint una puntuació molt elevada.

La mitjana de tots els exercicis és d'un 95,55% d'encerts.

La següent taula mostra les mitjanes dels participants amb paràlisi cerebral (no tenim en compte la persona V que va abandonar,) i els participants sense cap discapacitat.

Mitjanes dels participants	Velocitat	Dreta/Esq	Color	So
Amb paràlisi cerebral	1,64	4,46	5,52	7,65
Sense cap discapacitat	8,79	9,86	9,71	9,86

Taula 6. Mitjanes de tots els participants.

Com podem veure, la diferència entre uns i altres en encerts als diferents exercicis és abismal. El percentatge d'encerts de tots els exercicis dels participants amb paràlisi cerebral és del 48,18% per l'altra banda el dels participants sense cap

discapacitat era del 95,55%. Aquests resultats mostren unes dades molt significatives.

En primer lloc, les persones que no tenen cap discapacitat física o mental, el primer cop que van fer els exercicis els van entendre sense cap problema i els van fer extremadament bé. Si haguessin fet els exercicis durant sis sessions, estic convençut que haguessin acabat amb tot deus.

En segon lloc, la mitjana d'encerts durant les sis sessions d'avaluació dels participants amb paràlisi cerebral es redueix gairebé a la meitat. Si enlloc de considerar la mitjana dels sis dies diferents, haguéssim considerat els encerts de la primera setmana, els resultats encara serien molt més baixos.

Tot i això, amb aquesta comparativa, podem veure que l'exercici amb una mitjana més baixa és el de la velocitat, que correspon amb el que nosaltres consideràvem més difícil. Després hi ha un fet sorprenent, ja que per les persones amb paràlisi l'exercici del color té millor mitjana que l'exercici dreta/esquerra però per les persones sense cap minusvalidesa és al revés. Seria interessant aprofundir en aquest aspecte ja que potser amb més participants això podria canviar. Les persones amb paràlisi cerebral els és més difícil d'entendre l'exercici dreta/esquerra que l'exercici del color per això s'ha obtingut una mitjana més baixa. Finalment, l'exercici del so és el que fa millor tothom.

11. Cronologia del treball

El llarg dels mesos que he estat treballant en el treball de recerca, he anat apuntant-me les tasques que duia a terme. D'aquesta manera, un cop acabat el TDR, podem observar el treball realitzat de forma cronològica.

Tot seguit mostro una cronologia esquemàtica i després una cronologia més detallada on adjunto els resums de les sessions quan anava a l'APPC i altres dades destacades.

Cronologia del Treball de Recerca								
Any 2017	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Gener (2018)
Aprendre a programar en C*		X X						
Aprendre a programar en LEGO			X X					
Programació LEROHELP			X	X				
Construcció LEROHELP			X	X				
Estada a l'APPC**	X			X X	X X	X		
Redacció document			X	X		X X	X X	
Retocs finals							X	X

*La idea inicial era treballar amb Kinect i Windows però es va descartar per la seva dificultat tècnica.

**APPC (Associació Provincial de Paràlisi Cerebral de Tarragona) és on he fet la part experimental.

Figura 76. Cronologia en format esquemàtic.

Com és pot observar a la *Figura 76. Cronologia en format esquemàtic*, primer vaig anar a l'APPC per veure les instal·lacions i fer una primera sessió de contacte. A l'agost i setembre, vaig aprendre a programar amb LEGO, després de descartar la programació en C. Un cop sabia programar mínimament, ja vaig començar a fer el *software* del LEROHELP. Ja a finals d'agost i a principis de setembre, vaig fer la construcció de l'estructura del robot. Des del setembre fins al novembre, vaig anar gairebé cada divendres a l'APPC per corregir errors de LEROHELP i després per fer les sessions d'avaluació. La redacció del document s'ha realitzat en dos períodes. El primer període fou a finals d'estiu, on vaig redactar la part teòrica. El segon període fou als mesos de novembre i desembre on vaig redactar les tasques dutes a terme a les sessions d'avaluació. A través d'aquesta cronologia podem observar l'evolució del treball.

A continuació es mostra la cronologia de manera més detallada.

20 de juny - visitar i conèixer el centre APPC de la mà del Frederic Solanes. Els especialistes hem van ensenyar el centre i quins programes informàtics utilitzaven per la rehabilitació. Adjunto el resum de la reunió:

Resum visita a La muntanyeta 20 de juny de 2017

L'APPC, és un centre on s'ajuda a les persones de totes les edats afectades per alguna paràlisi cerebral. L'edifici està format per una residència, una escola i una àrea compartida.

-A la residència hi viuen uns 20-30 afectats per paràlisi cerebral que viuen durant tot l'any. Aquestes persones viuen a La Muntanyeta ja que ningú els pot cuidar a casa, ja sigui perquè no tenen familiars o aquests no se'n poden fer càrrec ja que és molt difícil cuidar-los i és necessita molt de temps i dedicació.

-A l'escola hi ha uns 50 nens agrupats en classes de 6, són nens amb paràlisi que no poden anar a les escoles tradicionals, degut a la malaltia. A cada classe hi ha un professor i un especialista per qualsevol necessitat. Els nens i nenes només van a l'escola a fer les classes durant el curs. L'escola té un pati amb gespa artificial i ciment amb ombra; hi ha un hivernacle on planten diferents verdures i plantes.

- A l'àrea comuna entre l'escola i la residència, que la formen la infermeria, el menjador, una sala de fisioteràpia, a més de diversos despatxos. A la infermeria es solucionen tot tipus d'incidències que puguin tenir els pacients de la residència o els alumnes de l'escola. El menjador és el lloc on els alumnes van a dinar i els residents fan les seves menjades diàries. La sala de fisioteràpia és el lloc on fan estiraments per millorar la mobilitat i altres exercicis per millorar la salut de tots els pacients de l'edifici.

Tot l'edifici està adaptat per gent amb cadira de rodes ja que alguns afectats per la paràlisi cerebral van amb cadira de rodes o caminadors per ajudar-se al moure's.

28 de juny – vaig tornar anar a l'APPC ja que em faltava veure la pantalla tàctil.

Juliol – començar a aprendre a programar en C per fer el treball utilitzant la Kinect i Windows. Al final vam desistir per les dificultats tècniques que comportava.

Agost – començar a buscar informació i redactar la part teòrica.

Començar a programar amb el LEGO.

3 de setembre – primer model del robot LEROHELP acabat.

5 de setembre – reunió amb el tutor per mostrar la feina feta.

Es va enviar un correu a la Fundació LEGO preguntant si estarien interessats en contribuir en el meu projecte cedint dues peces de LEGO que feinen falta pel disseny. Es va redactar el correu en anglès ja que la pàgina web només

estava en aquest idioma i vaig pensar que era la millor manera de comunicar-me amb els treballadors de LEGO. Adjunto el correu que vaig enviar:

De: **Martí Serratosa** serratosamarti@gmail.com
 Tema: LEGO project
 Data: 5 de setembre de 2017, 17:08
 Per a: charity@LEGO.com



Dear Sir/Madam,

I have undertaken a research project at the High school to have access to the University based on LEGO Mindstorms.

This project is focused on helping boys and girls with cerebral palsy through simple, playful and fun games.

The special education school called "La Muntanyeta", located in Tarragona, Catalonia, Spain (<http://www.appctarragona.org/>) has accepted to make real test with their students.

The project is going to be presented publically and we will announce it to the local media such as the newspaper "El Diari de Tarragona" (<https://www.diaridetarragona.com/>).

This letter is to kindly ask you if you could economically contribute to this project by providing the LEGO MINDSTORMS 45501 Rechargeable Battery, which is not provided in the original pack of LEGO MINDSTORMS EV3 and the LEGO MINDSTORMS EV3 Touch Sensor 45507, which one is provided but I need two of them.

Yours sincerely,

Martí Serratosa
 Bachelor's degree student,
 Tarragona, Catalonia, Spain
 September 5th 2017

Figura 77. Correu a la Fundació LEGO.

6 de setembre – reunió a l'APPC per mirar on millorar coses del robot. Adjunto el resum de la reunió:

Resum visita a La muntanyeta 6 de setembre de 2017

- El robot ha de ser més sòlid, molt compacte i amb pulsadors grans. Es proposa posar belcro a sota del robot per subjectar-lo a la taula.
- Em comenten que els exercicis estan molt bé però tot va massa ràpid. S'ha d'augmentar el temps d'espera a uns 5 segons. També es comenta que el temps d'espera depengui de l'usuari.
- Els sembla bé que a cada exercici hi hagi 10 rondes. No es considera important poder modificar aquest paràmetre.
- Es demana que la barra de gir sigui més ampla i llarga ja que alguns tenen dificultats de visió.
- Em comenten que es podrien fer les proves a sis persones de diferents edats i sexes.

- Es proposa fer les sessions de treball els divendres de 15 a 16 hores més o menys. A les sessions hi assistiré jo i un especialista.
- Els exercicis que els ha semblat més bé per ordre són els següents: colors, dreta/esquerra, velocitat i so (el de so diuen si podria dir verd i vermell enlloc de “right” i “left”, que creuen que serà més fàcil).
- M’ha demanat si el puc fer més divertit, amb alguna imatge o alguna cosa que sigui més visual a més del color i dreta esquerra.
- Degut a que les classes a la Muntanyeta comencen el dia 12 de setembre. Es proposa portar a terme les sessions els divendres 22, 29, 6, (pont), 20, 27. Allarga les sessions queda obert per més endavant.

7 de setembre – començament de la construcció del segon model de robot, basant-nos amb les millores que ens van dir a La Muntanyeta.

Trucao al Miquel Tena, que treballa en una fàbrica de plàstics, preguntant si té algun material que em pugui servir per fer un motlle, m’ha dit que ho intentarà.

8 de setembre – En Miquel Tena m’envia un paquet amb 7 planxes de 400x300x50 mil·límetres per fer el motlle. Començo a fer la capsa de protecció del segon model de LEROHELP.

12 de setembre – Rebo una resposta negativa a la meva petició que vaig fer a la Fundació LEGO. Adjunto la resposta via correu que m’han donat:

De: **Britt Bank Nilsson Grothe** BBNG@lego.com
Tema: RE: LEGO project
Data: 12 de setembre de 2017, 11:35
Per a: **Martí Serratosa** serratosa.marti@gmail.com



Dear Martí

Thank you for contacting LEGO Charity.

Every day we get an overwhelming number of applications for sponsorship of LEGO products and money. We are pleased to notice the great interest for our products and company.

Since it is not possible for us to help everyone, we have a clear framework for what we are contributing.

LEGO Charity's priorities are exclusively children's play, creativity and learning.

We regret to inform you that the LEGO Foundation does not accept unsolicited requests. The reason for this policy is that the LEGO Foundation has a very focused strategy: to ensure learning through play empowers children to become creative and engaged lifelong learners. Therefore, we seek out programs and partners who are tightly aligned with our vision and will advance it very directly. While we would love to consider all the many requests that come our way, we have decided to focus our resources on advancing this mission through partners we identify.

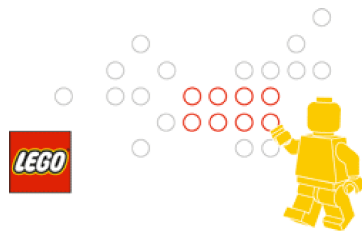
We help mainly socially vulnerable children in need and those who have nothing, and we support directly through large aid organizations around the world.

In addition, we must reject, unfortunately in this case.

We are sorry to disappoint you and hope you will understand our answer.

Yours sincerely

Britt Bank Nilsson Grothe
LEGO Charity



Britt Bank Nilsson Grothe
LEGO Charity

E-mail BBNG@lego.com

LEGO System A/S
Åstvej
7190 Billund
Denmark

www.LEGO.com

LEGO and the LEGO logo are trademarks of the LEGO Group. ©2017
The LEGO Group. This email message contains confidential information and is intended only for the individual named. If you are not the named addressee you should not disseminate, distribute or copy this e-mail. Please notify the sender immediately by e-mail if you have received this e-mail by mistake and delete this e-mail from your system.

14 de setembre – La Laura de la Muntanyeta envia un missatge als pares dels nois amb paràlisi cerebral de la Muntanyeta preguntant si els donen permís per sortir a les fotos o filmacions que s'hagin de fer.

15 de setembre – Vaig a La Muntanyeta a mirar quines parts és poden millorar del segon model del LEROHELP, encara no han començat les sessions d'avaluació.

Resum de la visita:

- Posar els laterals de la capsa de color blanc o negre ja que si es transparent es distreuen mirant a dintre. Si és posa negre o blanc, els fa concentrar-se més en l'únic que veuen que són els color verd i vermell.
- Pintar els polsadors de color verd i vermell.
- Posar una imatge a sota del centre de control ja que alguns no entenen el concepte de mig i així els pots dir quan passi per la imatge.
- A la punta de la barra també posar alguna cosa perquè s'hi fixin més, que els cridi l'atenció.
- Canviar el *software*, que no es tingui en compte si has premut més d'un cop per ronda ja que sinó els resultats no són justos.
- Escurçar els pius blancs del polsadors ja que així és més compacte.
- Es consideren alguns errors de l'aplicació informàtica.
- Quedem el proper divendres 22 a les 14:45h a La Muntanyeta.
- Considerem que s'ha de redactar un formulari per escriure les dades que s'extrauran de cada sessió.

22 de setembre – vaig a La Muntanyeta per començar les proves d'avaluació.

Resum de la visita:

- S'ha d'explicar sempre tot, no se'n recorden de l'últim cop o recorden algunes coses, per això és millor repetir l'explicació.
- Me n'he adonat que estan molt pendents de l'especialista, mirant que fa ell/a, preguntant si han de fer això o una altra cosa.
- Es detecta un petit problema en l'aplicació. Al començament d'alguns exercicis fa uns sorolls no previstos.
- Els LEDs del centre de control s'han quedat bloquejats en color taronja, jo crec que és degut a que quedava poca pila.

- Depenent del pacient, és millor uns botons de polsadors o uns altres. Ara en tenim uns de resistents però pels pacients que fan moviments suaus se n'ha de fer un de nou.

29 de setembre – segona sessió d'avaluació a La Muntanyeta per anar veient el progres. Resum de la visita:

- M'han dit que a tots els departaments (residència, taller i escola) s'ha enviat una autorització a tots els pares per participar al meu TDR.
- He d'enviar un e-mail, a mitjans de setmana, dient quines informacions necessito dels participants a les sessions de LEROHELP.

6 d'octubre – tercera sessió d'avaluació a La Muntanyeta. Resum de la visita:

- He d'enganxar amb celo els polsadors de LEGO, perquè siguin més rígids.
- He rebut un petit informe de cada pacient que està fent les proves però aniria bé si pogués saber si tenen problemes visuals o auditius.

14 d'octubre – he provat el LEROHELP amb la meua família i els meus avis

20 d'octubre – quarta sessió d'avaluació a La Muntanyeta. Ha entrat un nou alumne a l'escola i ha jugat amb el LEROHELP i ho ha fet tot molt bé. Intentarem analitzar-lo les properes sessions a veure si manté aquests resultats.

27 d'octubre – cinquena sessió d'avaluació a La Muntanyeta. Tinc el full definitiu d'informació sobre els nois que han participat en els projectes, les seves característiques de paràlisi i més informacions.

3 de novembre – sisena i última sessió d'avaluació a La Muntanyeta. M'han firmat un document conforme he anat allà a fer les proves, m'he acomiadat del participants al projecte LEROHELP, m'han recomanat mirar el següent vídeo: <https://youtu.be/AbyTmFohBoc> i l'especialista amb qui he treballat, m'ha expressat les seves sensacions sobre el meu projecte:

- S'ha adonat que amb el temps els participants al projecte mostraven més interès en els exercicis que al principi, que tenien ganes que arribés el moment de jugar.
- Ha vist que fent l'activitat, els pacients es sentien importants, que tenen moltes ganes de fer-ho bé i que fent els exercicis ells eren el centre d'atenció.

- S'ha de mencionar que els participants eren els més intel·ligents de tot el centre (escola, taller i residència), i que no eren dels que tenien problemes més greus alhora de fer moviments amb els braços.
- La idea d'aixecar la mà enlloc d'anar a prémer el botó ha agradat a l'especialista.

Novembre – començo la redacció final del document del TDR.

5 de gener – finalitzo la redacció del document del TDR.

7 de gener – començo la preparació de la presentació del TDR.

15 de gener – lliurement del document del TDR.

16-31 de gener – presentació del treball.

12. Conclusió

Un cop fetes totes les sessions d'avaluació i analitzats els resultats, ens podem endinsar a la conclusió. Tractarem tres diferents aspectes a la conclusió que són: la rehabilitació, les futures investigacions i la opinió personal.

12.1 Rehabilitació

La hipòtesis inicial consistia en que les habilitats psicomotrius dels participants anirien millorant al llarg de les sessions d'exercicis. Aquesta hipòtesi, no s'ha complert en tots els cassos però ha sigut força encertada. Com hem pogut observar, els resultats han sigut molt positius però tenen marge de millora. Com preveiem, amb el temps els participants amb paràlisi cerebral han anat millorant els encerts, fent-ho cada cop millor però aquesta millora no l'ha feta tothom i en tots els exercicis.

He observat que tots els participants tenen un nivell de coeficient intel·lectual diferent. Les persones que van entendre els exercicis a les primeres sessions són les que sessió rere sessió han anat millorant els encerts. No obstant, els participants que no van saber fer els exercicis a les primeres setmanes, no els han acabat sabent fer tot i les reiterades explicacions. Amb això, el que he conclòs és que els participants milloren els exercicis que entenen al repetir-los diverses vegades però sinó els entenen inicialment no són capaços de millorar.

Tot i això, jo estic convençut que fer aquests exercicis els ha servit per reforçar els conceptes de verd, vermell, dreta i esquerra. A més a més, també tinc la certesa de dir que la realització dels exercicis els ha fet millorar la precisió dels moviments i rapidesa a l'hora de reaccionar.

Un punt a millorar seria reduir l'alt nivell de distracció dels participants. Podríem intentar dissenyar incentius que els facin concentrar-se més en els exercicis. Per exemple, si un participant li agrada molt el futbol, ambientar el robot al món futbolero podria fer concentrar-se més en els exercicis i els acabaria fent millor. El

problema és que cada usuari té unes preferències diferents i el robot s'ha d'adaptar a tothom, però segur que es podria acabar trobant una solució factible.

És important recordar que la rehabilitació dels pacients amb paràlisi cerebral és amb la finalitat que els pacients aconseguixin el màxim grau d'independència dins de les limitacions imposades per la seva minusvalidesa, en aquesta línia LEROHELP podria ser una eina de treball profitosa.

L'impacte que crec que ha tingut LEROHELP sobre la rehabilitació dels pacients que han participat en el meu treball és petit però és un primer pas. Penso que LEROHELP pot ser profitós en els casos de paràlisi cerebral més lleus ja que al requerir una capacitat intel·lectual mínima i unes capacitats de coordinació dels moviments de braços mínimes; en pacients sense les capacitats esmentades, LEROHELP no es podria aplicar.

LEROHELP ha ajudat anímicament al usuaris que han fet les proves. Fent els exercicis, els pacients amb paràlisi cerebral es sentien importants, s'ho passaven bé i es distreien de la rutina. Realitzar exercicis amb el robot els va fer passar bones estones i això és un factor molt important a considerar, ja que el seu grau de satisfacció a l'hora de fer activitats és molt important i s'ha de tenir sempre en compte.

Finalment, m'agradaria citar textualment les paraules que em van dir dues especialistes amb qui vaig treballar per correu: "Creiem que aquests robot si que es útil, perquè els dona la sensació que estan jugant amb un aparell com la Playstation, els quals ells no poden utilitzar, i sense adonar-se'n treballen molts aspectes pedagògics i motrius." Amb aquestes paraules puc afirmar que LEROHELP ha prosperat però encara té molt recorregut a millorar per acabar sent un referent en l'àmbit de la rehabilitació.

12.2 Futures investigacions

Com he dit abans, LEROHELP ha servit per fer passar una bona estona a tots els participants i treballar de manera indirecta diferents aspectes. Conseqüentment, LEROHELP ha millorat una mica la rehabilitació dels pacients i ha estat una eina útil.

Però si milloréssim alguns punts del robot, LEROHELP encara podria ser millor. El robot hauria de poder ser més personalitzat, donant als especialistes més llibertat d'elecció per adaptar-lo als diferents pacients. S'hauria de poder escollir el temps de resposta per adequar-la a cadascú, el volum del so i la intensitat dels LEDS, per exemple. LEROHELP en un futur també es podria ampliar amb més exercicis proposats per especialistes de la paràlisi cerebral per contribuir a la rehabilitació d'aquests pacients, donant al robot molt més potencial per ajudar a qui l'utilitzi. A l'apartat 8.7.2 hi ha tota la informació respecte a millores que es podrien aplicar al robot.

El treball de recerca que he fet, utilitzant material robòtic educatiu, podria fer plantejar als especialistes de l'educació dels pacients amb paràlisi cerebral noves maneres de millorar les vides dels pacients i facilitar-ne la rehabilitació utilitzant les noves tecnologies.

És interessant comentar que el meu treball, amb algunes modificacions, podria ser extrapolable a altres discapacitats ja que poden tenir característiques similars a la paràlisi cerebral com el baix nivell cognitiu.

A l'estiu, un cop acabat el curs escolar tinc la intenció de redactar un article per la revista *Bio-Medical Materials and Engineering*. He triat aquesta revista ja que he trobat un article amb un sistema similar al meu [1]. En aquest article vull explicar tot el meu treball, ja que penso que d'aquesta manera algun investigador d'arreu del món podrà veure la meva feina i aprofundir-la. Ja que si algú aprofundís amb aquest nou mètode de rehabilitació per a pacients amb paràlisi cerebral podria acabar aconseguint una millora considerable de la qualitat de vida de tots els

pacients amb paràlisi cerebral del món. A més a més, aprofundint el treball també es podria saber a ciència certa si pot LEROHELP pot acabar sent utilitzat amb pacients d'altres discapacitats.

12.3 Opinió personal

Fent aquest treball de recerca, he après una infinitat de coses, de les quals ressalto les següents.

Enfocar el meu TDR cap a les persones amb discapacitats m'ha fet obrir els ulls a una realitat desconeguda per a mi. Quan vaig decidir fer el TDR, no tenia coneixements de que significava i comportava la paràlisi. Però anant sovint a l'APPC per fer les sessions d'avaluació i buscant informació, he conegut un món que desconeixia. En aquest món he après una immensitat de lliçons no tant de caràcter professional sinó més de caràcter social i humanitari que m'han fet créixer com a persona.

Realitzar el treball de recerca m'ha ajudat a desenvolupar la meua vessant més investigadora que no es treballa massa durant el batxillerat. El treball m'ha fet buscar dades, m'ha fet posar en contacte amb persones alienes al centre i ha potenciat ser una persona més espavilada i activa. A més a més, el treball m'ha permès aprofundir en una temàtica que he escollit la qual cosa ha fet que fos molt motivador.

Bibliografia

Articles publicats en revistes reconegudes de prestigi

1. L. Lopez-Samaniego, B. Garcia-Zapirain i A. Mendez-Zorrilla. "Memory and accurate processing brain rehabilitation for the elderly: LEGO robot and iPad case study". *Bio-Medical Materials and Engineering*, vol. 24, núm. 6, (2014), p. 3549-3556.
2. G. Palacios-Navarro, I. García-Magariño i P. Ramos-Lorente. "A Kinect-Based System for Lower Limb Rehabilitation in Parkinson's Disease Patients: a Pilot Study". *Journal of Medical Systems*, vol. 39, núm. 103 (2015), p. 1-10.
3. F. Ofli, G. Kurillo, S. Obdrzalek, R. Bajcsy, H. Brugge Jimison i M. Pavel. "Design and Evaluation of an Interactive Exercise Coaching System for Older Adults: Lessons Learned". *IEEE Journal on biomedical and health informatics*, vol. 20 núm. 1 (2016), p. 201-212.
4. M. Trombetta, P. Paula Bazzanello Henrique, M. Rogofski Brum, E. Lucia Colussi, A. Carolina Bertoletti De Marchi i R. Rieder. "Motion Rehab AVE 3D: A VR-based exergame for post-stroke rehabilitation". *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 151 (2017), p. 15-20.

Documents en suport electrònic

APPCTARRAGONA. *Escola La Muntanyeta*.

<http://www.appctarragona.org/centres/escola-la-muntanyeta> [30.09.2017].

APPCTARRAGONA. *Innovació tecnològica*

<http://www.appctarragona.org/innovacio-tecnologica> [30.09.2017].

APPCTARRAGONA. *Memòria 2015*.

http://www.appctarragona.org/images/noticias/2016/juliol/memoria2015_FINAL_baixa.pdf [31.09.2017].

- APPCTARRAGONA. *Paràlisi cerebral*. <http://www.appctarragona.org/paralisi-cerebral/que-es-la-paralisi-cerebral/100-que-es-la-paralisi-cerebral-infantil> [31.09.2017].
- APPCTARRAGONA. *Portada*. <http://www.appctarragona.org/> [30.09.2017].
- APPCTARRAGONA. *Presentació*. <http://www.appctarragona.org/coneix-nos/presentacio> [30.09.2017].
- APPCTARRAGONA. *Residència Trèvol*. <http://www.appctarragona.org/centres/residencia-treвол> [30.09.2017].
- APPCTARRAGONA. *Taller Gresol*. <http://www.appctarragona.org/centres/taller-gresol> [30.09.2017].
- BLOGSPOT. *Historia de la paràlisi cerebral*. <http://paracereb.blogspot.com.es/2010/09/historia-de-la-paralisis-cerebral.html> [30.09.2017].
- DICCIONARIS. <https://www.diccionaris.cat/> [24.12.2017].
- DIEC. *Diccionari de la llengua catalana*. <https://dlc.iec.cat/> [25.12.2017].
- DIPTA. *Sant Rafael*. <http://www.dipta.cat/santrafael/> [30.08.2017].
- FUNDACIÓ ESTELA. *Centres i serveis* <http://www.fundacioestela.cat/centres-serveis/servei-escola-estela/> [31.08.2017].
- FUNDACION VODAFONE. *Discapacidad*. <http://www.fundacionvodafone.es/discapacidad/innovacion> [28.08.2017].
- FUNDACION VODAFONE. *Mefacilyta rehabilitación*. <http://www.fundacionvodafone.es/proyecto/mefacilyta-rehabilitaci%C3%B3n> [28.08.2017].
- GENCAT. *Mapa escolar*. <http://mapaescolar.gencat.cat/#/tab-map> [30.08.2017].
- GOOGLE DRIVE. <https://drive.google.com/> [23.12.2017].
- GOOGLE DRIVE. *LEROHELP*. https://drive.google.com/open?id=12S_KJngDDmgDyyxUdpEQQ2D75I3GtlQU [23.12.2017].
- LEGO FOUNDATION. <http://www.legofoundation.com/es-es/> [5.09.2017].
- LEGO. *Mindstorms news*. <https://www.lego.com/en-us/mindstorms/news/2014/march/cubic-stormer> [20.12.2017].
- MEDIGRAPHIC. *Opediatrics*. www.medigraphic.com/opediatrics [27.08.2017].

- OBSERVATORI DISCAPACITAT. *Educació*.
<http://www.observatoridiscapacitat.org/ca/tags/educacio> [29.08.2017].
- PLAYGOOGLE. *Aplicació Mefacilyta, Fundación Vodafone*.
<https://play.google.com/store/apps/details?id=es.fundacionvodafone.elabora.con.trolador> [29.08.2017].
- SITEPLUS. <http://sitplus.crea-si.com/es/> [02.07.2017].
- SITES GOOGLE. *Escola solc educació especial*.
<https://sites.google.com/site/escolasolceducacioespecial/qui-som> [30.08.2017].
- WIKIPEDIA. *Educació especial*.
https://ca.wikipedia.org/wiki/Educaci%C3%B3_especial [27.08.2017].
- WIKIPEDIA. *Lego Mindstorms*. https://es.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms [24.08.2017].
- WIKIPEDIA. *Paràlisi cerebral*.
https://ca.wikipedia.org/wiki/Par%C3%A0lisi_cerebral [25.06.2017].
- WIKIPEDIA. *Set de Lego Mindstorms EV3*.
https://es.wikipedia.org/wiki/Set_de_Lego_mindstorms_EV3 [24.08.2017].
- WORDREFERENCE. <http://www.wordreference.com/> [20.12.2017].
- YOUTUBE. *Campaña 'Atrévete a conocerme'*. <https://youtu.be/AbyTmFohBoc> [3.11.2017].

Annexes

Annex 1

Fitxa d'avaluació sense cap informació prèvia, llesta per a ser utilitzada.

Es pot descarregar a través de la carpeta del Drive https://drive.google.com/drive/folders/12S_KJngDDmgDyyxUdpEQQ2D75I3GtlQ_U?usp=sharing (el document s'anomena *Fitxa d'avaluació*) o directament a l'enllaç <https://drive.google.com/open?id=1tN0tVyiW6BtNWpA2bnERNfykitibUWsC>.

Participant	Edat	Procedència	Fitxa d'avaluació				Responsable	
Dates								
Estat								
Exercici 1:								
Informació extra								
Exercici 2:								
Informació extra								
Exercici 3:								
Informació extra								
Exercici 4:								
Informació extra								
És distreu?								
Li agrada?								
S'esforça?								
Te ganes de jugar?								

Anotacions

Figura 79. Fitxa d'avaluació sense cap dada.

Annex 2

Documents amb les dades dels participants amb paràlisi cerebral.

Nom	Edat	Procedència	Fitxa d'avaluació					Martí Serratos Sedó	
I.S.		eller						21/9/17	
	22 de setembre	29 de setembre	6 d'octubre	13 d'octubre	20 d'octubre	27 d'octubre	3 de novembre	10 de novembre	17 de novembre
Estat									
Exercici 1:	0				X	-	-		
Informació extra	clica just sobre pont na abans i ja								
Exercici 2:	-		-		3	-	5		
Informació extra	hide fa a sorts		fasorts				a sorts		
Exercici 3:	3		5,5		7,4	7	6		
Informació extra						esta distret	dintre		
Exercici 4:	8		8,6		6,9	8	6		
Informació extra	arriba molt				a confon, pè dintre els colors		a dintre		
Es distreu?	6		8		10	8	7		
Li agrada?	8		8		9	8	8		
S'esforça?	6		8		7	9	9		
Te ganes de jugar?	8		9		8	9	10		
		↑ ha marxat abans		↑ pont					

72 net → auditiv molt bé
 6 oct → té de concentrar, té de dincliar, nino es distreu molt fàcilment
 20 oct → a dintre molt, confon
 3 nov → al botó clica just al mig al pont negre, e curiós pq quan veu
 a clica fora, para corregeix per clicar al mig

conclusió: a ells els és igual si ho fan bé i es confonen amb altres
 exercicis

Figura 80. Fitxa d'avaluació del I.

Nom	Edat	Procedència	Fitxa d'avaluació						Martí Serratosa Sedó
Am-T		escola							21/9/17
	22 de setembre	29 de setembre	6 d'octubre	13 d'octubre	20 d'octubre	27 d'octubre	3 de novembre	10 de novembre	17 de novembre
Estat									
Exercici 1:	-	=	1		5	2	5		
Informació extra	no pot, li costa molt	no, ho d'entrenar	Conjunt amb els altres exercicis		Conjunt amb els altres exercicis	no l'enten	se crec que s'ho entén		
Exercici 2:	3,3	3	4		10	6,10	8		
Informació extra	seu en consells, no	pregunta, però temps	es distreu, no està atent		impossible				
Exercici 3:	7	6	7		10	9	10		
Informació extra	trouen masses	alguns no els veuen	ja no'n veuen cap						
Exercici 4:	10	10	10		10	10	10		
Informació extra	trèncie	impossible							
Es distreu?	4	5	6		3	5	2		
Li agrada?	8	9	9		9	9	10		
S'esforça?	8	8	9		8	8	10		
Te ganes de jugar?	9	10	10		10	10	10		
							↑		
							dis que en		

↑
festa↑
trobar a futbol

22 set → esta pendent de nosaltres, millor el color i no

29 set → ja en sap una mica les instruccions /

6 oct → si en posa lluny es distreu però si posen aprop s'enten (ex.2)

20 oct → hem estat parlant del pont que va haver-hi / si l'atenció mirant en presència confirmació n'hi ha ja set

Figura 81. Fitxa d'avaluació del O.

Nom	Edat	Procedència	Fitxa d'avaluació					Martí Serratosa Sedó																																																				
V. C. C.		residència						21/9/17																																																				
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>22 de setembre</td> <td>29 de setembre</td> <td>6 d'octubre</td> <td>13 d'octubre</td> <td>20 d'octubre</td> <td>27 d'octubre</td> <td>3 de novembre</td> <td>10 de novembre</td> <td>17 de novembre</td> </tr> <tr> <td>Estat</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												22 de setembre	29 de setembre	6 d'octubre	13 d'octubre	20 d'octubre	27 d'octubre	3 de novembre	10 de novembre	17 de novembre	Estat																																							
	22 de setembre	29 de setembre	6 d'octubre	13 d'octubre	20 d'octubre	27 d'octubre	3 de novembre	10 de novembre	17 de novembre																																																			
Estat																																																												
<table border="1"> <tr> <td>Exercici 1:</td> <td>→</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Informació extra</td> <td>nichie, hi p-r</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>											Exercici 1:	→									Informació extra	nichie, hi p-r																																						
Exercici 1:	→																																																											
Informació extra	nichie, hi p-r																																																											
<table border="1"> <tr> <td>Exercici 2:</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Informació extra</td> <td>mima ràpid, no mifa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>											Exercici 2:	1									Informació extra	mima ràpid, no mifa																																						
Exercici 2:	1																																																											
Informació extra	mima ràpid, no mifa																																																											
<table border="1"> <tr> <td>Exercici 3:</td> <td>→</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Informació extra</td> <td>no entén color</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>											Exercici 3:	→									Informació extra	no entén color																																						
Exercici 3:	→																																																											
Informació extra	no entén color																																																											
<table border="1"> <tr> <td>Exercici 4:</td> <td>els 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Informació extra</td> <td>ho fa moltai</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>											Exercici 4:	els 0									Informació extra	ho fa moltai																																						
Exercici 4:	els 0																																																											
Informació extra	ho fa moltai																																																											
<table border="1"> <tr> <td>Es distreu?</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Li agrada?</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>S'esforça?</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Te ganes de jugar?</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>↑ molt</td> <td>↑ molt</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>											Es distreu?	8									Li agrada?	4									S'esforça?	3									Te ganes de jugar?	4											↑ molt	↑ molt						
Es distreu?	8																																																											
Li agrada?	4																																																											
S'esforça?	3																																																											
Te ganes de jugar?	4																																																											
		↑ molt	↑ molt																																																									

27 → monte la ma di costa caxexa rapa, no enter als colors

Figura 82. Fitxa d'avaluació de la V.

Nom	Edat	Procedència	Fitxa d'avaluació					Martí Serratosa Sedó	
Rub		taller						21/9/17	
			22 de setembre	29 de setembre	6 d'octubre	13 d'octubre	20 d'octubre	27 d'octubre	3 de novembre
Estat									
Exercici 1:	2,0	1	5	7			8	8	
Informació extra	lo men béis no el segueix	l'enten però li costa el mover	entén el trac però canvia a temps				amb la man	amb el dret però s'acaba	
Exercici 2:	6,7	9	6	9			9	9	
Informació extra	Avor be	be alguns clics malament							
Exercici 3:	6	6	6	8			4,8	8	
Informació extra			temps, ens per instruccions	els enten els però falla					
Exercici 4:	7	6	8	9			7	8	
Informació extra		clics malament	clics malament						
Es distreu?	0	3	1	0			0	0	
Li agrada?	8	7	8	10			8	9	
S'esforça?	10	8	10	10			10	10	
Te ganes de jugar?	10	8	9	10			9	8	

22 set → li fet entén molt fort

29 set → li donava cops molt forts però, més del normal

6 oct → ja en sap les instruccions

27 oct → els ex 1-2-3 els sap fer però falla per clics malament

Figura 83. Fitxa d'avaluació del R.

Nom	Edat	Procedència	Fitxa d'avaluació						Martí Serratos Sedó
Jair		romània							21/9/17
	22 de setembre	29 de setembre	6 d'octubre	13 d'octubre	20 d'octubre	27 d'octubre	3 de novembre	10 de novembre	17 de novembre
Estat									
Exercici 1:	1,	—	—		—	—	—		
Informació extra	massa ràpid	ho l'enten	no el p.lla						
Exercici 2:	5, 7, 8	—	—		—	—	—		
Informació extra	la aleatori,	la aleatori	nada						
	no no pilla								
Exercici 3:	—	6	7,5 10		—	—	8 dret li		
Informació extra	raiu que	no, ho veu, li deixo	sense dir el color res (cor)				10 pg no ho veu		
Exercici 4:	7	9, 9	9, 10		10, 10	10	16		
Informació extra	bé, ho diu	per.	per.						
	un conte								
Es distreu?	7	7	6		6	4	3		
Li agrada?	8	8	7		7	8	8		
S'esforça?	7	8	9		8	9	8		
Te ganes de jugar?	7	8	10		8	9	7		

29 oct → respon millor al so, anten verd/vorn en veu, però no a la llum (x,3)
 6 oct → per l'oida ho fa tot super bé
 27 oct → nivell intel·lectual baixíssim, no enten dreta-esquerra.

Figura 84. Fitxa d'avaluació del J.

Nom	Edat	Procedència	Fitxa d'avaluació						Martí Serratos Sedó
E. P		rendició							21/9/17
	22 de setembre	29 de setembre	6 d'octubre	13 d'octubre	20 d'octubre	27 d'octubre	3 de novembre	10 de novembre	17 de novembre
Estat									
Exercici 1:	-	no el barba	-		-	-	-		
Informació extra	prom, no pot bejar i tenir	no ho pilla	no						
Exercici 2:	bè	bè no arriba	5		3	9	4,8		
Informació extra	no podria dir però així no m'ha	a temps a cap però el lentem	bè però el candor pè massa ràpid per ell		en distreu	airosant de mè	distreu		
Exercici 3:	no va!	4	3		5	3,9	8,8		
Informació extra		no arriba temps i no la amb el cap	no jaia per la		primer heu set no jo	no arribant el bosc	7m temps dintre de penitències		
Exercici 4:	3		7,4		7	8 2	10	2	
Informació extra	pel temps	no molt lent falta fluxa però ho enten	no ja amb el cap		Reptint la jeu lent-hi	airosant bosc	im-hi olla no pè neg		
Es distreu?	7	6	7 a posen a l'ordre		9	7	5		
Li agrada?	8	7	9		10	10	10		
S'esforça?	9	8	7		9	10	10		
Te ganes de jugar?	10	10	9		10	10	10		
		m'ha dit que li agrada treballar amb mi	pel temps						

22 net → importa lent, no pot amb ràpid

29 net → al exte si l'ide jo clic, però ho feta, per eta sala no pot, no l'enten

3 net → * els ha pillat tots però no arriba a temps

Figura 85. Fitxa d'avaluació de la E.

Nom	Edat	Procedència	Fitxa d'avaluació						Martí Serratosa Sedó
Moh.	20	encolca							21/9/17
	22 de setembre	29 de setembre	6 d'octubre	13 d'octubre	20 d'octubre	27 d'octubre	3 de novembre	10 de novembre	17 de novembre
Estat									
Exercici 1:					5,8	4,6	6,8		
Informació extra									
Exercici 2:					7	9	10		
Informació extra									
Exercici 3:					9	8	10		
Informació extra									
Exercici 4:					10	10	9		
Informació extra									
Es distreu?		no estava al centre			2	1	0		
Li agrada?					7	6	7		
S'esforça?					10	10	10		
Te ganes de jugar?					7	6	7		

20 oct → acaba d'arribar a l'escola. Té molta vergonya, és molt tímid. Però ha entès tots els exercicis, ho ha fet tot super bé però tenia com vergonya a dir de vegades, el veig amb capacitats per fer tot 10

21 oct → el 1r ex. de vegades el deixa passar pq no sembla estar 100% segur però podia fer 10/10 si volgués / utilitza les dues mans als altres exercicis sembla que sigui fàcil per ell, com que ho troba simple

Figura 86. Fitxa d'avaluació del M.

Annex 3

Document amb les dades dels participants sense cap discapacitat.

Nom	Edat	Procedència	Fitxa d'avaluació					Martí Serratosa Sedó	
								21/9/17	
			Àlex	Andreu	Francisc	Fina	Àlex	Martí	Daca
	20 de setembre	20 de setembre	6 d'octubre	13 d'octubre	20 d'octubre	27 d'octubre	3 de novembre	10 de novembre	17 de novembre
Estat	81 anys	14 anys	50 anys	51 anys	83 anys	17 anys	49 anys		
Exercici 1:	5, 10	10	9	9	8	9	9		
Informació extra									
Exercici 2:	10	10	10	10	9	10	10		
Informació extra									
Exercici 3:	10	10	10	10	8	10	10		
Informació extra									
Exercici 4:	10	10	10	10	9	10	10		
Informació extra									
És distreu?									
Li agrada?									
S'esforça?									
Te ganes de jugar?									

Figura 87. Document amb les dades dels participants sense cap discapacitat.

Llista de figures i taules

Les figures que es mostren a continuació són fotografies³¹ meves, fotografies dels participants de l'APPC, captures de pantalla, gràfics, imatges extretes d'Internet³² o documents escanejats que he fet servir en el treball.

Figura 1. Accés a l'educació a Europa de les persones amb discapacitat, 2012 (esquerra). Figura extreta de:	
http://www.observatoridiscapacitat.org/ca/tags/educacio .	25
Figura 2. Accés a l'educació de les persones amb discapacitat (dreta). Figura extreta de:	
http://www.observatoridiscapacitat.org/ca/tags/educacio .	25
Figura 3. Nivell educatiu dels joves (esquerra). Figura extreta de:	
http://www.observatoridiscapacitat.org/ca/tags/educacio .	26
Figura 4. Educació inclusiva a Catalunya, 2015 (dreta). Figura extreta de:	
http://www.observatoridiscapacitat.org/ca/tags/educacio .	26
Figura 5. Mapa de Catalunya amb els centres d'educació especial. Figura extreta de:	
http://mapaescolar.gencat.cat/#/tab-map .	27
Figura 6. Àrea provincial de Tarragona amb els centres d'educació especial. Figura extreta de:	
http://mapaescolar.gencat.cat/#/tab-map .	27
Figura 7. Mapa de Tarragona amb les escoles d'educació especial. Figura extreta de:	
http://mapaescolar.gencat.cat/#/tab-map .	28
Figura 8. L'APPC situada al mapa. Figura extreta de:	
https://www.google.es/maps/@41.1316493,1.2491285,16.92z?hl=ca .	29
Figura 9. Distribució de les despeses de l'APPC. Figura extreta de:	
http://www.appctarragona.org/images/noticias/2016/Juliol/memoria2015_FINAL_baixa.pdf .	31
Figura 10. Procedència del ingressos de l'APPC. Figura extreta de:	
http://www.appctarragona.org/images/noticias/2016/Juliol/memoria2015_FINAL_baixa.pdf .	32
Figura 11. El programa SITPLUS. Figura extreta de:	
http://sitplus.crea-si.com/ca/index.html .	40
Figura 12. Bloc RCX. Figura extreta de:	
https://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms .	43
Figura 13. Capsa del LEGO Mindstorms EV3. Figura extreta de:	
https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313 .	44
Figura 14. Sensor de color. Figura extreta de:	
https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313 .	46
Figura 15. Sensor de contacte. Figura extreta de:	
https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313 .	46

³¹ Totes les imatges que apareixen en el treball tenen permís dels responsables legals de les persones fotografiades.

³² Totes les imatges extretes d'Internet s'indica l'enllaç de la qual procedeixen.

Figura 16. Sensor d'infrarojos. Figura extreta de: https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313 .	47
Figura 17. Control remot. Figura extreta de: https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313 .	47
Figura 18. Motor gran. Figura extreta de: https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313 .	48
Figura 19. Motor mitjà. Figura extreta de: https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313 .	49
Figura 20. Logotip del LEROHELP.	51
Figura 21. Comandament del robot i les seves funcions.	52
Figura 22. Moment de l'encert al exercici velocitat.	54
Figura 23. Moment de l'exercici dreta/esquerra.	55
Figura 24. Moment de l'exercici color.	56
Figura 25. El comandament amb els exercicis corresponents.	59
Figura 26. Bloc <i>programa</i> .	61
Figura 27. Bloc <i>Inici_Variables</i> .	62
Figura 28. Bloc <i>Menu_inicial</i> .	62
Figura 29. Bloc <i>Execucio</i> .	63
Figura 30. Bloc <i>Inici</i> .	63
Figura 31. Bloc <i>Exercici_Velocitat</i> .	64
Figura 32. Bloc <i>Exercici_Velocitat_Stop</i> .	64
Figura 33. Bloc <i>Exercici_Dreta_Esquerra</i> .	64
Figura 34. Bloc <i>Exercici_Color</i> .	65
Figura 35. Bloc <i>Exercici_Veu</i> .	65
Figura 36. Bloc <i>Final</i> .	65
Figura 37. Bloc <i>Roda</i> .	66
Figura 38. Bloc <i>DretaEsquerra</i> .	67
Figura 39. Bloc <i>Color</i> .	68
Figura 40. Bloc <i>Veu</i> .	69
Figura 41. Bloc <i>Encert</i> .	69
Figura 42. Bloc <i>Encert_mut</i> .	70
Figura 43. Bloc <i>Fallada</i> .	70
Figura 44. Construint les proteccions del robot.	71
Figura 45. Capsa amb el material del LEROHELP per les sessions d'avaluació.	72
Figura 46. El robot vist des de dalt.	74
Figura 47. Les potes del robot a dintre del motlle.	74
Figura 48. Els dos polsadors.	75
Figura 49. Construint el motlle pel robot.	76
Figura 50. Primer model de LEROHELP.	76
Figura 51. Segon model del LEROHELP.	77
Figura 52. Targeta d'identificació de l'APPC.	83
Figura 53. Anamnesi participants de l'APPC.	85
Figura 54. Document de recollida de dades, altrament dit fitxa d'avaluació.	87
Figura 55. Certificat d'assistència i feina realitzada.	88
Figura 56. Gràfic de puntuació, O.	91
Figura 57. Gràfic de valoració, O.	92
Figura 58. El participant O fent un exercici.	92

Figura 59. Gràfic de puntuació, M.....	93
Figura 60. Gràfic de valoració, M.	94
Figura 61. El participant O duent a terme l'exercici velocitat.	94
Figura 62. Gràfic de puntuació, R.....	95
Figura 63. Gràfic de valoració, R.	96
Figura 64. El participant R realitzant un exercici.....	96
Figura 65. Gràfic de puntuació, J.	97
Figura 66. Gràfic de valoració, J.....	98
Figura 67. El participant J fent un exercici.....	98
Figura 68. Gràfic de puntuació, E.....	99
Figura 69. Gràfic de valoració, E.....	100
Figura 70. La participant E realitzant un exercici.	100
Figura 71. Gràfic de puntuació, I.	101
Figura 72. Gràfic de valoració, I.....	102
Figura 73. Jo explicant l'exercici color al participant I.	102
Figura 74. Les meus avis fent els exercicis.....	105
Figura 75. Participant sense cap discapacitat a punt de per els exercicis.	105
Figura 76. Cronologia en format esquemàtic.....	109
Figura 77. Correu a la Fundació LEGO.....	111
Figura 78. Resposta de la Fundació LEGO al meu correu.....	113
Figura 79. Fitxa d'avaluació sense cap dada.....	125
Figura 80. Fitxa d'avaluació del I.	126
Figura 81. Fitxa d'avaluació del O.....	127
Figura 82. Fitxa d'avaluació de la V.....	128
Figura 83. Fitxa d'avaluació del R.....	129
Figura 84. Fitxa d'avaluació del J.	130
Figura 85. Fitxa d'avaluació de la E.....	131
Figura 86. Fitxa d'avaluació del M.....	132
Figura 87. Document amb les dades dels participants sense cap discapacitat.....	133

Jo he redactat les taules que es mostren a continuació amb la informació que
posseïa que sempre ha estat verificada i contrastada.

Taula 1. Taula comparativa de les generacions Mindstorms.....	45
Taula 2. Taula comparativa dels exercicis.	57
Taula 3. Taula comparativa dels models LEROHELP.....	81
Taula 4. Dades recollides en totes les sessions experimentals.	90
Taula 5. Dades participants sense cap discapacitat.....	106
Taula 6. Mitjanes de tots els participants.....	106

