



*Centres universitaris adscrits a la*



Grau en Disseny i Producció de Videojocs

EVOLUCIÓ DE LES HABILITATS COGNITIVES UTILITZANT REALITAT VIRTUAL

Memòria

JOFRE MONTULL POLA  
TUTOR: ESTER BERNADÓ

2017-2018





## **Agraïments**

Els agraïments d'aquest treball van dirigits a Joan Rossell, per deixar-me el material i l'espai necessari per realitzar l'estudi, a la meva tutora Ester Bernadó per guiar-me durant el procés i al meu germà per proporcionar-me el coneixement necessari per arribar als resultats desitjats.

# Abstract

## Català

La Realitat Virtual és una simulació computacional on es poden recrear ambients on el subjecte entri en la immersió del joc i pugui interactuar amb el seu entorn. La finalitat del treball és analitzar si es poden augmentar les habilitats cognitives dels joves entre 18 i 22 anys al ser exercitades amb Realitat Virtual dins d'un entorn controlat amb videojocs que posin a prova les capacitats del subjecte, tant físiques com mentals.

## Castellano

La Realidad Virtual es una simulación computacional donde se pueden recrear ambientes donde el sujeto entre en la inmersión del juego y pueda interactuar con su entorno. La finalidad del trabajo es analizar si se pueden aumentar las habilidades cognitivas de los jóvenes entre 18 y 22 años al ser ejercitadas con Realidad Virtual dentro de un entorno controlado con videojuegos que pongan a prueba las capacidades del sujeto, tanto físicas como mentales.

## English

Virtual Reality is a computational simulation where ambient can be recreated and where the subject goes inside the game immersion and can interact with its environment. The finality of this project is to analyse if cognitive abilities can be enhanced in young people between 18 and 22 years old being trained with Virtual Reality inside a controlled environment with video games that challenge the capacities from the subject, both physical and mental.

# Índex

Índex.....	I
Índex de figures.....	III
Índex de taules .....	V
1.Introducció .....	1
2. Antecedents de recerca .....	3
2.1. Definició d'un entorn virtual.....	3
2.2. RV i habilitats cognitives aplicades en l'àmbit d'entrenament.....	3
2.2.1. Entrenament mèdic.....	3
2.2.2. Entrenament laboral .....	4
2.2.3. Entrenament personal.....	4
2.3. RV i habilitats cognitives aplicades en l'àmbit psico-social.....	6
3. Marc teòric .....	7
3.1. La RV .....	7
3.1.1. Definició de RV .....	7
3.1.2. La història de la RV .....	8
3.1.3. RV, les seves aplicacions, característiques i avantatges.....	11
3.1.4. Inconvenients de la RV .....	15
3.2. Les habilitats cognitives .....	18
3.2.1. Definició de les habilitats cognitives.....	18
3.2.2. Descripció de les principals habilitats cognitives.....	18
3.2.3. Mesura de les habilitats cognitives.....	29
3.2.4. Com afecta la RV al desenvolupament de les habilitats cognitives? .....	31
3.3. L'estadística, anàlisi de dades .....	32
3.3.1. Estadística descriptiva .....	32
3.3.2. Estadística inferencial.....	38
4. Objectius/Hipòtesis .....	45
4.1. Introducció .....	45
4.2. Objectius.....	45
4.3. Pregunta de recerca .....	45
4.4. Hipòtesis.....	46

5. Disseny metodològic.....	47
5.1. Mètode científic.....	47
5.2. Mostra de l'estudi.....	47
5.2.1. Dades demogràfiques .....	48
5.3. L'experiment .....	50
5.3.1. Space Pirate Trainer .....	50
5.3.2. Zombie Buster VR .....	50
5.3.3. John Wick VR.....	51
5.3.4. Sairento VR.....	52
6. Cronograma.....	55
7. L'estudi, anàlisi d'hipòtesis.....	57
7.1. Hipòtesi 1: jugar a videojocs en RV millora les habilitats cognitives del subjecte. .	57
7.2. Hipòtesi 2: jugar a videojocs en RV millora el temps de reacció .....	58
7.3. Hipòtesi 3: jugar a videojocs en RV millora la coordinació mà-ull.....	59
7.4. Hipòtesi 4: els jugadors habituals tenen les habilitats cognitives més desenvolupades que els no habituals. ....	62
7.5. Hipòtesi 5: els jugadors habituals milloren més que els no habituals. ....	65
7.6. Hipòtesi 6: els jugadors amb més nivell d'estudis tenen les habilitats més desenvolupades que els jugadors amb menys nivell d'estudis.....	67
7.7. Hipòtesi 7: els jugadors amb més nivell d'estudis milloren més que els jugadors amb menys nivell d'estudis. ....	71
7.8. Hipòtesi 8: el gènere del jugador defineix si té les habilitats cognitives més desenvolupades.....	73
7.9. Hipòtesi 9: el gènere del jugador defineix si té més facilitat per millorar les habilitats cognitives. ....	77
8. Conclusions.....	81
8.1. Resultats de les observacions .....	81
8.2. Conclusions .....	84
8.3. Discussió .....	85
8.4. Línies de futur .....	86
9. Referències.....	87
10. Annexos, codi R.....	94

## Índex de figures

Fig. 1. GROPE-III. Primer sistema de <i>feedback</i> de força virtual. Modificació posterior. Font: Brooks (1990).	9
Fig. 2. Tennis VR. Posa en pràctica moltes habilitats cognitives i hi ha una forta relació amb el sistema hàptic, sobretot quan hi ha un <i>feedback</i> sensitiu. Font: Lightweave (2017).	11
Fig. 3. Autonomia, interacció i presència en la RV. Cub de Zeltzer. Font: Zeltzer (1992).	12
Fig. 4. Representació de la captura en 3D realitzada pel Kinect. Font: Hruska (2016).	13
Fig. 5. Dispositiu Oculus Rift, HMD i controladors. Font: bestbuy (2018).	13
Fig. 6. Dispositiu HTC Vive, amb l’HMD, els controladors i els detectors d’infrarojos. Font: abt (2018).	13
Fig. 7. Representació pictòrica de l’estereopsis, on es pot veure la perspectiva de cada ull de les bitlles i la imatge final interpretada pel cervell. Font: rosavision (2010).	16
Fig. 8. Marvel Powers United VR gameplay. Font: vrgamesfor (2017).	19
Fig. 9. Jugador de rugbi agafant una pilota. Font: irbcoaching (2009).	19
Fig. 10. En una sortida d’atletisme es posa a prova el temps de reacció de cada atleta davant d’un estímul simple, en aquest cas és un tret. Font: Perarnau Magazine (2012).	21
Fig. 11. Space Pirate Trainer. Font: spacepiratetrainer (2017)	23
Fig. 12. Model de la memòria de treball. Font: Baddeley (1974).	28
Fig. 13. Representació gràfica dels tipus distribucions de mostres. Font: spssfree (2016).	38
Fig. 14. <i>Pie chart</i> . Distribució dels gèneres de la mostra. Font: elaboració pròpia.	48
Fig. 15. <i>Boxplots</i> . Representació gràfica de la distribució d’edats segons el gènere del subjecte. Font: elaboració pròpia.	49
Fig. 16. <i>Boxplots</i> . Representació gràfica de la distribució de l’alçada segons el gènere del subjecte. Font: elaboració pròpia.	49
Fig. 17. Imatge extreta del <i>gameplay</i> de <i>Zombie Buster VR</i> . Font: realovirtual (2017).	51
Fig. 18. Imatge extreta del <i>gameplay</i> de <i>John Wick VR</i> . Font: roadtovr (2017).	52
Fig. 19. Imatge extreta del <i>gameplay</i> de <i>Sairento VR</i> . Font: uploadvr (2018).	52
Fig. 20. Captura de pantalla del test Wazzia de temps de reacció. Font: elaboració pròpia.	53
Fig. 21. Histograma. Figura que representa la distribució dels subjectes segons els seu temps de reacció (en mil·lisegons o “ms”) en la primera sessió. Font: elaboració pròpia.	58
Fig. 22. <i>Boxplot</i> . Figura que representa la diferència de temps de reacció entre la primera i última sessió. Font: elaboració pròpia.	59
Fig. 23. Histograma. Figura que indica la distribució dels subjectes segons la seva coordinació mà-ull (precisió) durant la 1a sessió. Font: elaboració pròpia.	60
Fig. 24. Histograma. Figura que indica la distribució dels subjectes segons la seva coordinació mà-ull durant la 4a sessió. Font: elaboració pròpia.	61
Fig. 25. <i>Boxplot</i> . Figura que indica la distribució dels subjectes segons la seva millora de la coordinació mà-ull. Font: elaboració pròpia.	61
Fig. 26. <i>Boxplot</i> . Representació gràfica de la distribució del temps de reacció dels jugadors habituals en la primera sessió. Font: elaboració pròpia.	62
Fig. 27. <i>Boxplot</i> . Representació gràfica de la distribució del temps de reacció dels jugadors no habituals en la primera sessió. Font: elaboració pròpia.	63

Fig. 28. <i>Boxplot</i> . Representació gràfica de la distribució de la coordinació mà-ull dels jugadors habituals en la primera sessió. Font: elaboració pròpia. ....	63
Fig. 29. <i>Boxplot</i> . Representació gràfica de la distribució de la coordinació mà-ull dels jugadors no habituals en la primera sessió. Font: elaboració pròpia. ....	64
Fig. 30. <i>Boxplot</i> . Representació gràfica de la distribució de la millora de la coordinació mà-ull dels jugadors habituals. Font: elaboració pròpia. ....	65
Fig. 31. <i>Boxplot</i> . Representació gràfica de la distribució de la millora de la coordinació mà-ull dels jugadors no habituals. Font: elaboració pròpia. ....	66
Fig. 32. <i>Boxplot</i> . Representació gràfica de la distribució de la millora de la coordinació mà-ull dels jugadors no habituals. Font: elaboració pròpia. ....	67
Fig. 33. <i>Boxplot</i> . Representació gràfica de la distribució de la millora de la coordinació mà-ull dels jugadors no habituals. Font: elaboració pròpia. ....	67
Fig. 34. <i>Boxplot</i> . Temps de reacció a la primera sessió dels subjectes amb estudis. Font: elaboració pròpia. ....	68
Fig. 35. <i>Boxplot</i> . Representació gràfica del temps de reacció de la primera sessió dels subjectes amb pocs estudis. Font: elaboració pròpia. ....	68
Fig. 36. <i>Boxplot</i> . Representació gràfica de la coordinació mà-ull (precisió) de la mostra de jugadors amb estudis. Font: elaboració pròpia. ....	69
Fig. 37. <i>Boxplot</i> . Representació gràfica de la coordinació mà-ull de la mostra de jugadors amb pocs estudis. Font: elaboració pròpia. ....	70
Fig. 38. <i>Boxplot</i> . Representació gràfica de la millora del temps de reacció en els subjectes amb un nivell alt d'estudis. Font: elaboració pròpia. ....	71
Fig. 39. <i>Boxplot</i> . Millora del temps de reacció dels subjectes amb un nivell d'estudis baix. Font: elaboració pròpia. ....	72
Fig. 40. <i>Boxplots</i> comparatius, precisió (%) dels subjectes amb estudis superiors i no superiors. Font: elaboració pròpia. ....	73
Fig. 41. Histograma. Representació gràfica de la distribució del temps reacció del gènere masculí. 1a sessió. Font: elaboració pròpia. ....	74
Fig. 42. Histograma. Representació gràfica de la distribució del temps de reacció del gènere femení. 1a sessió. Font: elaboració pròpia. ....	75
Fig. 43. Histograma. Representació gràfica de la distribució de la coordinació mà-ull del gènere masculí. 1a sessió. Font: elaboració pròpia. ....	76
Fig. 44. Histograma. Representació gràfica de la distribució de la coordinació mà-ull del gènere femení. 1a sessió. Font: elaboració pròpia. ....	77
Fig. 45. Histograma. Representació gràfica de la distribució dels subjectes de gènere masculí segons la seva millora del temps de reacció. Font: elaboració pròpia. ....	78
Fig. 46. Histograma. Representació gràfica de la distribució dels subjectes de gènere femení segons la seva millora del temps de reacció. Font: elaboració pròpia. ....	79
Fig. 47. Histograma. Representació gràfica de la distribució dels subjectes de gènere masculí segons la seva millora en la coordinació mà-ull. Font: elaboració pròpia. ....	79
Fig. 48. Histograma. Representació gràfica de la distribució dels subjectes de gènere femení segons la seva millora en la coordinació mà-ull. Font: elaboració pròpia. ....	80



## Índex de taules

Taula 1: Habilitats cognitives.....	18
Taula 2: Habilitats cognitives, 1a sessió .....	81
Taula 3: Habilitats cognitives, 4a sessió .....	82
Taula 4: Valors de p-value .....	84



## 1.Introducció

La Realitat Virtual (RV a partir d'ara) és una simulació computacional on es poden recrear ambients on el subjecte entri en la immersió d'un entorn (sovint un joc) i pugui interactuar amb aquest entorn. Per a que es consideri un entorn de RV complet, ha de complir certs requisits, entre els quals, es considera que ha de ser un ambient totalment immersiu, ha d'haver una clara percepció de la profunditat, una gesticulació representada de forma precisa dins l'entorn virtual i s'ha de complir el principi de l'acció, que consta en que qualsevol acció realitzada pel subjecte ha de ser representada en l'entorn de RV (canvis de posició i rotació 360°) (Laurel, 2016).

Les aplicacions de la RV són múltiples i és una eina molt potent a nivell pedagògic, ja que permet ensenyar i recrear ambients a l'individu que està jugant i portar la ment del subjecte a un punt d'immersió que no hi pot arribar de forma comú. La RV proporciona les combinacions lògiques (com distingir patrons, comportaments i simulacions) que ens donen els videojocs aplicades en un entorn 3D, per tal de que el subjecte pugui interaccionar amb el seu entorn. És en aquest punt quan el jugador pot millorar la seva percepció de l'espai i la flexibilitat cognitiva, fent-li creure al seu cervell que està sota del mar, en un temple samurai o a sobre el cim de l'Everest. També es poden utilitzar *serious games* per recrear ambientacions concretes per simular espais de treball, ja sigui per fer formacions laborals, com per entrenar metodologies de seguretat o per simular una situació concreta, com una operació quirúrgica (Seymour, 2002). Tots aquests entorns creen un *feedback* en el jugador similar a la realitat i a la vegada originen una reacció en el subjecte (Laurel, 2016).

S'ha demostrat que la RV serveix com a mètode de rehabilitació per persones que pateixen malalties, com per exemple, persones amb problemes d'equilibri provocats per malalties neuronals (Mao, Chen, Li i Huang, 2014), persones amb desgast d'articulacions (Rojas, 2010) o que tinguin autisme (Parsons i Mitchell, 2002). Un factor important a tenir en compte, és que la majoria d'estudis que es van realitzar per demostrar aquestes hipòtesis es van plantejar fa més de 5 anys, per tant podem deduir que, com la tecnologia de la RV ha millorat tant aquests últims anys, ens fa pensar que els resultats obtinguts avui en dia seran molt més favorables, ja que actualment es té la capacitat d'introduir al subjecte en un entorn molt més immersiu i motivant.

L'objectiu d'aquest treball és posar a prova habilitats cognitives concretes amb un entrenament de RV, com el temps de reacció i la coordinació oculo-motriu, per tal de verificar la hipòtesi de que la RV és un bon reforç a l'hora de millorar certes habilitats cognitives. Si es confirmen les hipòtesis, es pot afirmar que hi ha una millora de les habilitats cognitives i que la RV és aplicable en aspectes del dia a dia, ja sigui millorant la coordinació mà-ull o el temps de reacció (Boot, 2011).

Totes aquestes millores d'habilitats cognitives són aplicables tant a nivell laboral com a nivell esportiu. Un exemple és el d'un jugador de futbol que vol millorar la seva visió perifèrica i la

seva velocitat de reacció a l'hora de passar la pilota o d'interpretar una jugada. En aquest cas el jugador hauria de millorar la seva percepció espacial, la seva velocitat de processament i el seu temps de reacció, entre d'altres.

La motivació del treball i dels estudis és demostrar que els videojocs en RV són eficaços a l'hora de millorar les habilitats cognitives mencionades anteriorment. Òbviament és un mètode que crea controvèrsia, perquè en el cas de que millorin les habilitats cognitives no vol dir que sigui un substitut d'un entrenament cognitiu o esportiu especialitzat, ja que hi ha tests creats per entrenar les habilitats cognitives i aquests consten d'acceptació científica (Cognifit, 2008). La finalitat no és demostrar que augmenten suficientment les habilitats cognitives com per substituir un entrenament especialitzat, però sí recrear ambients on el subjecte es senti immers i motivat i saber que està millorant les seves capacitats psicomotrius.

Aquesta memòria vol seguir un fil argumental, prenent com a base el coneixement de la RV i les seves aplicacions, tant científiques i específiques com les que poden ser d'ús quotidià. Es prenen com a antecedents les proves d'articles científics que demostren diferents hipòtesis relacionades amb l'objectiu d'aquest treball. Seguidament, en el primer apartat del marc teòric, es pot observar com es defineix tot el context que hi ha al voltant de la RV, la seva història, les seves aplicacions i els inconvenients que pot arribar a comportar utilitzar la RV de forma rutinària. En el següent apartat es pot observar la definició de les habilitats cognitives i la influència que tenen durant el dia a dia, la seva aplicació en diversos camps i les formes de mesurar-les i d'entrenar-les. Finalment es pot observar la definició de l'estadística descriptiva i inferencial, les quals s'utilitzen més endavant per analitzar les dades obtingudes.

L'estudi que conforma la part pràctica d'aquest projecte analitza el temps de reacció i la coordinació mà-ull abans i després de l'entrenament en RV dels joves entre 18 i 22 anys. L'objectiu final és detectar si hi ha una millora visible d'aquestes habilitats cognitives. El temps de reacció es calcula a través d'una senzilla aplicació d'ordinador, la qual introdueix un estímul, com un canvi de color de la pantalla i els subjectes han d'indicar quan canvia. La coordinació oculo-motriu es calcula a través d'un test de precisió, però com els jocs emprats per l'estudi ja donen aquesta dada, no fa falta utilitzar cap test, ja que la precisió mostrada al final de cada nivell del joc ens mostrarà l'evolució del subjecte.

## 2. Antecedents de recerca

En aquesta secció s'hi pot trobar els antecedents de recerca sobre les aplicacions de la RV en diferents àmbits, des d'entrenaments esportius, entrenaments per millorar les habilitats cognitives, fins a simulacions d'operacions laparoscòpiques (operacions quirúrgiques de ginecologia, vesícula biliar i intestinals). A continuació es pot veure la definició de RV i les seves aplicacions en múltiples àmbits.

### 2.1. Definició d'un entorn virtual

Segons Laurel (2016), un entorn de RV ha d'estar definit per diferents variables, com un entorn completament envolupant, on el subjecte es pugui girar, mirar al voltant, amunt i avall i veure un entorn virtual complet i immersiu. Ha de constar de mètodes de percepció de la profunditat, com un *HMD (Head Mounted Display)* o sistema de visió binocular. Ha de constar també d'un sistema de so espacial, no només *stereo*, ja que el moviment del jugador és dinàmic i el so ha de funcionar de forma similar. El jugador ha d'estar representat dins de l'entorn virtual i les seves accions han de tenir sentit, han d'anar lligades amb la narrativa de l'entorn. La gesticulació de l'individu dins la RV també ha d'estar representada de forma natural.

La RV ha atret molt l'atenció durant els últims anys, degut a la difusió dels mitjans de comunicació que ha fet que l'interès creixi de forma constant. La RV ha avançat des del simple concepte d'un entorn virtual fins al desenvolupament dels *HMD* (Mazuryk i Gervautz, 1996), uns cascs especialitzats per representar una experiència en RV, com s'explica més endavant (veure 3.1.3). Amb aquests avenços, avui en dia s'arriben a desenvolupar sistemes tant avançats com l'HTC Vive, el qual ofereix un sistema de RV amb un ampli camp de visió, una alta resolució i un sistema de seguiment basat en les dimensions de l'habitació. Permet un seguiment de la posició i l'orientació del subjecte amb una latència de 22ms, pel que és un sistema d'alt rendiment (Diederick, Niehorster i Lappe, 2017).

## 2.2. La RV i habilitats cognitives aplicades en l'àmbit d'entrenament

### 2.2.1. Entrenament mèdic

Ja plantejat la definició d'un entorn virtual, es pot observar que hi ha varis exemples d'aplicacions en l'àmbit d'entrenament, sobretot en l'àmbit d'operacions quirúrgiques. Degut a les aplicacions de la RV en l'àmbit laboral es pot emprar també com a mètode d'entrenament i simulació. Segons Choudhury (2013) es pot fer servir la RV per entrenar a neurocirurgians en els cinc camps més importants de la neurocirurgia, la ventriculostomia, navegació nasal endoscòpica, citoreducció de tumors, hemostasia i microdiscepció. Introdueixen tres nivells diferents de dificultat perquè els metges entrenin les seves habilitats i els primers resultats ja

mostren com els neurocirurgians que han practicat amb RV són més efectius que els metges que no hi han practicat.

Segons Seymour (2002) la pràctica dels metges d'operacions laparoscòpiques amb RV dona millors resultats que els metges entrenats amb els mètodes convencionals. L'estudi realitzat obté uns resultats sorprenents, ja que els metges entrenats amb RV operen un 29% més ràpid i amb cinc vegades menys probabilitat de ferir la vesícula biliar i en general, sis vegades menys probabilitat que cometin un error durant l'operació.

Ahlberg (2007), arriba a la mateixa conclusió que Seymour (2002), que es pot arribar a practicar operacions laparoscòpiques amb la RV per tal d'augmentar les habilitats cognitives. Els resultats són millors en comparació als metges residents que no entrenen amb RV. El resultat mostra com a l'hora de fer una operació real fan tres vegades menys errors que els metges que practiquen amb tècniques convencionals i que el temps de l'operació es redueix un 58%. Això ens permet deduir que la RV permet augmentar les habilitats cognitives, com la flexibilitat cognitiva, i adaptar-nos a entorns de forma més eficient.

### **2.2.2. Entrenament laboral**

Dins de l'entrenament laboral es pot observar que principalment s'utilitza de formació pels treballadors, ja que permet a l'empresa en qüestió transmetre uns coneixements de forma més directa. La formació simula un problema laboral o quotidià que el subjecte que estigui fent l'entrenament haurà de resoldre, sense estar sotmès a cap perill. Les formacions laborals porten dues dècades fent-se a través d'ordinadors i normalment amb internet, ja que permeten al treballador obtenir coneixements sense estar sota perill i, a vegades, des de casa (Sevillano, 2009). El fet que es pugui fer un aprenentatge virtual també ho ha fet aplicable a la RV, cosa que permet al subjecte una immersió molt més alta en l'entorn i una concentració molt més alta en els seus moviments i accions. Aquestes formacions s'estan començant a aplicar a les empreses per formar als treballadors, normalment sobre la prevenció de riscos. Un exemple és la simulació d'un incendi, la resolució d'un problema elèctric, etc.

Aquestes metodologies cada cop són més actives i permeten a les empreses fer formacions de forma entretinguda i proporcionant al treballador una noció molt més clara de les accions que haurà de realitzar en cas que es trobi amb la situació simulada.

### **2.2.3. Entrenament personal**

Tal com diu Boot (2011) totes les habilitats cognitives es poden exercitar i millorar, i ho fa a partir de jocs d'acció d'ordinador. Troba una relació entre el desenvolupament de les habilitats cognitives i de la percepció visual, auditiva i espacial desenvolupades per les persones que solen jugar i les que no. L'article de Boot (2011) és interessant a nivell comparatiu, ja que cita a diversos articles d'estudis similars on s'assegura que jugar a videojocs d'acció millora la capacitat de cerca, millora el temps de resposta, el *multi tasquing*, la presa de decisions, l'agudesa visual entre d'altres.

Segons Botía (2012) es pot utilitzar la RV com un entorn d'entrenament i com una eina pràctica per desenvolupar les habilitats cognitives del subjecte que estigui realitzant les sessions d'entrenament. Segueix la premissa de que qualsevol habilitat cognitiva pot ser millorada i exercitada i més dins d'un entorn virtual. L'estudi es basa en veure com afecta al subjecte realitzar entrenaments (com Tai-chi) amb RV i la relació que té amb la biomecànica. Es fa servir el mètode de detecció de moviment EMG (*ElectroMioGraphic*), el qual calcula la força dels músculs a l'hora de executar una acció.

Tant Lames (2017) com Boot (2011) asseguren que la profunditat en les tres dimensions es pot millorar fent servir entorns en RV, per tant amb la RV es pot observar una millora de la percepció espacial. En la conclusió d'aquest estudi es pot veure com han realitzat l'estudi i comenta que, si no hi ha pistes a nivell de profunditat, el subjecte es pot arribar a perdre, però en el cas (com és aquest) de que l'estudi es realitzi amb un casc de RV (*HMD*) i no en un monitor, el subjecte tindrà sempre el sentit de la profunditat i, en teoria, li permetrà millorar-lo. En aquest cas i en molts altres plantegen els estudis com a mètode potenciador d'alguna habilitat cognitiva en concret, però ja especifiquen que no és cap substitut d'activitat física.

Segons Andre (2017) els nous mètodes d'aprenentatge amb RV serveixen per millorar tant a nivell de precisió, com a nivell de profunditat i de relació d'objectes. Aquest estudi ens mostra com es duu a terme una prova d'entrenament anatòmic per construir l'anatomia d'un gos en un entorn virtual, concretament l'HTC Vive®. Explica com pot es fa servir el Leap Motion (tecnologia relacionada amb l'HTC Vive®, però sense controladors) per ensenyar llenguatges de signes a persones sordes.

Rojas (2010) planteja un estudi que es basa en la teoria de que es pot corregir i millorar l'equilibri de les persones grans (a partir de 69 anys) i elabora un estudi analitzant els subjectes abans de les proves i després al cap de 3, 6 i 8 setmanes. Posa a prova als subjectes dins d'un entorn virtual (utilitzant el *Wii Fit*) i es veu una clara evolució, a partir de les observacions de les diferents sessions, de com millora la postura i la velocitat mitja de la gent gran que participa com a subjecte d'aquest experiment. Aquest estudi a part d'entrenament personal entraria en l'àmbit d'entrenament psico-motriu.

El factor important és, no només fer servir entorns de RV, sinó fer servir videojocs per tal d'entrenar les habilitats cognitives del subjecte. Segons Peretz (2010) es poden analitzar com augmenten les habilitats cognitives al jugar a videojocs i fer un entrenament específic d'aquestes habilitats. L'estudi es realitza a persones de 50 anys o més que són considerades sensibles a patir desordres cognitius. Aquest estudi és vàlid a l'hora de comprovar l'efectivitat dels dos mètodes, ja sigui a través de videojocs o de tests neuropsicològics, ja que el mètode d'avaluació cognitiva es fa a partir dels tests N-CPC de l'empresa CogniFit, els quals avaluen 17 habilitats cognitives diferents.

La millora de les habilitats cognitives són el punt de partida d'algunes empreses com CogniFit. Els tests que publiquen a la seva pàgina web estan recolzats per 15 estudis científics que

demostren l'efectivitat dels seus tests neuropsicològics (Cognifit, 2008-2017) per entrenar les habilitats cognitives. Una de les principals utilitats d'aquesta pàgina són els estudis disponibles per a professionals, que inclouen tests de precisió, concentració, capacitat visual, etc. Els estudis han demostrat, per exemple, millorar la seguretat dels pilots de la Marina d'EEUU, millorar el rendiment d'estudiants amb dislèxia, millorar la qualitat de la son de pacients amb insomni, etc.

### **2.3. RV i habilitats cognitives aplicades en l'àmbit psico-social**

No tan sols es pot aplicar la RV en l'àmbit d'entrenament, sinó també en l'àmbit psico-social per persones amb trastorns. Parsons & Mitchell (2002) creen un estudi on s'observa com les persones detectades amb un síndrome d'autisme poden millorar les seves habilitats socials a través d'un entorn virtual. No és un substitut de l'ensenyament, sinó un potenciador de les habilitats socials per a persones amb aquest desordre mental i subratllen els avantatges que té la RV per aquest tipus de pacients. La RV els hi permet desenvolupar la flexibilitat cognitiva al introduir-los en nous entorns.

Com diu Rus-Calafell (2014), els pacients que participen en les proves amb RV demostren una millora d'habilitats socials, ensenyen comportaments que no tindrien sense un entorn virtual i permeten corregir-los en el món real. Amb tot això, la satisfacció dels pacients amb aquest tractament és molt alta.

Segons García-Betances (2014), amb l'edat les habilitats cognitives es poden veure deteriorades, igual que les capacitats físiques i mentals. En aquest estudi l'autor planteja l'ús de la RV com a mètode per millorar les habilitats cognitives de persones d'edat avançada (entre 65 i 75 anys), sobretot a gent amb discapacitat cognitiva.

En resum, les habilitats cognitives tenen un impacte en tots els aspectes de la nostra vida i el fet de disposar d'un entorn de RV per millorar-les, ens pot ajudar a millorar tant a nivell social, com a nivell laboral i a nivell cognitiu.



## 3. Marc teòric

El marc teòric s'estructura en tres blocs diferents. En el primer bloc es pot trobar la teoria referent a la RV. Per començar es troba la definició de què és la RV i les seves funcions. Seguidament la RV es veu contextualitzada per un marc històric, ja que ha patit molts canvis els últims anys, des del simple concepte de la RV fins al desenvolupament d'un *hardware* avançat i assequible. Més endavant es poden observar les aplicacions de la RV, després es troben els reptes i els inconvenients de la RV.

En el segon bloc es troba tot el que està relacionat amb les diferents habilitats cognitives, des de la seva descripció més genèrica fins a totes les habilitats cognitives avaluable. Aquestes són mencionades i explicades en els següents subapartats. Seguidament es troben les eines que hi ha per calcular les habilitats cognitives, on s'expliquen els processos i tests que s'han de seguir per calcular les habilitats cognitives indicades. Dins de les habilitats cognitives es pot trobar la informació de com pot afectar a les habilitats cognitives del jugador el fet de jugar amb RV.

En el tercer bloc es pot trobar la informació relacionada amb l'anàlisi de dades, concretament en dos subapartats, que són l'estadística descriptiva i l'estadística inferencial. De l'estadística descriptiva es pot observar la definició, els tipus de variables, les escales, els indicadors de distribució i els indicadors de forma. En l'estadística inferencial es pot observar la definició, l'estimació de paràmetres, la comparació de mostres o poblacions i els tests d'hipòtesis.

### 3.1. La RV

#### 3.1.1. Definició de RV

Laurel (2016), defineix la RV com un entorn definit per diferents variables:

- Ha de ser un entorn completament envolupant, on el subjecte es pugui girar (360° en qualsevol eix), mirar al voltant, amunt i avall i veure un entorn virtual complet i immersiu, sense elements disruptius.
- Ha de constar de mètodes de percepció de la profunditat, com un *HMD (Head Mounted Display)* o sistema de visió binocular.
- Ha de constar d'un sistema de so espacial, no només *stereo*, ja que el moviment del jugador és dinàmic i el so ha de funcionar de forma similar per tant de crear un estímul el més realista possible.
- El jugador ha d'estar representat dins de l'entorn virtual i les seves accions han de tenir sentit, que el jugador tingui una influència dins del món virtual.
- Les accions del jugador han d'anar lligades amb la narrativa de l'entorn.
- La gesticulació de l'individu dins la RV ha d'estar representada de forma natural i coherent amb els moviments reals d'aquest.

Laurel (2016) afirma que, avui en dia, hi ha molts dispositius de RV que suposen ser-ho. Però el fet real és que només són dispositius que executen vídeos en 360° immersius i li donen el nom de RV. El fet és que una “narració de contes” en RV no és RV en sí. Un cas clar és el dels *HMD* fabricats per *smartphones*, que venen una experiència de RV i només són dispositius que transformen les imatges enviades des dels mòbils per representar aquest vídeo en 360°. El terme de RV s'utilitza només per vendre aquests *HMD*, ja que els mitjans de comunicació també es veuen influïts a l'hora de parlar-ne.

### 3.1.2. La història de la RV

Fa molts anys que es va introduir el concepte de RV a la societat, però degut a les limitacions tècniques de la tecnologia no s'havia pogut desenvolupar correctament fins avui en dia. A finals del segle XX ja era difícil imaginar un arquitecte, enginyer o un dissenyador d'interiors treballant sense una estació de treball gràfica. Durant els últims 20 anys la tecnologia ha evolucionat molt, sobretot el que es refereix a microprocessadors, els quals permeten que els ordinadors siguin cada cop més ràpids i potents. El mateix passa amb les targetes gràfiques, cada cop són més potents i més assequibles, pel que un usuari comú pot obtenir un sistema gràfic avançat. Aquesta fascinació amb la nova realitat (virtual) permet entrar en un món envolupant, en una altra dimensió i ofereix experiències no assequibles en la vida real. Tot i això, els gràfics tridimensionals no tenen fronteres ni constants, pel que es poden manipular i crear a voluntat pròpia. Es pot fins i tot es pot millorar fins a arribar a la quarta dimensió, quan entra en joc la imaginació (Mazuryk i Gervautz, 1996).

Tot i l'evolució d'aquests últims anys, els usuaris sempre n'han volgut més. Segons Mazuryk i Gervautz (1996), la gent no vol veure un monitor, les persones ja estan preparades per entrar dins del món virtual i interaccionar amb aquest. Aquesta és la tecnologia que es va començar a fer famosa a partir de la dècada dels 90 és el que se l'anomena RV. La primera idea de RV va ser presentada per Ivan Sutherland en el 1965: “la idea és fer un món (virtual) que es vegi real, que soni real, que es senti real i que respongui de forma real a les accions de l'individu”(Sutherland, 1965). Ha passat molt temps des d'aquesta visió del món virtual i com deia Brooks (1995) “el repte de la terra promesa per Sutherland encara no s'ha complert, però és un objectiu que tenim a prop”. Com s'ha comentat anteriorment, durant els últims 20 anys s'ha avançat molt, tant en la visió com en l'eficàcia de la tecnologia. Tot i això mai s'han d'oblidar les arrels, de les quals es ressalten les més importants (Balaguer, 1993; Cruz-Neira, 1993; Gigante, 1993; Holloway, 1995).

- **Sensorama:** entre els anys 1960 i 1962, Morton Heilig va crear un simulador multi sensorial. Per aquesta creació va utilitzar una pel·lícula gravada en color i amb so *stereo* i augmentat per so binaural. També va fer servir un sistema per transmetre olors, per simular el vent i les vibracions. Aquesta va ser la primera aproximació a crear un sistema de RV ja que tenia totes les qualitats d'un entorn virtual, l'únic problema és que no s'hi podia interaccionar.

- El dispositiu definitiu (*the Ultimate Display*): en el 1965, Ivan Sutherland va proposar el concepte definitiu de la RV: un concepte de construcció d'un món artificial que inclou gràfics interactius, una força de resposta i fins i tot so, olors i gust.
- “L’espasa de Damocles”: va ser el primer dispositiu de RV creat en hardware, no en concepte. Ivan Sutherland va construir el primer dispositiu considerat un *Head Mounted Display* o HMD (figura 5 i 6).
- GROPE: va ser el primer prototip de simulació de força desenvolupat a la Universitat de Carolina del Nord (UNC) en el 1971.

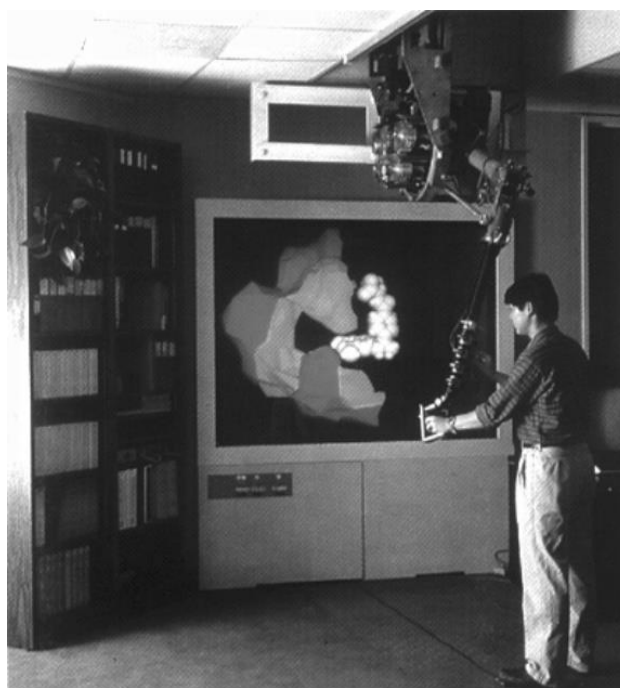


Fig. 1. GROPE-III. Primer sistema de *feedback* de força virtual. Modificació posterior. Font: Brooks (1990).

- VIDEOPLACE: realitat artificial creada en 1975 per Myron Krueger – “un entorn conceptual, sense existència”. En aquest sistema de siluetes els usuaris eren gravats amb càmeres i projectats en una pantalla gran. Els subjectes podien interaccionar amb els altres usuaris gràcies a les tècniques de processament d’imatges que determinaven la seva posició en un espai de dues dimensions.
- VCASS: Thomas Furness, de les forces aèries dels Estats Units va desenvolupar un simulador de vol avançat en els laboratoris d’*Amstrong Medical Research*. El pilot de lluita va utilitzar un *HMD* (3.5.2) que li augmentava el camp de visió mitjançant gràfics que descrivien l’orientació i la informació òptima sobre la ruta de vol.
- VIVED (*Virtual Visual Environment Display*): construït a la NASA en el 1984. La base era d’un *HMD* amb una tecnologia estereoscòpica monocromàtica.

- VPL: la companyia de VPL va fer la manufactura dels populars *DataGlove* (1985) i l'*HMD Eyephone* (1988), els primers dispositius de RV de venda al públic.
- BOOM: és una petita caixa que disposava de dos monitors CTR, els quals servien per posar davant dels ulls. L'usuari podia agafar la caixa, mantenir-la davant de la cara i moure's a través d'un món virtual, ja que hi havia un braç mecànic que mesurava la posició i l'orientació de la caixa. Va ser comercialitzada en el 1989 per *Fake Space Labs*.
- Projecte experimental UNC: a la segona meitat de la dècada dels 80 es va desenvolupar un projecte experimental a la Universitat de Carolina del Nord. Es van construir varis prototips de dispositius de RV per millorar els sistemes de qualitat dels *HMD*, els rastrejadors òptics i del motor gràfic de píxel-pla.
- Túnel de vent virtual: desenvolupat al principi de la dècada dels 90 a la NASA. El desenvolupament d'aquesta simulació va permetre la observació i investigació dels camps de flux, amb l'ajuda del BOOM i del *DataGlove*.
- CAVE: presentat en el 1992, CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) és un sistema de visualització de RV i científic. En comptes d'emprar un *HMD* per transmetre les imatges, projecta imatges estereoscòpiques en les parets d'una habitació (l'usuari ha de portar unes ulleres LCD amb obturadors). Aquest enfocament assegurava una millor qualitat i resolució d'imatges i un camp de visió més ample comparat amb els *HMD* que hi havia en aquella època.
- Realitat Augmentada (RA): va ser presentada a principis de la dècada dels 90, on s'utilitzava un *HMD* per imposar objectes en 3D sobre els objectes reals. Avui en dia els dispositius mòbils han avançat suficient com per poder disposar d'aquesta tecnologia. Això ens possibilita relacionar les imatges en temps real, la posició geogràfica de l'usuari amb les metadades associades i emmagatzemades en un equip informàtic (Cadavieco, Sevillano i Amador, 2012).

El començament de la RV va ser sobretot conceptual. Seguidament els laboratoris i sobretot la comunitat científica va començar a experimentar amb aquesta tecnologia i a desenvolupar els primers prototips. Cap a finals dels anys 80 les empreses van veure que aquesta tecnologia no estava comercialitzada i van posar a la venda els primers dispositius de RV. Tot i això, la societat encara no estava preparada per aquest avenç tecnològic, i la tecnologia no estava preparada per crear una experiència realista en RV. Tot i això, des de la creació de hardware com l'*HMD*, la RV ha avançat a passos de gegant els últims 20 anys, sobretot amb el nou hardware com HTC Vive o Oculus Rift.

### 3.1.3. La RV, les seves aplicacions, característiques i avantatges

Comunament s'han dut a terme diferents investigacions sobre les millores de les habilitats cognitives fent servir la RV, tant en l'àmbit laboral (Seymour *et al.*, 2002), d'entrenament (Ahlberg *et al.*, 2007), de rehabilitació per pacients amb malalties mentals com l'autisme (Parsons i Mitchell., 2002). També s'ha de tenir en compte la seva principal funció, l'entreteniment. Aquestes múltiples aplicacions de la RV i la seva constant evolució, permeten imaginar possibilitats gairebé infinites a l'hora de trobar una finalitat per aquesta tecnologia i més sabent els múltiples avantatges que pot aportar.

Una de les principals característiques que pot aportar la RV és que es poden realitzar entrenaments amb èxit on els entrenaments rudimentaris no hi poden arribar. Aquests entrenaments amb suport tecnològic solen ser més vàlids ja que es poden obtenir dades fisiològiques de forma fiable, que no es podrien obtenir amb un mètode clàssic (Botía *et al.*, 2012). La RV és un mètode on es pot representar infinitat d'entorns diferents per generar el *feedback* desitjat cap al jugador/subjecte en temps real, tant a nivell visual com auditiu. El *feedback* hàptic, relacionat amb el sistema sensorial tàctil, és molt important ja que recrea una sensació de contacte amb els objectes de l'entorn i fan de la RV una experiència més real. (Botía *et al.*, 2012)

Un exemple seria una representació virtual d'un partit de *tennis*, cada cop que es toqués la pilota amb la raqueta (virtual) el controlador vibrés. Aquestes propietats de la RV són les que creen una experiència pel jugador i ben utilitzades poden arribar a millorar les capacitats de l'individu, tant físiques com mentals.



Fig. 2. Tennis VR. Posa en pràctica moltes habilitats cognitives i hi ha una forta relació amb el sistema hàptic, sobretot quan hi ha un *feedback* sensitiu.

Font: Lightweave (2017).

Una de les parts més importants de la RV és l'aplicació d'un sistema de captura de moviment. És necessari disposar d'un sistema de captura fiable per tal que el *feedback* comentat anteriorment sigui fiable, ja que ha de representar de la forma més exacte un entorn simulant la

realitat. Per Zeltzer (1992), la RV havia de ser una experiència interactiva i immersiva, amb una sensació de presència en l'entorn virtual, tot això dins d'un món simulat i autònom. Com s'observa en la figura 3, s'usa aquest sistema per determinar el nivell d'immersió de la RV.

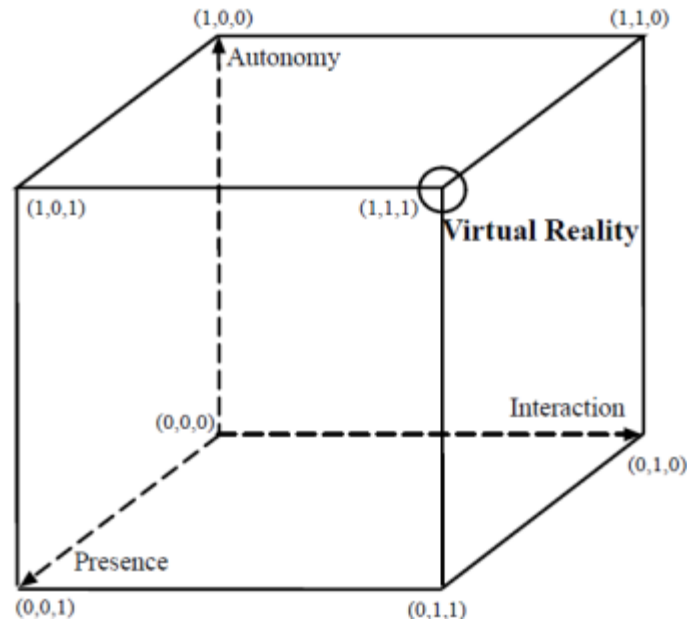


Fig. 3. Autonomia, interacció i presència en la RV. Cub de Zeltzer. Font: Zeltzer (1992).

La tecnologia que hi pot haver darrere un sistema de captura de moviment pot ser òptica, magnètica o d'ultrasò (Botía *et al.*, 2012). Poden sorgir varis problemes si es fan servir sistemes de RV a nivell magnètic, ja que els camps magnètics poden ser interferits per qualsevol aparell electrònic, pel que els fa menys precisos. Per aquests motius, els aparells de captura de moviment que més s'utilitzen són els òptics, ja que són dels més precisos i més assequibles i com a conseqüència, són els més comercialitzats. Es troben varis exemples que serveixen com a sistemes de captura de moviment:

## Kinect

El Kinect és una tecnologia de Microsoft implementada a la Xbox, la qual fa servir un escàner 3D de llum estructurada, el que significa que emet una llum a través d'una càmera que detecta els patrons de volums i profunditats, el que permet reconstruir una imatge en 3D de l'espai (Botía *et al.*, 2012).



Fig. 4. Representació de la captura en 3D realitzada pel Kinect. Font: Hruska (2016).

### *Head Mounted Display*

HMD (*Head Mounted Display*): és el hardware principal utilitzat en gairebé tots els entorns de RV. Trobem exemples en l'Oculus Rift, HTC Vive, Sony Morpheus o el Carl Zeiss VR One.



Fig. 6. Dispositiu HTC Vive, amb l'HMD, els controladors i els detectors d'infrarojos. Font: abt (2018).



Fig. 5. Dispositiu Oculus Rift, HMD i controladors. Font: bestbuy (2018).

L'*HMD* és la tecnologia més emprada en RV, com s'ha explicat anteriorment. Els dispositius amb forma de casc es posen al cap i permeten recrear els entorns virtuals a nivell visual. Tots aquests dispositius consten d'una càmera adaptada per cada ull per tal de representar l'escena en 3D, ja que cada ull crea la seva pròpia imatge i en conjunt constitueixen el sentit visual. La funció del casc és detectar la posició i la rotació de l'individu i representar-la dins de l'entorn virtual, ja que el casc és el que conté la càmera dins del joc.

Normalment aquests dispositius no van sols, sinó que inclouen els controladors de les mans, que simulen aquestes dins l'entorn virtual i són els que permeten interaccionar el jugador amb l'entorn. Els controladors, igual que l'*HMD*, té un sistema de control de posició i rotació, per tal que el jugador pugui realitzar qualsevol moviment similar a la realitat i que sigui representat dins de l'entorn virtual. Els controladors, per exemple en el cas de l'HTC Vive®, tenen varis inputs, ja que permeten fer diferents accions dins l'entorn virtual (depenent sempre de com hagi estat programat). Tenen un *pad* central que permet diferenciar entre l'eix vertical i l'horitzontal,

molt útil a l'hora de moure's dins de l'entorn virtual. També consten d'un gallet a la part posterior, útil per realitzar accions, com agafar objectes. Després hi trobem els grips laterals, els quals solen fer-se servir per accions secundàries. Disposa d'un botó de menú, el qual et mostra un senzill menú de *Steam*. Els controladors també tenen una funció de vibració, pel que donen *feedback* al jugador quan aquest fa una acció determinada.

### HTC Vive i les seves característiques

El sistema de RV més utilitzat avui en dia és l'HTC Vive, el sistema més assequible i amb les millors prestacions. El sistema del Vive consisteix en un casc (*HMD*), en dos controladors i dos cubs d'infrarojos (Diedrick, Niehorster i Lappe, 2017). El casc cobreix un camp de visió de 110° (90° per ull aproximadament) a través dels dos dispositius interns (un per cada ull) de 1080x1200 píxels de definició, millorat per la freqüència de 90Hz. Tot i això, la densitat de píxels és de 12 píxels / ° (en cada grau de visió podem identificar 12 píxels diferents), el que significa que els píxels individuals poden ser fàcilment identificables. Aquest límit de densitat de píxels els fa similars, pel que es refereix a resolució, als altres sistemes de RV. Tot i això, han aconseguit un sistema de RV immersiu i amb una latència de 22ms, pel que significa que és gairebé imperceptible pel sistema de visió humà.

El seguiment del Vive segueix el principi *inside-out*, el que significa que no té necessitat de càmeres per identificar la posició i la rotació de l'*HMD*. Per això fa servir els dos emissors de rajos infrarojos, els quals envien rajos amb una obertura de 120°. A la superfície del casc del Vive hi ha controladors de fotodíodes que indica quan el làser l'impacta. La diferència de temps que tarda el làser en impactar ens els diferents fotodíodes permet detectar la posició i l'orientació del *HMD*.

La posició i l'orientació del casc del Vive es veu actualitzat principalment per les unitats de càlcul mort (integració de ruta), ja que permet valors d'actualització molt més elevats. Les unitats d'il·luminació (infrarojos) serveixen per limitar i corregir l'error d'acumulació inherent al càlcul mort basada en mesures inercials. Ho fa a una velocitat de 120Hz (Kreylos, 2016), el que significa que la posició i orientació del casc serà monitoritzada sempre i quan hi hagi un làser reflectint en els fotodíodes.

Tot i això, quan es perd la senyal dels dos cubs d'infrarojos la pantalla del Vive es torna grisa i el mateix dispositiu transmet una posició i orientació que no varia, en comptes de seguir actualitzant les mesures del sistema d'unitats de mesura inercial. El Vive també inclou una càmera frontal amb un angle oblic cap avall, que permet veure una imatge de 1280x720 píxels a 60Hz. Mentre que els jocs que són jugats amb l'HTC Vive permeten el moviment físic per una àrea delimitada a 4x4m, no hi ha límits quan parlem del rang de posició i d'orientació. Segons Diedrick, Niehorster i Lappe (2017), es poden fer servir diferents configuracions de l'àrea de joc, provant diferents distàncies per comprovar el rang de detecció dels infrarojos. Això els va portar a una distància de fins a 8 metres dels cubs infrarojos, i els detectava de forma correcta.



Per a fer que el sistema funcioni correctament, s'ha de calibrar de forma adequada. El primer pas és determinar el nivell del terra, pel que s'han de deixar els dos controladors al terra per tal que el sistema ho detecti com el nivell més baix i també per determinar l'orientació òptima. Finalment, s'ha de definir l'àrea de joc. El jugador haurà de marcar els límits, depenent de la zona disponible. La zona delimitada tindrà forma de polígon, normalment rectangular, representant les parets de l'habitació en els plans X-Z.

### **Avantatges de la RV**

Segons Rizzo i Buckwalter (1997) la RV aporta molts avantatges a l'hora d'avaluar, rehabilitar i millorar les habilitats cognitives. Aquest estudi presentat ja fa més de dues dècades ja definia les qualitats més importants i característiques de la RV:

- La presentació d'escenaris vàlids d'entrenament i testeig de les habilitats cognitives, que són difícils de millorar en altres entorns.
- Total control i consistència dels estímuls enviats al subjecte.
- Una presentació d'estímuls jeràrquics i repetitius, que poden variar des de més senzills a més complexos, contingents de l'èxit.
- La provisió d'estímuls instantanis o tàctiques de visualització, que estan dissenyats per ajudar a guiar de forma correcta l'actuació del subjecte, tot això sense el paradigma de l'error d'aprenentatge.
- L'entrega de *feedback* al subjecte de forma immediata i amb varietat.
- La capacitat per parar l'entrenament per la discussió d'aquest o per donar instruccions.
- L'opció d'una exploració auto guiada, testeig i entrenament independent quan es consideri apropiat.
- La capacitat d'enregistrament complet del rendiment.
- La disponibilitat d'un registre de rendiment més intuïtiu per a la vista i l'anàlisi de l'usuari.
- Permet el disseny de l'auto aprenentatge del subjecte en entorns segurs, el que minimitza els riscos degut als errors.
- La introducció de factors de *gamini*g per enaltir la motivació dels subjectes.
- La capacitat de crear entorns funcionals de baix cost.

La creació d'entorns virtuals des de fa més de quatre dècades ha fet que evolucionin molt, tant a nivell tècnic, com a nivell d'aplicacions i a nivell de consum, ja que moltes persones ja s'han pogut permetre comprar un sistema de RV. Tot i això, no tots els sistemes són perfectes i encara falta molt per avançar.

#### **3.1.4. Inconvenients de la RV**

Dins d'un entorn de RV, el subjecte ha d'estar immers en tot moment per interaccionar correctament amb l'entorn virtual i rebre els estímuls indicats, però si és el cas d'un estudi també ha d'estar receptiu en el cas de que se li vulgui transmetre alguna instrucció des de part

del realitzador. El subjecte pot rebre estímuls visuals, auditius o hàptics. Els estímuls visuals els deixarà de rebre correctament en el cas que el subjecte es tregui l'*HMD* o que la connexió d'aquest amb l'ordinador no sigui l'apropiada. Pot passar que el cable *HDMI* estigui danyat o que el rendiment de l'ordinador no sigui l'apropiat. Això pot comportar que els *FPS* (*frames per segon*) baixin de tal forma que no es pugui seguir utilitzant. Quan el seguiment de l'*HMD* no és el correcte es veu afectada la latència amb la que arriben les imatges, la qual cosa provoca una sensació anomenada *motion sickness* (Regan, 1995), la qual voldria dir que hi ha una forta disparitat entre les imatges transmeses i la recepció d'aquestes imatges per part del subjecte. El *motion sickness* pot provocar mareig, nàusees i pèrdua de l'equilibri.

Els estímuls auditius no els rebirà correctament si el so no és immersiu, pel que no és suficient tenir un so *stereo*, sinó que s'ha de tenir un so espacial, per recrear d'una forma fidel una representació de la realitat. El so espacial es basa en la posició del subjecte per tal d'emetre el so correctament i que sigui exacte amb la seva rotació (Laurel, 2016).

Per a persones amb algun sistema de percepció espacial afectat, ja sigui el sistema visual o el tàctil-kinestètic, pot ser una dificultat utilitzar un dispositiu *HMD*. Per individus amb el sistema visual afectat, normalment per alguna lesió a la retina o a la còrnea, pot veure's afectada la seva visió 3D generada per l'estereopsis, la qual ens permet rebre una imatge diferent a cada ull i que el nostre cervell reinterpreti com una sola imatge. Aquest fenomen és anomenat disparitat binocular i permet captar la profunditat d'un objecte, ubicar-se a l'espai i en generar imatges en 3D. Els dispositius *HMD* consten de dos projectors d'imatges, un per cada ull, per crear aquest fenomen correctament.

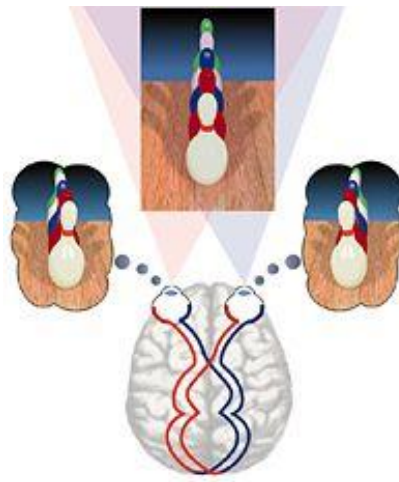


Fig. 7. Representació pictòrica de l'estereopsis, on es pot veure la perspectiva de cada ull de les bitlles i la imatge final interpretada pel cervell. Font: rosavision (2010).

Per a persones amb mobilitat reduïda, com gent gran o lesionada, pot ser una gran eina a l'hora de representar un entorn virtual i controlat per realitzar una activitat concreta, però no deixa de

ser un inconvenient a l'hora de moure's per l'espai del món real, ja que l'*HMD* detecta la posició i rotació que té l'individu i depenent de quines tasques vulguin realitzar no seran compatibles. Un exemple és el del joc *Space Pirate Trainer*, on una de les principals accions és esquivar els projectils que disparen els enemics; realitzar aquesta acció en cadira de rodes per exemple, seria impossible. Aquest és el principi d'acció (Laurel, 2016), que es basa en el fet de que el individu ha de tenir la capacitat de realitzar l'acció i percebre els efectes. Això és part de l'ample sentit de la *personal agency* (agència personal). Si l'agència és poc flexible, és difícil pel dissenyador mantenir una història estricta, ja que el fet de ser un vídeo 360° li impedeix aquest fet.

Un dels problemes de la RV funcionant amb *HMD* és que no es poden introduir salts d'escena si no és amb un *fade* a negre de la càmera, ja que qualsevol moviment guiat de la càmera serà un moviment que no realitza el subjecte, pel que li produirà una sensació de mareig (*motion sickness*, comentat anteriorment), el treurà directament de l'experiència virtual i inclús pot produir nàusees (Laurel, 2016). L'altra qüestió és que l'individu que faci servir un dispositiu de RV necessitarà les dues mans. No es necessita l'articulació dels dits, sempre i quan la relació amb l'entorn tingui programades les accions necessàries per sentir-se immers, però sí que es necessiten les dues mans per tenir la sensació d'estar en cos present dins de l'entorn virtual.

Tot i això, Tom Zimmerman va inventar el famós guant "DataGlove", que amb una sola mà pots interaccionar amb l'entorn, et capta el moviment dels dits, fins i tot té un sistema de "dobladors piezoceràmics" que permeten al subjecte interaccionar amb un objecte representant la seva forma i el seu pes de l'entorn virtual. Amb els controladors de l'HTC Vive®, per exemple, no hi ha un *feedback* hàptic més enllà de la vibració d'aquests, cosa que pot trencar l'experiència d'un entorn virtual més realista.

Tot i així el sistema de RV ha avançat considerablement els últims vint anys, pel que és factible fer sessions de joc de 30 minuts o més sense que el subjecte en qüestió es maregi o perdi la immersió en el joc. Tampoc és necessari tenir una sensació de pes en el món real perquè el cervell interpreti que està agafant un objecte o que està interaccionant amb l'entorn.

## 3.2. Les habilitats cognitives

### 3.2.1. Definició de les habilitats cognitives

Les habilitats cognitives són les destreses i processos de la ment necessaris per realitzar una tasca, a sobre són les treballadores de la ment i facilitadores del coneixement al ser les responsables d'adquirir-lo i recuperar-lo per utilitzar-lo posteriorment (Reed, 2013).

Per adquirir una habilitat cognitiva és necessari que s'executin tres moments. En un primer moment, la persona desconeix que la habilitat existeix; en un segon moment, es realitza el procés en sí d'adquirir l'habilitat i desenvolupar-la a través de la pràctica. En un tercer moment, l'habilitat ja és independent dels coneixements, ja que ha sigut interioritzada de tal manera que la seva aplicació en casos simples és fluida i automàtica (Hernández, 2001).

La base de les habilitats cognitives han sigut definides per la taxonomia de Bloom. Segons Churches (2013), en l'any 1956 el psicòleg educatiu Benjamin Bloom, va desenvolupar la taxonomia d'Objectes Educatius. Aquesta taxonomia es va convertir en una eina clau per estructurar i comprendre el procés d'aprenentatge. En aquesta proposava que l'aprenentatge encaixava en un dels tres dominis psicològics, el cognitiu. Els tres dominis psicològics són:

- El domini cognitiu: encarregat de processar informació, coneixement i habilitats cognitives.
- El domini afectiu: encarregat de regular les actituds i sentiments.
- El domini psicomotor: habilitats manuals o físiques.

En el domini cognitiu trobem les habilitats cognitives, les quals es poden classificar en bàsiques i superiors. Les bàsiques són considerades com centrals i ajudes a construir les habilitats cognitives superiors. Poden ser utilitzades en diferents moments del procés de pensament i en més d'una ocasió. Ara bé, en l'actualitat no existeix una taxonomia única d'habilitats cognitives, pel que, com un punt de partida en aquest estudi, s'ha utilitzat la següent classificació de les habilitats bàsiques i superiors. Les habilitats cognitives centrals consten de l'atenció, obtenció i recuperació d'informació, organització, anàlisi, transformació i avaluació. Les habilitats cognitives superiors consten de la resolució de problemes, presa de decisions, pensament crític i pensament creatiu (Ramos, 2010).

### 3.2.2. Descripció de les principals habilitats cognitives

A la següent taula es poden veure totes les habilitats cognitives organitzades alfabèticament (Cognifit, 2008-2017).

*Taula 1: Habilitats cognitives*

Atenció dividida.	Atenció focalitzada.
Camp visual.	Capacitat d'estimació.
Control inhibitori. (no tractat)	Coordinació mà-ull.
Denominació. (no tractada)	Escaneig visual.
Flexibilitat cognitiva.	Memòria a curt termini.

Memòria auditiva.	Memòria contextual. (no tractada)
Memòria de treball.	Memòria no verbal. (no tractada)
Memòria visual.	Monitorització. (no tractada)
Percepció auditiva.	Percepció espacial.
Percepció visual.	Planificació.
Reconeixement. (no tractada)	Temps de reacció.
Velocitat de processament.	

Totes les habilitats cognitives poden ser avaluades, mesurades i millorades a partir d'entrenaments i tests concrets avaluats científicament (CogniFit, 2008-2017). A continuació es fa una explicació de totes les habilitats cognitives mesurables i que influeixen en la nostra rutina, fins i tot al jugar a videojocs. Hi ha algunes habilitats cognitives no tant rellevants, pel que s'ha obviat la seva definició per la poca rellevància envers l'estudi.

### Coordinació mà-ull

La coordinació mà-ull o coordinació oculo-motriu és l'habilitat cognitiva que comprèn la relació que hi ha entre la informació que ens entra de forma visual i la reacció de les nostres mans (Coordinació mà-ull, Cognifit, 2008). La coordinació mà-ull entra dins de les habilitats cognitives centrals, ja que es basa en l'atenció del subjecte (Churches, 2013). Aquesta es posa en pràctica amb activitats que posen a prova els ulls i les mans simultàniament. En aquest procés s'utilitzen els ulls per dirigir l'atenció al nostre cervell i ajuda a ubicar el nostre cos en l'espai.

Aquest és un procés propioceptiu, un dels processos dins dels interoceptius. Com a acte conseqüent, s'utilitzen les mans per realitzar l'acció corresponent a la informació visual. Aquest tipus de coordinació és utilitzada durant el dia a dia d'una persona qualsevol, però sobretot es desenvolupa quan som nens. Es troben diferents tests que ens ajuden a calcular aquesta habilitat cognitiva, juntament amb la flexibilitat cognitiva, l'atenció dividida i la monitorització: *Wisconsin Card Sorting Test (WCST)*, *Variables Of Attention (TOVA)*, *Hooper Visual Organisation Task (VOT)* i el *Test de Stroop*.



Fig. 9. Jugador de rugbi agafant una pilota. Font: irbcoaching (2009).



Fig. 8. Marvel Powers United VR gameplay. Font: vrgamesfor (2017).

## **Flexibilitat cognitiva**

La flexibilitat cognitiva és de les habilitats cognitives més interessants i més aplicables dins la fisiologia humana, ja que és la capacitat que té el cervell per adaptar-se a situacions noves o inesperades (Flexibilitat cognitiva, Cognifit, 2008). És una habilitat que permet veure els defectes de les accions presents i permet reaccionar i adaptar-se respecte a un estímul provinent del nostre entorn. La flexibilitat cognitiva és un estat avançat de l'adquisició de coneixement i això inclou una complexitat conceptual pel subjecte que l'intenti millorar (Spiro *et al.*, 1988).

Un entrenament de la flexibilitat cognitiva ajuda a adaptar-se a nous entorns, a tolerar més els canvis i escollir la estratègia més adequada per cada situació; també ajuda a tenir diferents punts de vista i a augmentar la empatia. Aquesta habilitat cognitiva no acaba de madurar fins als 20 anys, això ens explica perquè els nens petits toleren pitjor els canvis i tendeixen a enrabiar-se més sovint.

## **Percepció espacial**

En els conceptes referents a la percepció espacial es poden estudiar a dos nivells: exteroceptiu i interoceptiu. A nivell exteroceptiu es troben totes les habilitats cognitives relacionades amb els processos de representació de l'espai que ens rodeja, percebut a través dels sentits. A nivell interoceptiu es troben els processos de representació del nostre propi cos, com per exemple la posició a l'espai, la inclinació o rotació. Aquestes habilitats combinades correctament garanteixen una bona diferenciació entre el 2D i el 3D (Lames, Saupe i Wiemeyer, 2017). En aquest procés són determinants els sistemes humans que es fan servir per interactuar amb el nostre entorn, el sistema visual i el sistema tàctil-kinestètic.

El sistema visual és el sistema format per la retina i els receptors visuals. Són els encarregats d'enviar la informació del que està veient el subjecte al cervell, perquè aquest reaccioni amb una resposta.

Per consegüent, el sistema tàctil-kinestètic és el que es troba al voltant del cos de les persones i ens ajuda a ubicar la posició del cos a l'entorn, a detectar el desplaçament de diferents parts del cos. També ajuda a detectar la velocitat o rigidesa de la superfície on es troba el cos (Percepció espacial, Cognifit, 2008).

## **Temps de reacció**

El temps de reacció o temps de resposta és el temps que tardem en rebre una informació i externalitzar una resposta en conseqüència (Temps de reacció, Cognifit, 2008). O sigui que és el temps que es tarda en detectar, processar i respondre a un estímul. Aquest procés dura pocs mil·lisegons, però generalment el temps de resposta pot variar depenent de diversos factors:

- Complexitat de l'estímul: com més complex sigui més informació haurà de processar el cervell, per tant el temps de resposta serà més llarg.

- Familiaritat, preparació i expectatives: si la persona ha realitzat una activitat anteriorment el temps de resposta serà menor, ja que l'experiència serveix per reduir aquest temps de resposta.
- Estat de l'organisme: el temps de resposta serà més lent en el cas que l'organisme es vegi alterat d'alguna manera, com per exemple per fatiga, per ingestió d'alcohol o drogues, etc. Això pot afectar a qualsevol dels tres processos, tant a la percepció, com al processament i resposta envers a l'estímul.
- Modalitat sensorial estimulada: el temps de resposta és menor quan l'estímul percebut per la persona és auditiu que no quan és visual. Cada modalitat sensorial té un tipus de resposta diferent. El temps de resposta també es veurà afectat pel tipus d'estímul que es rebí:
  - Estímul simple: hi ha una única resposta a un únic estímul. Per exemple prémer la barra espaiadora quan un estímul aparegui per pantalla.
  - Estímul d'elecció: hi ha varies respostes per varis estímuls. Un exemple clar és el *Simon®*, on s'ha de prémer el botó corresponent al color que s'il·lumini.
  - Estímul de selecció: hi ha varis estímuls però només s'ha de respondre a un d'aquests. Per exemple, prémer la barra espaiadora quan aparegui per pantalla una paraula en català, si és en un altre idioma no es prem res.

Segons Niemi (1981) la preparació abans de l'estímul també afecta al temps de resposta del subjecte, com l'esgotament a curt termini, la fatiga, l'excitació immediata evocada pels estímuls auditius intensos o el criteri de l'estímul. Això provoca el descens de la velocitat-precisió i la fluctuació de la preparació de l'aparell motor, degut a les inexactituds en el control de la preparació de l'aparell motor.



Fig. 10. En una sortida d'atletisme es posa a prova el temps de reacció de cada atleta davant d'un estímul simple, en aquest cas és un tret. Font: Perarnau Magazine (2012).

## **Velocitat de processament**

La velocitat de processament és la velocitat amb la que una persona capta una informació i reacciona a aquesta, ja sigui per via visual, per via auditiva o a través del moviment. Com més gran sigui la velocitat de processament més ràpid i més eficient es pensa i s'actua. El sistema visual dels mamífers a diferents nivells, els camps receptius de les cèl·lules que responen a modulacions temporals moderades i altes, tendeixen a estar distribuïdes més uniformement que les cèl·lules menys responsables de la modulació temporal (Tynan, 1980).

Alguns exemples on es pot contextualitzar aquesta habilitat cognitiva és en processos de visualització de patrons simples en les tasques d'exploració visual, proves amb preses de decisions senzilles, càlculs aritmètics bàsics, manipular números o tasques de raonament sota pressió. La part bona és que, com qualsevol habilitat cognitiva, es pot entrenar, aprendre i millorar. La neurociència ens ha ensenyat que com més es fan servir un circuit neuronal més fort es fa, ja que la plasticitat cerebral o neuroplasticitat ens permet modificar l'estructura del cervell per adaptar-se a nous reptes (velocitat de processament, Cognifit, 2008).

## **Atenció dividida**

L'atenció dividida es defineix com la capacitat que té el nostre cervell per atendre a diferents estímuls o tasques al mateix temps. L'atenció dividida és un tipus d'atenció simultània que ens permet processar diferents fonts d'informació i executar amb èxit més d'una tasca a la vegada com a resposta als estímuls rebuts (Atenció dividida, Cognifit, 2008). Tot i així la nostra capacitat per atendre a diferents focus d'informació en paral·lel és limitada. Al dividir l'atenció també es perd rendiment o eficiència al realitzar les accions corresponents. Quan una persona té problemes per respondre simultàniament a diferents informacions de l'entorn s'anomena interferència. Aquest fenomen és donat a que el nostre cervell només pot processar una quantitat d'informació limitada al mateix temps.

Segons Reed (2013), l'atenció dividida es dona quan una persona ha de dividir la seva atenció en dos focus (o més), com a instruccions i objectes físics. Un exemple d'atenció dividida és quan a classe s'ha d'atendre al professor i a la vegada prendre apunts. Un altre exemple d'atenció dividida és en els videojocs, on s'ha d'estar atent a les accions que fan els enemics, als seus moviments i a la vegada a les accions que fa el jugador dins del mateix joc.





Fig. 11. Space Pirate Trainer, videojoc de RV on el jugador ha d'estar atent a diferents focus de perill. Font: spacepiratetrainer (2017)

### Atenció focalitzada

L'atenció focalitzada es defineix com la capacitat que té el nostre cervell per centrar el nostre focus d'atenció en un estímul objectiu, independentment del temps que duri la fixació de l'objectiu. L'atenció focalitzada és un tipus d'atenció que ens permet detectar ràpidament un estímul rellevant. Per atendre tant a estímuls externs (un so, una imatge) com a estímuls interns (la sensació de mareig, per exemple), es fa ús de la nostra atenció focalitzada. Aquesta habilitat cognitiva és transcendental ja que ens fa ser més eficients durant el dia a dia (Atenció focalitzada, Cognifit, 2008).

La nostra capacitat per fixar la nostra atenció en un estímul o activitat pot variar depenent de diversos factors. Els factors personals, com pot ser el nivell d'activació mental, el nivell de motivació o el nivell emocional poden influir a l'hora de focalitzar-nos. Es reacciona millor si s'està motivat, content i despert. Els factors de l'entorn també poden influir a l'hora de focalitzar un objectiu, ja que si hi ha distraccions a l'entorn és més difícil concentrar-se. Els factors de l'estímul també influeixen, ja que com més complex sigui l'estímul més difícil és concentrar-s'hi. L'atenció focalitzada es basa en la teoria del coll d'ampolla, on el nostre cervell rep estímuls de diferents focus i el cervell, preparat amb la informació absorbida de l'entorn, sap focalitzar quin és l'estímul més rellevant i focalitzar-se en aquest estímul (Reed, 2013).

Un exemple d'atenció focalitzada és la del conductor que ha d'estar centrat en la carretera, o la d'un jugador que està jugant a un *shooter* i s'ha de centrar en disparar a l'enemic.

### Camp visual

El camp visual es defineix com l'espai en que el nostre sistema visual pot detectar la presència d'estímuls. El camp visual és tot el que l'ull pot veure quan es fixa la mirada en un punt estàtic,

el que inclou el punt en el que es posa la vista i els seus voltants (perifèria). El camp visual ens permet percebre el nostre entorn en el dia a dia. Els límits del camp visual són:

- Porció nasal: espai que va del centre del camp de visió fins al nas. El límit normal en aquesta part del camp visual és de 60° en l'eix horitzontal.
- Porció temporal: espai que va del centre del camp de visió fins l'orella. El límit normal en aquesta part del camp visual és de 100° en l'eix horitzontal.
- Porció superior: espai que va del centre del camp de visió fins el punt més alt. El límit normal en aquesta part del camp visual és de 60° en l'eix vertical.
- Porció inferior: espai que va del centre del camp de visió fins el punt més baix. El límit normal en aquesta part del camp visual és de 75° en l'eix vertical.

Una disminució dels límits del camp visual comporta la reducció del que pot veure una persona al fixar la mirada a un punt, amb les dificultats que comporta al desplaçar-se pel seu entorn (Camp de visió, Cognifit, 2008).

El camp de visió s'utilitza per advertir al nostre cervell de d'elements externs. Es posa en pràctica en gairebé tots els esports i en moltes feines, sobretot aquelles que suposen un risc, com policia, guarda de seguretat o bomber. S'entrena a partir de millorar la plasticitat cerebral. El fet que el camp visual detecti objectes en moviment, crea una percepció del moviment de l'objecte, moltes vegades errònia. Com més allunyat es trobi l'objecte del centre del camp de visió i com més ràpid es mogui, més probabilitat d'error en detectar la seva posició, forma o color (Gibson, 1994).

### **Capacitat d'estimació**

La capacitat d'estimació és una capacitat neuropsicològica que ens permet predir, o generar una resposta quan no tenim una solució possible. Aquesta habilitat cognitiva ens permet predir i fer una estimació de la futura ubicació d'un objecte en funció de la seva velocitat i localització. El cervell permet anticipar-se als estímuls que es perceben i aquesta acció neuronal és la que permet reaccionar amb més velocitat i control. Hi ha diferents tipus d'estimació (Capacitat d'estimació, Cognifit, 2008):

- Estimació de la distància: és la capacitat de predir la futura ubicació d'un objecte des de la seva posició actual. Gràcies a aquesta estimació es pot circular dins d'un entorn en 3D sense xocar amb els obstacles del voltant.
- Estimació de la velocitat: és la capacitat de predir la futura ubicació d'un objecte en base a la seva velocitat actual. Aquesta capacitat permet moure's sense xocar amb obstacles en moviment.
- Estimació del moviment: és la capacitat d'antelació o el retràs en la percepció del moviment.
- Estimació del temps: és la capacitat de calcular el temps aproximat entre dos successos.

Gibson (1994) crea un estudi per determinar quina relació hi ha entre el camp visual i la percepció dels objectes en moviment. Afirmar que un dels principals paràmetres que afecten a la detecció de l'objecte, a part de la capacitat del subjecte, és la quantitat de rajos de llum reflectits per l'objecte. La imatge de la retina es mou d'acord al moviment relatiu de la retina i de la imatge de fons de l'entorn, ja que l'estímul pel moviment visual és el moviment de la retina.

## **Escaneig visual**

L'escaneig visual o rastreig visual es defineix com la capacitat per buscar activament informació rellevant en el nostre entorn, de forma ràpida i eficient. El rastreig visual és el que ens permet localitzar allò que es busca amb la mirada. L'escaneig visual és una funció de la percepció visual dirigida per l'atenció que ens permet detectar i reconèixer estímuls visuals (Escaneig visual, Cognifit, 2008). Quan es vol trobar algun objecte del nostre entorn es porta a terme una cadena de processos interrelacionats:

- **Atenció focalitzada i selectiva:** per detectar un estímul objectiu es necessita centrar l'atenció en aquell estímul. L'atenció selectiva ens permet detectar un estímul davant d'altres estímuls distractors.
- **Percepció visual:** permet distingir, identificar i interpretar formes, colors i llums. En aquest procés es dona un sentit a tota la informació que capten mitjançant els ulls.
- **Reconeixement:** la informació visual percebuda es compara amb els coneixements previs i es comprova si ja es coneixia la informació.
- **Rastreig visual:** es realitzen moviments oculars al llarg de tot el nostre camp visual, o de la part del mateix que ens interessa. Aturarem la vista en quan reconeixem la informació que s'està buscant.

Si s'altera qualsevol d'aquests processos, seria impossible trobar res mitjançant la visió, ja sigui perquè no es dona amb l'estímul (atenció dolenta), no es pot distingir l'estímul de la resta de l'entorn (percepció dolenta), no reconeguem l'estímul com a tal (reconeixement dolent) o no es fan els moviments oculars adequats (exploració visual dolenta). Segons Neisser (1963) afirma que l'escaneig visual interpretat pel nostre cervell funciona a nivell jeràrquic i, per tant, a l'hora de processar la informació visual que s'obté amb l'escaneig es absorbeix o no segons la seva importància jeràrquica. A nivell de videojocs és una habilitat cognitiva essencial, ja que permet als jugadors trobar els objectes desitjats dins del mapa.

## **Memòria a curt termini**

La memòria a curt termini (MCT) es defineix com el mecanisme de memòria que ens permet retenir una quantitat limitada d'informació durant un període de temps curt. La MCT reté temporalment la informació processada, tant com si s'esvaeix com si passa a la memòria de llarg termini. Així la MCT té dues propietats principals, una capacitat limitada i una duració finita (Memòria a curt termini, Cognifit, 2008). Segons Swanson (2009), la MCT té una

capacitat molt reduïda, però a la vegada és la base per augmentar les altres memòries, com la memòria de treball. Les propietats principals de la MCT són:

- Capacitat de la MCT: normalment el cervell humà recorda una quantitat de 7 elements amb una variació de 2 elements. Pel que es troben persones amb més capacitat de MCT i persones amb menys capacitat. Tot va lligat a la importància que li dona la persona a l'element percebut.
- Duració de la MCT: la quantitat de temps que es poden retenir els elements o la informació no és infinita. La nostra MCT pot mantenir una informació fins a 30 segons. No obstant, es pot ampliar el temps que mantenim la informació en el nostre cervell gràcies a la repetició de la informació.

La MCT actua com una de les portes d'accés a la memòria a llarg termini, o com un magatzem que permet retenir informació que no es necessitarà en un futur, però sí que es necessita en el moment. La MCT actua de forma quotidiana, per exemple quan es llegeix un llibre, quan es recorda un número de telèfon, quan es recorda un diàleg en una pel·lícula o en un videojoc. La MCT es millora constantment amb activitats com la lectura, ja que, sobretot en l'etapa de desenvolupament cognitiu, fa que augmenti la capacitat de la MCT i, per tant, augmenti la capacitat d'aprenentatge de l'alumne (Swanson, 2009).

## **Memòria auditiva**

La memòria auditiva, també coneguda com memòria ecoica, és un dels registres de la memòria sensorial. Aquest tipus de memòria sensorial és molt curta, però també molt resistent a les lesions cerebrals. La memòria auditiva és un component de la nostra memòria sensorial que s'encarrega de retenir a curt termini tota la informació auditiva que rebem de l'entorn. Diversos estudis apunten que aquest sistema pot emmagatzemar quantitats més grans d'informació i durant més temps (entre 3 i 4 segons) que la memòria visual.

La memòria auditiva consisteix en un magatzem d'informació que enregistra informació auditiva, de gran capacitat i persistència. És a dir, la memòria auditiva reté, de manera literal, la informació de l'input o estímul sonor abans de ser processada. Aquests estímuls sonors passen de forma automàtica al processador auditiu central, que s'ocupa de transformar les senyals elèctriques del so en conceptes mentals, formant una imatge sonora. Aquesta imatge sonora només pot ser reproduïda durant el breu període de temps que precedeix a l'estímul auditiu (Memòria auditiva, Cognifit, 2008).

## **Memòria de treball**

La memòria de treball, també coneguda com a memòria operativa, es defineix com el conjunt de processos que ens permeten el emmagatzematge i manipulació temporal de la informació per la realització de tasques cognitives complexes. Aquests processos tenen una capacitat limitada, mentre estan involucrats en la preservació de la informació que s'està processant, a vegades simultàniament amb altra informació (Swanson, Zheng i Jerman, 2009) Un exemple

és la comprensió del llenguatge, la lectura, les habilitats matemàtiques, l'aprenentatge o el raonament. Aquest és un tipus de memòria a curt termini (Memòria de treball, Cognifit, 2008).

### **Memòria visual**

La memòria visual (MVCT) és un tipus de memòria a curt termini. Es defineix per la capacitat de retenir una petita quantitat d'informació visual durant un període de temps curt. La informació retinuda per la MVCP pot ser elaborada per la memòria de treball, pot passar a formar part de la memòria a llarg termini o senzillament ser oblidada (Memòria visual, Cognifit, 2008). Generalment es pot fer servir la memòria visual per retenir qualsevol tipus d'informació que entra per la vista, ja sigui un llibre, una cara o una figura.

### **Percepció auditiva**

Percebre és interpretar la informació que aporten els sentits sobre l'entorn. La interpretació que es fa d'aquesta informació és un procés actiu que depèn dels processos cognitius i coneixements previs de l'individu. La percepció auditiva es pot definir com la capacitat per rebre i interpretar la informació que arriba a la nostra oïda mitjançant ones de freqüència audible, transmiseses per l'aire o un altre medi (Percepció auditiva, Cognifit, 2008). Per poder rebre sons s'han de donar una sèrie de processos:

- Percepció de la informació: quan un objecte vibra, en el cas de la veu humana són les cordes vocals, les ones produïdes es transmeten a través de l'aire o altres medis. Quan aquestes ones arriben a l'interior de les orelles, s'activen les cèl·lules piloses o ciliades.
- Transmissió de la informació: les senyals que produeixen les cèl·lules piloses es transmeten a través de diversos nuclis fins a arribar al nucli geniculat medial del tàlam.
- Elaboració de la informació: finalment, la informació auditiva captada per la nostra oïda es enviada a les escorces auditives dels lòbuls temporals. En aquestes estructures cerebrals la informació és elaborada i enviada a la resta del cervell per permetre la interacció amb aquesta informació.

Una bona percepció auditiva ajuda a les persones a entendre més el seu entorn, ja sigui un entorn acadèmic, on s'ha d'estar atent al professor, com en un entorn laboral, atenent als companys de feina, assistint a reunions o per ser músic, per exemple. La capacitat per escoltar i respondre, mantenir una conversa o interpretar un personatge comporta una bona percepció auditiva i memòria de treball i un bon control de l'atenció. Aquest és el model que van proposar Baddeley i Hitch l'any 1974 (figura 12), el qual es basa en un estudi de dificultat exponencial per persones amb problema de comprensió, raonament i lectura. Aquest model ha sigut adaptat per estudis posteriors i ha servit com a base de la relació de la memòria a curt termini, memòria de treball, percepció auditiva i atenció focalitzada (Baddeley, 2010).

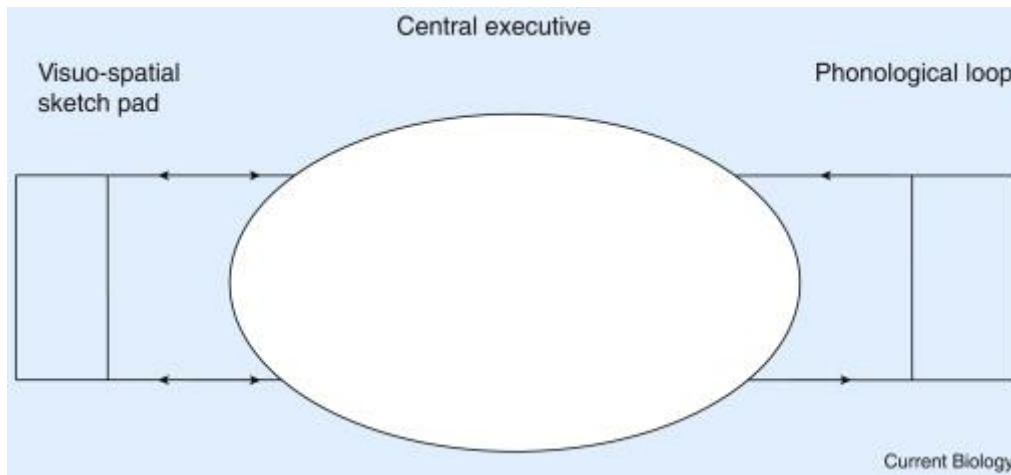


Fig. 12. Model de la memòria de treball. Font: Baddeley (1974).

## Percepció visual

La percepció és el procés actiu de localització i extracció de la informació obtinguda del medi extern i que s'organitza en sistemes perceptius, els quals realitzen el procés de recerca i obtenció de la informació. Les habilitats perceptives visuals són les encarregades de l'organització i el processament de la informació a nivell visual, formant part de la percepció visual i col·laborant amb el desenvolupament cognitiu (Price i Calderón, 2011). La percepció visual es pot definir com la capacitat per interpretar la informació que la llum de l'espectre visible fa arribar fins als ulls. El resultat de la interpretació que el cervell fa sobre aquesta informació és el que es coneix com a percepció visual, vista o visió. D'aquesta forma, a percepció visual és un procés que comença en els nostres ulls i està formada pels següents processos:

- Fotorrecepció: els rajos de la llum (fotons) entren per les nostres pupil·les i exciten unes cèl·lules receptores que es troben a la retina.
- Transmissió i processament bàsic: les senyals que produeixen aquestes cèl·lules es transmeten pel nervi òptic fins al cervell. Primer passa pel quiasma òptic on la informació del camp visual dret anirà a l'hemisferi esquerre, mentre que la informació del camp visual esquerre anirà a l'hemisferi dret. Després la informació pren el relleu en el nucli geniculat lateral del tàlem.
- Elaboració de la informació i la percepció: finalment, la informació visual captada pels nostres ulls és enviada a les escorces visuals del lòbul occipital. En aquestes estructures cerebrals, la informació és elaborada i enviada a la resta del cervell per permetre interactuar amb ella.

La percepció visual és essencial en pràcticament qualsevol activitat que es porti a terme durant el dia, ja sigui per conduir, per treballar o per aprendre. A l'hora de jugar a videojocs també és imprescindible, principalment per analitzar tot l'entorn que ens envolta dins del joc (Percepció visual, Congifit, 2008).

## Planificació

La planificació és una habilitat cognitiva fonamental que forma part de les funcions executives. La planificació es defineix com la capacitat per “pensar en el futur”, d’anticipar mentalment la forma correcta d’executar una tasca o arribar a una meta específica. La planificació es basa en la decisió de l’ordre apropiat, assignar a cada tasca els recursos cognitius necessaris i establir el pla d’acció adequat per arribar a un objectiu o meta. Tot i que totes les persones tenen la capacitat de planificació, en cada individu es presenta de forma diferent. Aquesta funció executiva depèn d’elements com la plasticitat cerebral, l’establiment de noves rutes o de connexions sinàptiques. Per planificar una tasca de forma eficaç és necessari contar amb la informació necessària, però també ser capaç d’establir mentalment una síntesis adequada de totes les dades. Del Arco (2005) afirma que hi ha una gran relació entre les habilitats socials i la capacitat de planificació de l’individu, ja que això el fa més participatiu en les tasques quotidianes.

El deteriorament o alteració de la capacitat de planificació fa que certes accions ens resultin més difícils, com, per exemple organitzar una activitat, fer la compra, seguir unes instruccions o senzillament fer la maleta (Planificació, Cognifit, 2008).

Tota la informació sobre les habilitats cognitives és redactada per la Dra. Evelyn Shatil, directora de ciència de l’empresa Cognifit. Tot i això, les habilitats cognitives defineixen a les persones com aprenen, com actuen, com es mouen o com pensen. L’avantatge és que es sap que les habilitats cognitives es poden entrenar, millorar o fins i tot reaprendre (Boot, Blakely i Simons, 2011). La facilitat que té l’individu per aprendre habilitats cognitives concretes té a veure sobretot amb l’experiència d’aquest, ja que una persona que hagi realitzat una tasca amb anterioritat té més probabilitat d’augmentar les habilitats cognitives que una altra persona que no hagi realitzat mai aquella tasca (Green i Bavelier, 2012). La idea és que a partir de la repetició de tasques senzilles l’individu pugui millorar les seves habilitats cognitives de forma significativa.

Tot i així, les habilitats cognitives són difícils d’entrenar pel fet que s’ha de fer de manera continuada i regular, ja que si s’està fent un entrenament de temps de reacció, per exemple i es canvia el paradigma dels estímuls, ja siguin visuals o auditius, el cervell de l’individu ho detecta com una nova font d’informació i al subjecte li costa més processar aquesta nova informació (Green i Bavelier, 2012).

### 3.2.3. Mesura de les habilitats cognitives

Degut a l’elevat nombre d’habilitats cognitives diferents, trobem molts mètodes i diferents materials per mesurar aquestes habilitats cognitives. Els principals són:

## Electromiograma

L'electromiograma (EMG) és un conjunt de proves que es basen en detectar els impulsos elèctrics que passen pels músculs. És utilitzat sobretot per persones que han patit lesions en zones concretes i volen detectar si realment el múscul o el nervi de la zona afectada ha patit un deteriorament amb la lesió. Proporciona la informació amb Newtons, que és la mesura internacional emprada per calcular la força aplicada. Aquest test ens dóna informació de quan s'executa el punt de màxima força i ens permet calcular la temps de reacció del subjecte (Botía *et al.*, 2012).

## Wimu

Wimu és un sistema de control fisiològic, sobretot utilitzat en esportistes d'elit per millorar el seu rendiment, ja que controla totes les constants del subjecte, des de freqüència cardíaca, a posició, rotació, inclinació, velocitat i acceleració (mínima, màxima i mitjana). Tot això permet observar el subjecte i detectar quins són els punts forts i febles. És aplicable per mesurar totes les constants necessàries, per exemple la percepció espacial (rotació del subjecte), la velocitat de processament (canvis de posició) o el temps de reacció (Wimu, 2015).

## Tests neuropsicològics

D'altra banda, es poden trobar una gran quantitat de tests neuropsicològics creats per mesurar les habilitats cognitives i utilitzats en centres de salut (Cognifit, 1999). Normalment cada un d'aquests tests permet mesurar diverses habilitats cognitives a la vegada. Els tests en general solen tenir una durada d'un minut, pel que són senzills de realitzar i computar. Els tests que són més fàcils d'avaluar i posar a prova en un entorn virtual són:

Test de celeritat REST-HECOOR. És un test dissenyat per professionals per explorar i augmentar la velocitat de processament i el temps de reacció. Aquesta tasca permet calcular amb precisió la capacitat d'interpretar un estímul i respondre a aquest. Un exercici d'exemple és un objecte que apareix per pantalla i que hem de pressionar amb precisió el més ràpid possible. Com es comenta anteriorment, això produeix un augment de la velocitat de processament, el temps de reacció, però també de la coordinació oculo-motriu, de l'escaneig visual, atenció focalitzada i percepció espacial (Test de celeritat REST-HECOOR, CogniFit, 1999).

Test de precisió COOR. És un test inspirat en el test Wisconsin. El test de precisió es basa en millorar la coordinació oculo-motriu, explicada anteriorment (3.2.1). L'exercici per posar a prova aquest test és el col·locar el cursor sobre una pilota en constant moviment que apareix per pantalla, tot de la forma més precisa possible. S'haurà de mantenir el cursor sempre el màxim centrat (Test de precisió COOR, CogniFit, 1999).

Test seqüencial WOM-ASM. És un test basat en el test de *Conners* (CPT) i en la prova de dígitos directes i indirectes de *Wechsler Memory Scale* (WMS). Serveix principalment per mesurar la



capacitat d'emmagatzematge temporal i la manipulació d'informació que té el subjecte al realitzar tasques cognitives, com és el raonament o el llenguatge. Ens permet avaluar habilitats com la memòria de treball, memòria auditiva a curt termini, memòria a curt termini, temps de resposta i velocitat de processament. Un exemple senzill és una prova on apareixen unes boles amb números i la finalitat és representar aquests números en l'ordre correcte. La dificultat és progressiva, pel que al principi només s'haurà de memoritzar una seqüència d'un número, després de dos, i així consecutivament fins que el subjecte faci un error (Test de celeritat WOM-ASM, CogniFit, 1999).

També et pot mesurar la percepció espacial, el temps de reacció o coordinació mà-ull amb mètodes més senzills, com per exemple fent un test del temps de reacció o calculant la coordinació mà-ull a través de la precisió que ens dona el videojoc. Amb mètodes més avançats també es pot mesurar el centre de gravetat de l'individu, la seva posició i rotació (Rojas, 2010).

### **3.2.4. Com afecta la RV al desenvolupament de les habilitats cognitives?**

Com ja s'ha mencionat anteriorment, ja fa més de 20 anys que s'han estat discutint les aplicacions de la RV, tant a nivell d'entrenament per cirurgians (Seymour, Gallagher, Roman, O'Brien, Bansal, Andersen i Satava, 2002), com a mètode d'entrenament per gent que ha patit enfermetats com un ictus, esquizofrènia (Rus-Calafell, Gutiérrez-Maldonado i Ribas-Sabaté, 2014) o autisme (Parsons i Mitchell, 2002). També està demostrat que serveix com a mètode de rehabilitació articular per gent gran (Rojas, 2010). També hi ha empreses com CogniFit que es dediquen a elaborar tests per avaluar les habilitats cognitives de tot tipus, detecten l'evolució d'aquestes i es basen en descobrir les aplicacions a la vida real d'aquestes habilitats cognitives.

La pregunta que es fan a molts estudis i en aquest és, com afecta la RV en l'evolució de les habilitats cognitives? Es pot utilitzar per millorar l'execució de les tasques al dia a dia? Pot servir com a entrenament específic?

S'ha demostrat que com a mètode immersiu pel subjecte és molt més motivant el fet que s'entrenin les habilitats cognitives a partir de diferents videojocs (Boot, 2011), ja sigui jugant amb ordinador o RV. El fet que la RV hagi evolucionat tant aquests últims anys i s'hagi posat a l'abast del consumidor han permès compartir grans experiències. Green i Bavelier (2012) demostren que jugar a videojocs d'acció millora el control d'atenció, ja que aquests tipus de jocs es defineixen per la seva velocitat, pels objectes en constant moviment que van entrant i sortint constantment del camp de visió del subjecte. El fet que es puguin millorar les habilitats cognitives jugant a jocs d'acció en un monitor, on la immersió és alta, demostra la capacitat dels videojocs per entrenar-nos mentalment. La RV significa una immersió total pel subjecte, ja que permet el moviment del subjecte per l'espai, la visió en 360° i la simulació de les mans dins del videojoc a través dels controladors. Tots aquests fets barrejats amb els estímuls dels videojocs creen una experiència que exercita les habilitats cognitives, com la capacitat de cerca, el temps de reacció o la coordinació mà-ull (Boot, 2011).

### **3.3. L'estadística, anàlisi de dades**

L'estadística és l'estudi de fenòmens aleatoris. S'utilitza per analitzar dades i obtenir resultats fiables per tal de demostrar les hipòtesis plantejades i donar una explicació a aquests fenòmens. El procés d'obtenció de conclusions basades en les dades experimentals s'anomena inferència estadística. Per tal d'entendre aquest concepte és necessari entendre les nocions de població i mostra. La població és la col·lecció de tota la informació possible que caracteritza un fenomen. Una població, en estadística, és qualsevol col·lecció, ja sigui d'un número finit de mesures o una col·lecció gran, virtualment infinita, de dades sobre un fet d'interès. Per altra banda, la mostra és un subconjunt representatiu seleccionat d'una població. Una bona mostra és aquella que reflexa les característiques essencials de la població de la qual es va obtenir. Les estadístiques s'empren com a base per fer inferències sobre certes característiques de la població, que reben el nom de paràmetres. Moltes vegades s'analitza la informació que conté una mostra aleatòria amb el propòsit principal de fer inferències sobre la naturalesa de la població de la qual es va obtenir la mostra (Canavos, 1988).

Es poden distingir entre dos tipus d'estadístiques. La primera és l'estadística descriptiva, la qual serveix per descriure els paràmetres d'una mostra d'estudi. Per això s'agafa una mostra representativa de la població o de la part de la població de la qual es vulgui obtenir la conclusió. En segon lloc es troba l'estadística inferencial, la qual a partir d'una mostra permet inferir en els paràmetres poblacionals i derivar conclusions per obtenir resultats significatius aplicables a la resta de la població (Catalina i Arturo, 2014).

#### **3.3.1. Estadística descriptiva**

##### **Definició d'estadística descriptiva**

L'estadística descriptiva resumeix la informació continguda en un conjunt de dades, anomenades observacions. Els registres o observacions efectuats proporcionen una sèrie de dades que necessàriament deuen ser ordenats i presentats d'una manera intel·ligible. L'estadística descriptiva desenvolupa un conjunt de tècniques la finalitat de les quals és presentar i reduir les diferents dades observades. La presentació de les dades es realitza mitjançant la seva ordenació en taules, procés denominat tabulació, i la seva posterior representació gràfica (Fernández, 2002). En l'estadística descriptiva es troba la reducció estadística, que consisteix en utilitzar solament un número reduït de les dades, per facilitar les operacions estadístiques. Aquesta reducció comporta un error que ha d'estar controlat. La reducció estadística es pot portar a terme durant el procés de tabulació, o amb major eficàcia, utilitzant les mesures estadístiques, també anomenades indicadors de distribució. Això permet comparar diferents sèries de dades obtingudes de diferents observacions.

Generalment hi ha diferents motius pel qual s'examinen les dades. Sol ser per conèixer el detall de la informació continguda (normalment no és d'elaboració pròpia, tot i que no sigui el cas). Això implica conèixer la limitació de les dades. També s'utilitza per conèixer la forma en la que està estructurada la informació, per detectar problemes en les dades, per detectar patrons,

per generar hipòtesis o refinar-les i per seleccionar el mètode apropiat per avaluar les hipòtesis. És de particular rellevància detectar violacions als suposats estadístics.

Dos consells importants a l'hora de fer un anàlisi d'estadística descriptiva, és que l'elecció d'un mètode d'anàlisi estadístic s'ha de basar en la següent pregunta: què li he fet i què li faré a les dades? No n'hi ha prou en mencionar el procediment sinó que s'ha de comprendre què s'ha de fer per generar les estadístiques (Catalina i Arturo, 2014).

### **Tipus de variables i d'escala**

Abans de tot s'han de definir els conceptes bàsics. La base es defineix per les variables, que són les característiques que pren diferents valors dins les entitats observades, el que significa que agrupa els atributs dels subjectes per diferenciar-los d'una forma lògica. La mesura d'aquestes variables consisteix en assignar valors a les característiques corresponents. Existeixen diferents tipus de variables i el seu nivell de mesura impacta sobre el tipus d'estadística que poden utilitzar-se, tant en estadística descriptiva com inferencial. El tipus de mesura no és un fet intrínsec a la variable (Catalina i Arturo, 2014). Les escales, en canvi, es defineixen com les diferents formes que hi ha per mesurar les dades.

Les variables poden ser de dos tipus diferents. Les variables qualitatives i les quantitatives:

- Les variables qualitatives són variables observables però no es poden mesurar en escales mètriques (e.g. quan la mesura és Sí/No).
- Les variables quantitatives són les variables que es poden mesurar en l'escala mètrica.

Les escales de mesura, en canvi, són mètodes de mesura per diferenciar les variables amb la finalitat d'establir una relació entre les dades. Les escales o tipus de mesures es diferencien segons les propietats o relacions d'ordre i distància que tenen les dades. Es poden trobar quatre escales diferents (Fernández, 2002):

- Escala nominal: treballa amb dades de tipus categòric. Les dades expressades amb una mesura nominal no són numèrics ni es poden mesurar en una escala contínua, pel que no existeix cap relació d'ordre o de distància entre els mateixos. És el cas típic dels caràcters qualitius o atributs, com per exemple, els diferents colors de cabell. Aquestes mesures han de ser mútuament excloents. Quan aquestes dades es treballen a nivell informàtic, es codifiquen els valors de les variables per facilitar la seva mesura.
- Escala ordinal: treballa amb dades de tipus ordinal. Es diferencia de l'anterior en que entre les dades es pot establir una relació d'ordre, tant de major a menor com de menor a major. Un exemple són les categories laborals d'una empresa (e.g. mestre, oficial de 1a, 2a, 3a i peó). Tot i això, segueixen sense poder-se fixar una distància entre dues dades consecutives.

- Escala d'interval: treballa amb dades de tipus interval, dades quantitatives. Això significa que les dades es poden classificar segons el seu ordre creixent o decreixent i, al mateix temps, és possible mesurar una distància entre dos valors aleatoris, per exemple, entre les edats dels treballadors d'un comerç. Són caràcters de tipus quantitatiu, és a dir, variables que quan són discretes, els seus valors són enters i, quan són contínues, els valors poden ser qualsevol dels infinits que existeixen en cadascun dels intervals.
- Escala de raó: treballa amb dades de tipus enter. Són dades teòricament comptables i finites. També s'anomena com l'escala de zero absolut. Funciona com l'escala d'interval, però té la propietat que el 0 és real. Un exemple és el número de gols que marca un jugador durant una temporada. El 0 en aquest cas també és una opció.

En resum, les escales de mesura (variable quantitativa) es poden trobar l'escala continua i la discreta. En l'escala continua es troben els valors compresos dins d'un rang de valors o també anomenat d'interval, explicada anteriorment. L'escala discreta pren valors enters, teòricament comptables o finits, també anomenat com escala de raó (zero absolut). En l'escala de variables qualitatives (categòrica) es troben les variables de valor nominal i l'ordinal. La nominal es basa en variables amb categories sense ordre i mútuament excloents. L'ordinal es basa en categories amb ordre natural i mútuament excloents.

El fet que hi pugui haver errors de mesura a l'estudi pot influir en el resultat de l'estudi. Les variables són mesurades sempre amb algun tipus d'error. Es poden diferenciar en errors aleatoris, generats per l'atzar, o en errors sistemàtics, provocats per un error en el sistema de mesura. Sense informació addicional és difícil diferenciar el caràcter de l'error de mesura.

## **Freqüències**

Quan en una mostra s'analitzen els valors, s'ensenya una distribució de freqüències, que és un llistat dels possibles valors (o intervals d'aquests) que pren una variable juntament al número d'observacions per cada valor. Es poden trobar dues freqüències diferents:

- La freqüència absoluta, la qual registra el número de vegades que apareix un determinat valor entre les observacions.
- La freqüència relativa, la qual registra la proporció o percentatge d'ocurrència d'un determinat valor de les observacions.

Normalment les distribucions de freqüències es representen mitjançant taules. Ha d'incloure tots els possibles valors de la variable, de la forma més exhaustiva possible, per tal que es

puguin classificar tots els valors observables. És desitjable indicar el número total d'observacions ( $n$ ). Si es té una gran quantitat de dades és convenient agrupar-les en intervals (Catalina i Arturo, 2014).

### **Indicadors de distribució**

Una forma per trobar una tendència o un patró d'una mostra, és descriure un conjunt de dades mitjançant un indicador que resumeix una característica de la distribució de les dades analitzades. Una bona descripció requereix analitzar el centre de la distribució, la dispersió de les variables, la posició relativa de les observacions en la distribució i la forma de la gràfica.

### **Indicadors de tendència central**

Els indicadors de tendència central serveixen per detectar on es concentra la majoria dels valors de les observacions. En el cas de voler analitzar el centre, es fan servir indicadors de tendència central. Es poden trobar tres indicadors principals:

- La mitjana aritmètica. És la més comú de les tendències centrals. La mitjana aritmètica és una mesura apropiada de tendència central per molts conjunts de dades. Tot i això, donat a que qualsevol valor de les observacions es fan servir pel seu càlcul, el valor de la mitjana aritmètica pot veure's afectat de manera desproporcionada per l'existència d'alguns valors extrems (Canavos, 1988). Es calcula fent servir la següent fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

La  $x$  representa el valor concret de la variable corresponent. El valor  $n$  correspon al número total de variables observades. Per tant és la mitjana aritmètica correspon a la divisió entre el sumatori ( $\sum$ ) de  $x$  i  $n$ .

- La moda. La moda d'un conjunt d'observacions és el valor que apareix amb més freqüència (pot ser un o varis) (Canavos, 1988). La moda mostra cap a quin valor tendeixen les dades a agrupar-se. En conjunts relativament petits, pot ser que no existeixin dues observacions que el seu valor coincideixi. En aquesta situació no és clara la definició de moda. També pot succeir que la freqüència més alta es trobi compartida per dos o més observacions. En aquests casos, la moda té una utilitat limitada com a mesura de tendència central.
- La mediana. La mediana d'un conjunt d'observacions és el valor pel qual, quan totes les observacions s'ordenen de forma creixent, la meitat d'aquestes és menor que aquest valor i l'altra meitat és major. Si el número d'observacions del conjunt és imparell, la mediana és el valor de l'observació que es troba a la meitat del conjunt ordenat. Si el número és parell, es considera la mediana com la mitjana aritmètica dels valors de les dues observacions que es trobin dins del conjunt ordenat. Alternativament, la mediana

es pot determinar a partir de la distribució acumulativa, és a dir, la mediana és el percentil cinquanta (Canavos, 1988).

En qualsevol estudi pot sortir un valor d'una variable que sigui atípic, el qual està molt allunyat del valor central. La presència de valors atípics en les dades poden distorsionar la descripció de la seva distribució. Els valors atípics es solen eliminar o corregir, a no ser que s'estiguin buscant aquests valors concrets. En el cas de que no es tracti de cap error i realment formi part de la mostra no serà possible eliminar-lo i s'haurà de tenir en compte la seva presència quan es tracti de resumir el centre i la variabilitat de les dades.

Per tant la mediana és un indicador menys sensible als valors atípics que la mitjana aritmètica, ja que hi ha alternatives a la mitjana simple. Tot i això, dóna poca informació sobre la distribució dels valors de la mostra. En canvi, la mitjana aritmètica és un indicador que sintetitza molta informació sobre la distribució, d'aquí la seva sensibilitat als valors atípics. Té com a intenció ser un "representant" global de la distribució (Catalina i Arturo, 2014).

### **Indicadors de dispersió o variabilitat**

Dins dels indicadors es troben els indicadors de dispersió, on es pot destacar la variància. Aquest indicador és la mitjana de les desviacions quadrades de les observacions respecte a la mitjana aritmètica. D'aquest indicador se'n deriven la desviació estàndard i el coeficient de variació. La variància de la mostra es defineix amb aquesta fórmula:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_j - \bar{X})^2}{n-1}$$

La  $X$  indica el valor de la variable, i la  $\bar{X}$  indica la mitjana aritmètica dels valors observats. La  $n$  indica el número total dels valors observats. El mateix és aplicable a les següents fórmules. La variància és una mesura raonablement bona de la variabilitat, degut a que si moltes de les diferències són grans (o petites) llavors el valor de la variància serà gran (o petit). El valor de la variància pot patir un canvi desproporcionat, encara més que la mitjana, per l'existència d'alguns valors extrems del conjunt (Canavos, 1988).

La desviació estàndard es defineix per l'arrel quadrada de la variància, el qual facilita la interpretació. La fórmula és la següent:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

La variància i la desviació estàndard no són mesures de variabilitat diferents, degut a que aquesta última no pot determinar-se a no ser que es conegui la primera. Normalment es prefereix la desviació estàndard en relació amb la variància, perquè s'expressa en les mateixes unitats físiques que les observacions (Canavos, 1988).

El coeficient de variació es fa servir quan es vol saber la relació entre la mida de la mostra i la variabilitat de la variable. La equació que el defineix és la següent:

$$CV = \frac{S}{|\bar{x}|}$$

Els altres indicadors de dispersió són el màxim, el mínim, el rang (diferència entre mínim i màxim) i el rang interquartílic, el qual indica la diferència entre el valor del tercer quantil (0.75 percentil) i el primer quantil (0.25 percentil), pel que engloba el 50% de les observacions. Els quantils és una distribució per quantitat de mostres, però que no es fan servir d'identificador en aquest estudi (Catalina i Arturo, 2014).

Un principi clau és que un indicador central ha d'anar acompanyat per un indicador de dispersió, ja sigui la mitjana aritmètica i la desviació estàndard o la mitja i el rang, etc.

### **Indicadors descriptius de forma**

Donades les limitacions dels indicadors de tendència central i de dispersió, es complementa l'anàlisi de les dades amb els indicadors de forma. Els indicadors de forma informen sobre el grau de normalitat de la distribució. Pot ser una distribució asimètrica, quan la forma de distribució és horitzontal, o de curtosis, quan la forma de distribució és vertical.

La forma de distribució asimètrica mesura el grau en que la distribució és simètrica o asimètrica, tenint en compte la mitjana aritmètica com a valor central. La curtosis mesura en quin grau els valors de les observacions estan agrupades al voltant del punt central. El biaix és la cua més llarga de la distribució, per tant es diu que una mostra està esbiaixada quan els valors es concentren més en una cua, per tant s'allunyen del valor central.

De distribucions podem trobar la simètrica, on la majoria de valors coincideixen amb la mitjana i els altres valors es troben equitativament repartits. També es pot trobar la distribució asimètrica a la dreta (corba amb asimetria positiva) i la distribució asimètrica a l'esquerra (corba amb asimetria negativa). Finalment es pot trobar una mostra on els valors siguin irregulars. Aquest fet sol passar quan  $n < 15$ . Les regularitats estadístiques es presenten en mostres més grans,  $n > 30$  (Catalina i Arturo, 2014).

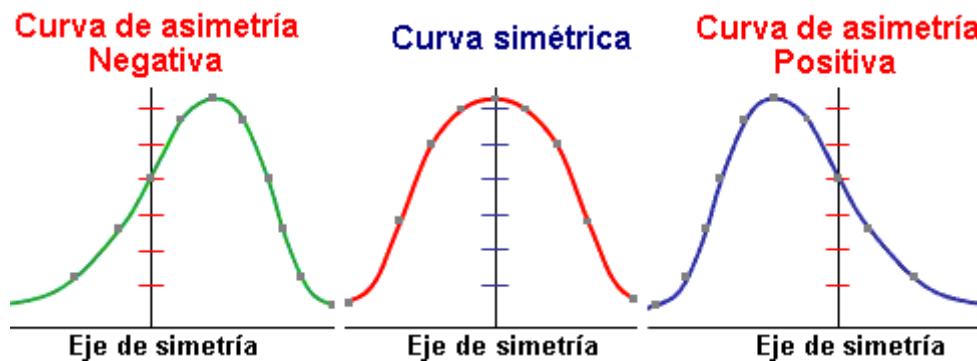


Fig. 13. Representació gràfica dels tipus de distribucions de mostres. Font: spssfree (2016).

### 3.3.2. Estadística inferencial

#### Definició d'estadística inferencial

L'objectiu de l'estadística inferencial és induir el comportament d'una població a partir de l'extracció i l'anàlisi d'una mostra. Per tant, és important que la informació continguda a la mostra sigui representativa de la població que l'ha generada. Aquesta representativitat s'aconsegueix treballant amb les anomenades *mostres aleatòries*. Una mostra és aleatòria quan tots els elements de la població tenen la mateixa probabilitat de ser seleccionats i quan aquests elements s'extreuen de manera independent.

Com es veurà, en el marc de la inferència clàssica, és bàsic fer la hipòtesi que les poblacions mostrejades són Normals (o com a mínim ho són de forma aproximada), si bé, de vegades, les conseqüències de l'incompliment d'aquest supòsit de normalitat es poden resoldre si les mostres disponibles són grans.

Els mètodes clàssics d'inferència es poden dividir, principalment, en dos: mètodes d'*estimació de paràmetres* i mètodes de *contrast d'hipòtesis*. L'estimació de paràmetres consisteix a fixar valors concrets per als paràmetres que caracteritzen la distribució de probabilitat de la població. El contrast d'hipòtesis permet validar hipòtesis estadístiques que fan referència al valor d'un paràmetre poblacional (el valor esperat, la variància, la proporció d'èxits, etc.) o la relació que existeix entre paràmetres anàlegs de dues poblacions. En resum, els contrastos d'hipòtesis permeten decidir si l'evidència empírica (proporcionada pel comportament de la mostra) és o no compatible amb la hipòtesi referida a la població que s'intenta validar (Alea *et al.*, 1999).

#### Estimació de paràmetres

L'objectiu dels mètodes d'estimació és determinar els valors dels paràmetres que caracteritzen la distribució de probabilitat d'una població estadística. Així, per exemple, si sabem que una població es modelitza mitjançant una distribució Normal, per concretar l'esmentada distribució caldrà assignar un valor determinat als paràmetres  $\mu$  i  $\sigma$  que la caracteritzen.



Per obtenir aquestes estimacions que anomenem estimacions puntuals, caldrà disposar d'estimadors adients, que no són més que estadístics mostrals i, per tant, variables aleatòries caracteritzades per les seves distribucions de probabilitats. Per tal de seleccionar en cada cas l'estimador més apropiat hi ha establerts uns criteris que permeten valorar quin és, entre tots els possibles estimadors de cada paràmetre, l'òptim. Aquests criteris fan referència al valor esperat de l'estimador (criteri de no-esbiaixament), a la seva variància (criteri d'eficiència) i al comportament d'ambdós quan la grandària de la mostra tendeix a infinit (criteri de consistència).

Una estimació es defineix com l'assignació d'un valor concret a  $\mu$ , depenent del criteri d'estimació o estimador. Un estimador d'un paràmetre poblacional  $A$ , que indicarem amb  $\hat{A}$ , és una funció de les observacions mostrals que s'utilitza per generar pronòstics (estimacions) del valor real del paràmetre.

$$\hat{A} = g(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

Com que és una funció de les observacions mostrals, un estimador és una variable aleatòria amb una determinada distribució de probabilitat. El problema d'estimació rau en el fet que per a cada paràmetre poblacional pot haver-hi, i de fet hi ha, nombrosos estimadors possibles.

Els estimadors possibles per a  $\mu$  són la mitjana aritmètica, la mediana i la mitjana eliminant els valors màxim i mínim. Les estimacions són els valors obtinguts en aquests estimadors. Com que no es sap el valor de  $\mu$ , si analitzem les propietats dels estimadors podrem respondre a la següent pregunta: quin d'aquests estimadors, si s'utilitza en mostres successives, tendirà a generar estimacions més properes al valor de  $\mu$ ? Els estimadors es defineixen segons les seves propietats (Alea *et al.*, 1999).

Es poden observar dues tècniques diferents d'estimació: el mètode de moments i el mètode de màxima versemblança. També hi ha diversos criteris per a un estimador utilitzant, per exemple, la variància i el biaix.

La variància d'un estimador s'aproxima utilitzant el mètode delta per a mètodes d'estimadors de moments i utilitzant informació de Fisher per als estimadors de màxima versemblança. L'anàlisi del biaix es basa en les aproximacions quadràtiques de la sèrie de Taylor i en les propietats de les expectatives. Ambdues classes d'estimadors sovint són coherents. Això implica que el biaix disminueix cap a zero amb un nombre creixent d'observacions. R s'utilitza habitualment en simulacions per obtenir informació sobre la qualitat dels estimadors.

Les tècniques d'estimació de punts són seguides per l'estimació d'interval i, notablement, per intervals de confiança. Això ens porta als intervals de tipus  $t$  d'una i dues mostres per als mitjans de població i un i dos intervals de mostra per a proporcions de població. A més, podem tornar al mètode delta i la informació de Fisher observada per construir intervals de confiança associats, respectivament, als mètodes d'estimadors de temps i estimadors de màxima

versemblança. També afegim una breu introducció als intervals de confiança d'arrencada i els intervals creuables de Bayesian per proporcionar-los una introducció més àmplia a les estratègies per a l'estimació de paràmetres (Watkins, 2016).

Els intervals creuables de Bayesian, el mètode delta, la informació de Fisher i la sèrie de Taylor són mètodes per estimar els valors de la forma més precisa, per saber quins acceptar i quins descartar, però no s'entrarà en les definicions d'aquests termes. Es comenten per tal que es tingui la noció que els paràmetres estimats es poden predir i comparar amb altres paràmetres.

### Tests d'hipòtesis, tests paramètrics i no paramètrics

En aquest apartat es farà una breu explicació sobre els tests d'hipòtesis, perquè serveixen, com es creen i de quins tipus hi ha. Molts estudis es focalitzen en poder demostrar si les observacions recopilades coincideixen amb les prediccions fetes abans de realitzar l'estudi. Aquestes prediccions són les hipòtesis sobre les variables mesurades a l'estudi. Les hipòtesis provenen de la teoria que comporta la recerca. Quan una hipòtesi relaciona les característiques d'una població, com els paràmetres poblacionals, un pot fer servir mètodes estadístics amb dades d'una mostra per comprovar la seva validesa.

Un test de significança és una forma estadística per comprovar una hipòtesi, comparant els valors estimats amb els obtinguts de la mostra. Les dades que tenen valors allunyats dels estimats, proveeixen evidència en contra la hipòtesi. Tots els tests de significança tenen cinc elements: supòsits, hipòtesis, test estadístic, p-value i conclusió. Tots els tests de significança requereixen certs supòsits per ser vàlids, els quals poden referir-se al tipus de dades, la forma de la distribució de la població, el mètode de mostreig i la mida de la mostra. Un test de significança considera dues hipòtesis sobre el valor d'un paràmetre poblacional: la hipòtesi nul·la ( $H_0$ ) i la hipòtesi alternativa ( $H_1$ ) (Isotalo, 2014).

$H_0: \theta = \theta_0$ $H_1: \theta = \theta_1$
---

La hipòtesi nul·la la simbolitzem amb l'equació  $H_0: \theta = \theta_0$ , essent  $\theta_0$  el valor que atribuïm al paràmetre  $\theta$  desconegut. Aquesta hipòtesi és aquella que recull el supòsit que ni hi ha diferència entre el veritable valor del paràmetre i el proposat per la hipòtesi. Des de l'inici la hipòtesi es considera certa i només es rebutjarà quan hi hagi suficient evidència empírica en contra.

La proposició contrària a la hipòtesi nul·la rep el nom d'hipòtesi alternativa ( $H_1$ ) i, generalment, presenta un cert grau d'indefinió. Així, enfront de la hipòtesi nul·la  $H_0: \theta = \theta_0$  es poden proposar diverses hipòtesis alternatives amb un grau d'indefinió que dependrà de la informació *a priori* que tinguem sobre el paràmetre  $\theta$  (Alea et al., 1999).

Segons Watkins (2016), ja plantejades les dues hipòtesis, partim el problema del test d'hipòtesis de la forma clàssica. En aquesta aproximació, les possibles accions són:

- Rebutjar la hipòtesi. Rebutjar la hipòtesi quan és certa és anomenat un error de tipus I o un fals positiu. La probabilitat  $\alpha$  és anomenada mida del test o nivell de significança. A vegades,  $1 - \alpha$ , el vertader negatiu és anomenat especificitat. Si el p-value donat per la hipòtesi és major a  $\alpha$ , normalment es pot rebutjar la hipòtesi.
- Error al rebutjar la hipòtesi. Quan es falla al rebutjar la hipòtesi quan és falsa s'anomena error de tipus II o fals negatiu, té la probabilitat  $\beta$ . Això significa que la poder del test,  $1 - \beta$ , la probabilitat de rebutjar el test quan, de fet, és fals, també és anomenat fracció vertadera positiva.

Segons el valor del paràmetre  $\theta$ , es plantejarà una hipòtesi alternativa diferent (Alea *et al.*, 1999). Es poden considerar les següents hipòtesis nul·la i alternativa:

- Hipòtesi alternativa d'igualtat: 

$H_0: \theta = \theta_0$ $H_1: \theta = \theta_1$
--

En aquest cas, que no és el més freqüent, es disposa de molta informació *a priori* sobre  $\theta$ , és a dir, sabem que només pot prendre els valors  $\theta_0$  o  $\theta_1$ ; l'únic dubte que es té és quin dels dos valors és el veritable.

- Hipòtesi alternativa direccional: 

$H_0: \theta = \theta_0$ $H_1: \theta > \theta_0$ o $H_1: \theta < \theta_0$
---

En aquest cas la informació *a priori* sobre  $\theta$  és menor. L'únic que es sap és que en cas que no sigui cert que el valor de  $\theta$  sigui  $\theta_0$ , el veritable valor de  $\theta$  és superior (o inferior) a  $\theta_0$ . Quan la hipòtesi alternativa és d'aquest tipus el contrast s'anomena "a una cua" o direccional.

- Hipòtesi alternativa no direccional: 

$H_0: \theta = \theta_0$ $H_1: \theta \neq \theta_0$
---

En aquest cas la hipòtesi alternativa presenta el màxim grau d'indefinició, la qual cosa implica que no disposem de cap informació *a priori* sobre  $\theta$ , de forma que si no podem acceptar que el veritable valor de  $\theta$  sigui  $\theta_0$ , hem de concloure que  $\theta$  pren qualsevol altre valor. Amb aquesta hipòtesi alternativa el contrast és "a dues cues" o no direccional.

Les hipòtesis que postulen un i només un valor concret per a un paràmetre poblacional són hipòtesis simples. Com veiem, les hipòtesis nul·les les considerem sempre hipòtesis simples. Per contra, les hipòtesis que proposen infinits valors possibles de  $\theta$ , com les hipòtesis alternatives dels dos últims casos, s'anomenen hipòtesis compostes (Alea *et al.*, 1999).

Totes les hipòtesis que es volen comprovar tenen una regió crítica, que consta de les observacions que s'allunyen massa del paràmetre  $\theta$  establert. Per determinar aquesta regió crítica s'utilitza l'estadístic de prova, un estimador del paràmetre  $\theta$  o una funció de l'estimador amb distribució de probabilitat coneguda en el mostratge. Aquest valor mostra la relació que hi ha entre les dades obtingudes i la relació amb el paràmetre esperat plantejat a la hipòtesi. Si el valor és més petit que  $\alpha$ , normalment amb un valor de 0.05, es pot dir que la relació entre la  $H_0$  i  $\theta_0$  és prou forta com per no rebutjar la hipòtesi nul·la (Canavos, 1988; Alea *et al.*, 1999).

En els contrastos d'hipòtesis paramètriques, quan es comparen dues poblacions, l'estadístic de prova és definit per la lletra  $t$ , ja que es realitza amb un test anomenat  $t$  d'*Student*. Aquest test, com tots els realitzats per hipòtesis paramètriques, van relacionats amb la mida de la mostra o  $n$ . Si  $n$  és més gran que 30, es considera una mostra prou gran com per utilitzar un contrast d'hipòtesis paramètric, ja que les dades solen estar normalitzades i la distribució de les dades és més homogènia.

En canvi, com és el cas de l'estudi present, com que la mida de la mostra  $n$  és inferior a 30, s'ha d'utilitzar un contrast d'hipòtesi no paramètric. El mètode no paramètric no es troba subjecte a la forma de la distribució de la població d'interès i no requereixen, de forma necessària, que les observacions es defineixin com a mínim en una escala d'interval. Els mètodes no paramètrics es poden aplicar en una escala d'interval, en ocasions, sobre escales nominals. Però si les observacions es defineixen com a mínim dins d'una escala d'interval i la distribució de la població d'interès és normal, els mètodes no paramètrics són menys eficients comparats amb els procediments paramètrics que es basen en la suposició de la normalitat (Canavos, 1988).

Com s'ha comentat, la mida d'aquesta mostra és menor que 30, per tant se suposa que la distribució de la població d'interès no és normal, per tant s'ha d'utilitzar un mètode no paramètric per comparar les dues parts de la mostra discriminades per diferents paràmetres (simulant a dues poblacions), per això s'utilitza el test Wilcoxon.

### **Test Wilcoxon i aplicacions**

El Test Wilcoxon és un test només aplicable quan es volen comprovar dues mostres (Bauer, 1972). En aquest test s'han de tenir les dues mostres per la comparació. El test de Wilcoxon és similar al test de 'Mann-Whitney', i s'utilitza sobretot per mostres petites.

El test Wilcoxon permet el càlcul de diferents variables que donen un sentit o un altre als valors obtinguts. Hi ha els valors  $x$  i  $y$ , els quals pertanyen a les mostres analitzades. Consta també de l'*alternative*, el qual permet determinar si volem fer un anàlisi d'una cua, de dues cues i, si és el cas d'una cua, si és major o menor. També es pot determinar el valor  $\mu$  ( $\mu$ ), el qual és un paràmetre opcional per determinar si la hipòtesi és nul·la o no. Es troba també la variable *paired* la qual indica si es vol un test de mostres aparellades o no. S'especifica mitjançant el *TRUE* o *FALSE*. Dels valors més importants que se li pot determinar en aquest test és el

conf. level, on s'especifica el nivell de significança que se li vol determinar al test. Com més alt sigui el nivell de significança menys exactes seran els resultats del test.

Els resultats obtinguts a partir d'aquest test són de gran rellevància, ja que un dels valors obtinguts és el p-value, que ens ajuda a determinar la similitud que hi ha entre les dues mostres (Hollander i Douglas, 1973).

En resum, l'anàlisi estadístic serveix per analitzar una o varies mostra, comparar els valors de les seves variables amb precisió, per trobar relacions entre les observacions, distingir patrons i demostrar les hipòtesis que confirmaran la validesa de l'estudi.



## 4. Objectius/Hipòtesis

### 4.1. Introducció

L'estudi es basa en la premissa de que totes les habilitats cognitives són millorables i que amb un entrenament adequat poden evolucionar de forma considerable. Com s'ha comentat en l'apartat 3.2.4, la RV pot resultar un entrenament efectiu, sobretot si l'entrenament es basa en videojocs d'acció. En el cas d'aquest estudi s'ha triat un subgènere dels jocs d'acció, els *shooters*, per millorar certes habilitats cognitives que s'exerciten més en aquest gènere de videojocs.

El motiu de l'estudi és el de poder millorar el rendiment de l'ésser humà, exercitant habilitats que són d'ús quotidià. El fet de que sigui dins d'un entorn virtual és una motivació extra, tant pel subjecte com pel creador de l'estudi.

### 4.2. Objectius

L'objectiu general del projecte és analitzar com afecta jugar a jocs de RV a l'hora de desenvolupar les següents habilitats cognitives:

- Detectar la millora del temps de reacció.
- Detectar l'augment de la coordinació oculo-motriu/precisió.

Objectius específics:

- Concretar si hi ha una clara millora de les habilitats cognitives fent un estudi pre-post (mesurant abans i després de l'entrenament en RV).
- Diferenciar la millora de les habilitats cognitives entre jugadors habituals i no habituals.
- Detectar la millora d'habilitats cognitives segons el nivell d'estudis.
- Diferenciar la millora d'habilitats cognitives segons el gènere del subjecte.

### 4.3. Pregunta de recerca

La principal pregunta que es planteja l'estudi és, poden els jocs en RV augmentar les habilitats cognitives concretes en els joves d'entre 18 i 22 anys?

La part de la població que s'ha volgut analitzar ha sigut a subjectes joves, ja que les seves habilitats cognitives no estan 100% madures ni desenvolupades. També perquè aquesta part de la població està més acostumada a conviure amb aparells electrònics i la familiarització amb els videojocs és més propera. Això comporta una motivació extra pel subjecte. En el cas que les habilitats cognitives millorin es demostrarà que aquesta part de la població està preparada per jugar dins d'un entorn de RV i, per tant, a entrenar-se i millorar les habilitats dins d'aquest entorn.

## 4.4. Hipòtesis

Hipòtesi 1: jugar a videojocs en RV millora les habilitats cognitives del subjecte.

Hipòtesi 2: jugar a videojocs en RV millora el temps de reacció.

Hipòtesi 3: jugar a videojocs en RV millora la coordinació mà-ull.

Hipòtesi 4: els jugadors habituals tenen les habilitats cognitives més desenvolupades que els no habituals.

Hipòtesi 5: els jugadors habituals milloren més que els no habituals.

Hipòtesi 6: els jugadors amb més nivell d'estudis tenen les habilitats més desenvolupades que els jugadors amb menys nivell d'estudis.

Hipòtesi 7: els jugadors amb més nivell d'estudis milloren més que els jugadors amb menys nivell d'estudis.

Hipòtesi 8: el gènere del jugador defineix si té les habilitats cognitives més desenvolupades.

Hipòtesi 9: el gènere del jugador defineix si té més facilitat per millorar les habilitats cognitives.

El plantejament de les 3 primeres hipòtesis són les que vindrien a respondre la pregunta principal del treball, ja que principalment s'analitzen dues habilitats cognitives concretes, el temps de reacció i la coordinació o mà-ull. A partir de les següents hipòtesis es tenen en compte diferents variables independents per tal de discriminar la població en diferents segments. Primerament es té en compte el fet de si els subjectes són jugadors habituals o jugadors no-habituals. El que defineix un jugador habitual són les sessions de joc per setmana. Si fa més de 3 sessions per setmana passa a ser jugador habitual, en el cas que siguin menys passa a ser jugador no-habitual (a vegades són no-jugadors). Aquesta hipòtesi es basa en la premissa de que els jugadors habituals tenen les habilitats cognitives avaluades més desenvolupades que els jugadors no-habituals. Seguidament es discriminen els subjectes per nivell d'estudis i es plantegen diferents hipòtesis partint de la premissa que els subjectes amb més nivell d'estudis tenen les habilitats cognitives més desenvolupades o si evolucionen d'una forma més considerable. Quan es discrimina per gènere, es fa la suposició que els dos gèneres tenen les habilitats cognitives desenvolupades equitativament, per tant es planteja si algun dels dos gèneres té les habilitats cognitives més desenvolupades que l'altre.



## 5. Disseny metodològic

### 5.1. Mètode científic

Tot estudi consta d'un mètode científic per tal de plantejar-lo correctament, fer una recollida d'observacions sense errors i arribar a diferents conclusions per les hipòtesis plantejades. El mètode científic consta de diferents apartats a l'hora de plantejar un estudi empíric. Per començar, hi ha les preguntes i les hipòtesis, que en aquest cas estan definits en el bloc anterior (bloc 4). També es troba la mostra de l'estudi i la descripció de l'experiment realitzat, explicat en aquest bloc. L'anàlisi de les dades obtingudes en aquest experiment es tracten a l'apartat 7. Les conclusions, limitacions i línies de futur es tracten a l'apartat 8.

Cada prova es realitzarà amb els mateixos 14 subjectes, els quals complien els requisits necessaris. S'ha intentat distribuir homes i dones equitativament, però la participació masculina ha sigut més àmplia. Els subjectes hauran de jugar a videojocs de tipus *shooter*, ja que segons Boot (2011) aquests són els que posen a prova més habilitats cognitives simultàniament. El dispositiu emprat per fer l'estudi és l'HTC Vive, degut a les seves característiques (explicat en l'apartat 3.1.3).

### 5.2. Mostra de l'estudi

La mostra de l'estudi està basada en joves de 18 a 22. La franja d'edat ha sigut aquesta donada la maduresa de les habilitats cognitives i l'experiència d'aquesta generació amb els videojocs. Els subjectes escollits comparteixen certes similituds, ja que molts tenen unes habilitats cognitives similars.

Una de les condicions és que els subjectes tinguessin una disponibilitat per fer una sessió de mitja hora a la setmana, per tant s'han buscat subjectes pròxims al local on s'ha realitzat l'estudi, a Sabadell. El número de subjectes escollits han sigut els justos per assegurar unes dades sense gaires valors atípics. El número de subjectes es veu limitat pel temps de realització de l'estudi i del poc temps disponible entre setmana d'aquests subjectes.

### 5.2.1. Dades demogràfiques

En aquesta secció s'analitza la mostra segons les dades demogràfiques. En la figura 14 es pot observar la gràfica que representa la distribució dels gèneres del subjecte de la mostra.

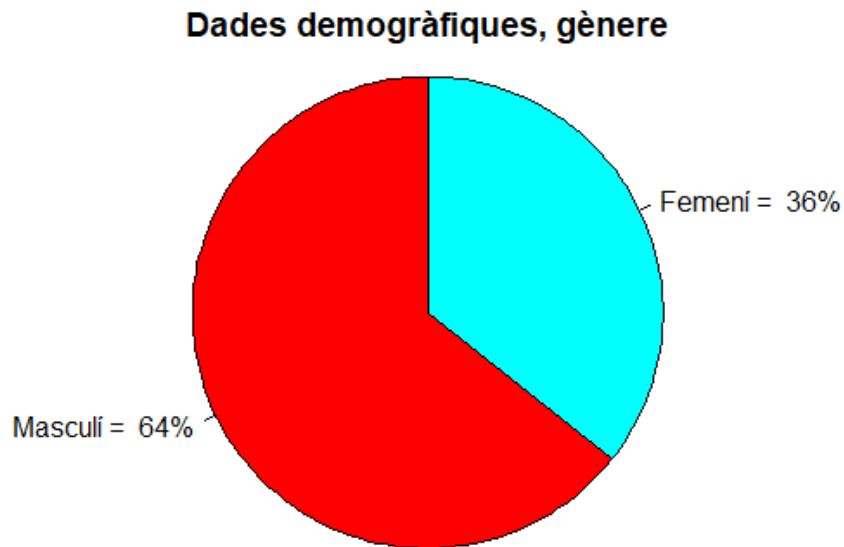


Fig. 14. *Pie chart*. Representació gràfica de la distribució dels gèneres de la mostra. Font: elaboració pròpia.

Com es pot observar en la figura 14, la distribució dels subjectes no és del tot equitativa, ja que són aproximadament  $2/3$  de subjectes de gènere masculí i  $1/3$  de gènere femení. Això és degut a que molts dels interessats a realitzar l'estudi eren de gènere masculí, el més probable és perquè els homes tenen més propensió a jugar a jocs, sobretot d'acció.

En la figura 15 s'observa la comparació de la distribució dels subjectes segons la seva edat i gènere. En aquest cas es pot veure com els *boxplots* són equitatius i la distribució de les edats són iguals. Això confirma que la mostra a nivell d'edat està ben distribuïda.

En la figura 16 s'observa la comparació de la distribució dels subjectes segons la seva alçada i el seu gènere. En aquest cas sí que es pot observar una diferència entre els gèneres i l'alçada mitjana, mínima i màxima, ja que per fisiologia, els subjectes de gènere masculí tenen una alçada superior que els subjectes de gènere femení.

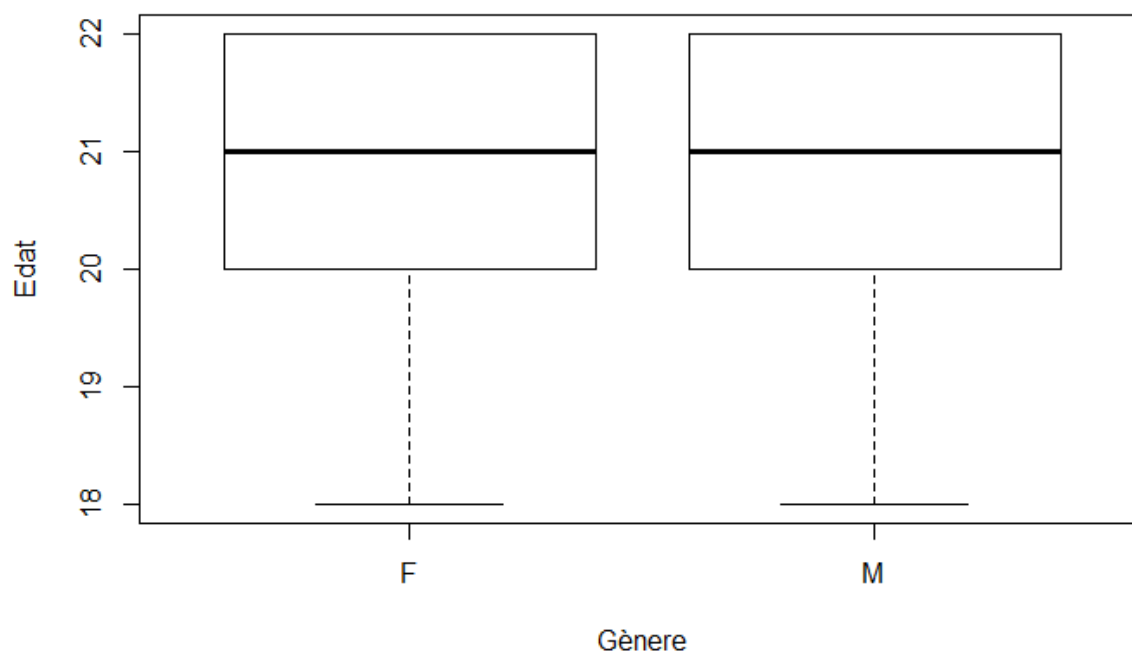


Fig. 15. *Boxplots*. Representació gràfica de la distribució d'edats segons el gènere del subjecte. Font: elaboració pròpia.

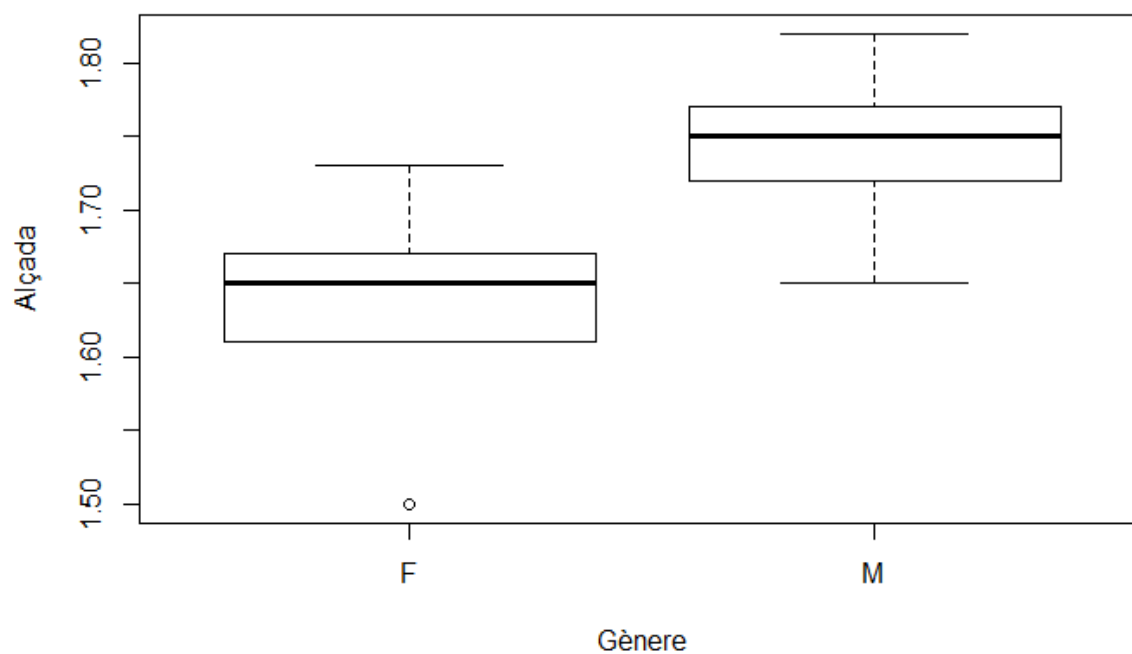


Fig. 16. *Boxplots*. Representació gràfica de la distribució de l'alçada segons el gènere del subjecte. Font: elaboració pròpia.

### 5.3. L'experiment

En aquest experiment es calculen dues habilitats cognitives que es poden desenvolupar fàcilment amb els jocs de tipus *shooter*, que són la coordinació mà-ull i el temps de reacció. El temps de reacció es mesura amb un test extern, el qual mesura el temps de reacció a partir d'un estímul senzill, en aquest cas un canvi de color de la pantalla. Els subjectes ho han de fer cinc vegades i es fa la mitjana aritmètica, calculada en mil·lisegons. La coordinació mà-ull es calcula a partir del test COOR, el qual avalua la precisió del subjecte. En aquest estudi s'agafa la estadística de precisió que proporcionen els mateixos jocs per tal de calcular la coordinació mà-ull.

La durada de la sessió és d'uns 20/30 minuts per subjecte, depenent de l'habilitat de cadascú. En total els subjectes fan un total de quatre sessions, una per setmana durant quatre setmanes. Cada subjecte jugarà a quatre jocs diferents, els quals repetirà a les sessions següents. La dificultat dels jocs pot variar segons l'habilitat del subjecte i segons es senti més còmode o menys. Generalment són partides ràpides i permeten detectar fàcilment la millora de l'individu en diferents entorns. Els jocs que han jugat els subjectes són descrits a continuació.

#### 5.3.1. Space Pirate Trainer

El primer joc escollit és l'*Space Pirate Trainer*, un joc on els enemics són robots alienígenes i estan en constant moviment, pel que és més difícil eliminar-los (veure figura 11). El jugador no es pot desplaçar més enllà de la zona disponible a la sala. Durant la partida tindrà a disposició diferents *power ups* per tal de facilitar l'extermini dels enemics. La mecànica principal és disparar de forma més precisa possible, per tal d'eliminar els enemics amb més eficàcia (*eyeshots*). L'altra mecànica és la d'esquivar projectils enemics; està relacionada amb la posició corporal, percepció espacial i amb el temps de reacció. Aquest joc no té nivell de dificultat, però és un joc que funciona per onades d'enemics, pel que la dificultat va augmentant exponencialment.

Les habilitats cognitives que utilitza el subjecte en aquest joc són la coordinació mà-ull, la flexibilitat cognitiva, el temps de reacció, la percepció espacial, l'atenció dividida, el camp visual, la percepció auditiva i la memòria a curt termini, entre d'altres.

#### 5.3.2. Zombie Buster VR

El segon joc escollit és el *Zombie Buster VR*, on el subjecte es troba en una posició estàtica i se li van apropant *zombies*. El subjecte haurà de sobreviure durant dos minuts a l'assetjament i intentar apuntar de la forma més precisa possible per donar el tret al cap als *zombies*, ja que així moren de forma instantània. Els *zombies* estan en moviment constant i irregular, pel que és més complicat pel subjecte eliminar-los. Hi ha tres tipus de dificultat, fàcil, normal i difícil.



Fig. 17. Imatge extreta del *gameplay* de *Zombie Buster VR*. Font: realovirtual (2017).

Les habilitats cognitives que utilitza el subjecte en aquest joc són les mateixes que en l'*Space pirate trainer* (5.1). Tot i així la capacitat d'estimació en aquest joc no s'exercita tant, ja que els *zombies* no es mouen tant ràpid com els robots i no segueixen patrons predeterminats.

### 5.3.3. John Wick VR

El tercer joc és el *John Wick VR*, on el subjecte s'endinsa a la pell de l'assassí John Wick i on haurà de sobreviure als enemics que se li vagin aproximant. El subjecte té tres dificultats per escollir. Ja dins del nivell haurà de decidir quina arma prefereix, si pistola, subfusil o granades i eliminar de la forma més eficaç a tots els enemics. Aquest joc és molt útil ja que és el més realista a nivell de gràfics i dóna les dades de precisió.

En aquest videojoc es posen a prova les mateixes habilitats cognitives que en l'*Space pirate trainer* i el *Zombie Buster VR*, amb la diferència que les armes són més realistes i menys precises, pel que el jugador haurà de posar més esforç en la coordinació mà-ull i en l'atenció focalitzada.





Fig. 18. Imatge extreta del gameplay de John Wick VR. Font: roadtovr (2017).

#### 5.3.4. Sairento VR

El quart joc és el *Sairento VR*, un joc on el subjecte es converteix en un samurai armat. El jugador pot escollir si matar amb pistoles o amb les *katanes*, però com l'estudi tracta sobre la coordinació mà-ull doncs se'ls hi exigeix un mínim de baixes amb arma de foc. Aquest joc és diferent i on els subjectes solen tenir més precisió, ja que com s'ha comentat anteriorment, el joc permet el desplaçament a partir del teletransport i això permet que el subjecte s'apropi més als enemics per tal de disparar-los i millorar la precisió.



Fig. 19. Imatge extreta del gameplay de *Sairento VR*. Font: uploadvr (2018).

La realització de l'estudi sobre la millora del temps de reacció i velocitat de processament es basa en que el subjecte fa la prova de temps de reacció a través d'un test d'internet (Wazzia, 2016), on el subjecte ha de prémer el botó del ratolí quan la pantalla canvia de color. Ha de realitzar aquesta prova cinc vegades per obtenir la mitja de mil·lisegons, com s'ensenya a la figura 20. Les següents setmanes s'estarà posant a prova el temps de reacció fent l'entrenament designat amb RV i amb els jocs esmentats anteriorment. Finalitzat l'entrenament se li comprova el temps de reacció fent servir el mateix test, pel que aconseguim un test *pre-post* on se li determina la diferència de temps de reacció de la primera sessió envers l'última.

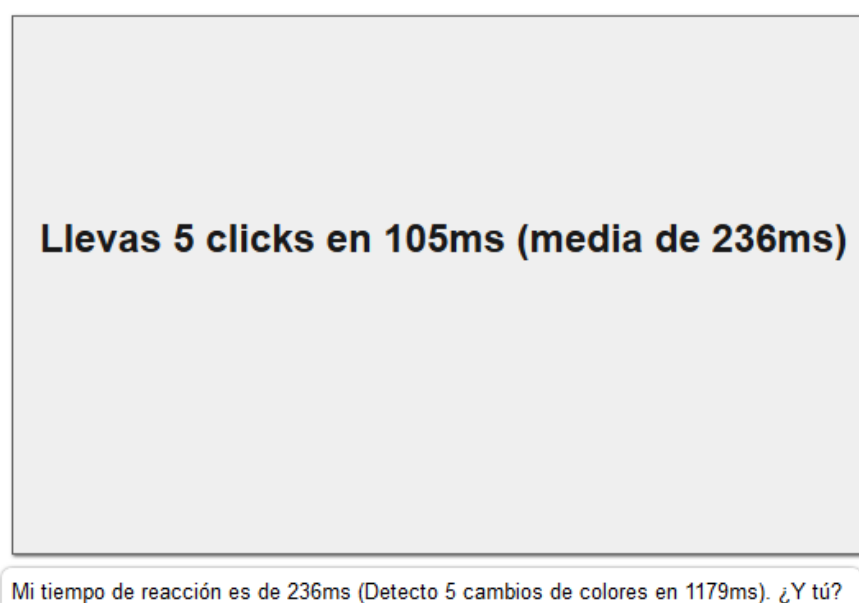


Fig. 20. Captura de pantalla del test Wazzia de temps de reacció. Font: elaboració pròpia.

La realització de l'estudi sobre la coordinació oculo-motriu es basa en el test de precisió COOR (Cognifit, 1999), però donat que és impossible accedir a aquest test es mesura la precisió a partir de les estadístiques donades pels mateixos jocs, com per exemple el *John Wick* i el *Sairento VR*. Aquestes estadístiques venen donades per aquests jocs quan s'acaba de completar el nivell, i són recopilades per tal d'analitzar-les posteriorment.

A l'hora de demostrar les hipòtesis s'han de tenir en compte diferents variables que poden influir a l'hora de desenvolupar les habilitats cognitives. Aquestes són l'edat, l'alçada, el nivell d'estudis i el fet de si els subjectes són jugadors habituals o no. Les dues primeres variables no són influents a l'hora de demostrar el nivell d'habilitats cognitives, ja que l'estudi va enfocat a gent jove d'entre 18 i 22 anys, però sí són importants per identificar els subjectes segons les seves capacitats fisiològiques.

De cadascun dels jocs esmentats anteriorment s'analitzaran les dades més rellevants per determinar si el subjecte ha tingut una evolució de la coordinació oculo-motriu. De l'*Space pirate trainer* s'analitza la puntuació total, l'última onada d'enemics, el màxim *combo* de trets seguits, els trets al centre (*eyeshots*) i els projectils esquivats. Del *Zombie Buster* s'analitzen els monstres eliminats, el *hit combo* (número seguits de trets sense fallar), els *head shots*, la vida restant i la puntuació final. D'aquí s'estableix una relació entre monstres morts i quants han sigut d'un tret al cap, per determinar la millora de la precisió. Del joc de *John Wick* es recopilen les dades de la precisió, el temps que tarda en completar el nivell i la puntuació total. Finalment, del joc de *Sairento VR* en podem extreure moltes variables, però ens quedem amb la d'enemics eliminats, el temps total i la precisió.

Les dades s'analitzen a partir del test Wilcoxon, el qual s'utilitza per l'anàlisi de dues mostres, ja siguin aparellades o no. El test Wilcoxon és un test per contrastar hipòtesis no paramètriques, el que significa que el volum de subjectes analitzats és menor a 30, pel que ja es pot suposar que no és una mostra normalitzada i sortiran valors atípics.



## 6. Cronograma



En la primera entrega, la proposta de TFG, es va plantejar la idea inicial de fer un estudi per tal d'analitzar si les habilitats cognitives milloraven si es veien exercitades dins d'un entorn de RV. No s'havien especificat quines habilitats cognitives s'avaluarien ni el mètode per analitzar-les, però al haver-hi antecedents de recerca el treball era factible. Seguidament es va adjudicar el tutor al treball, Ester Bernadó, experta en anàlisi de dades i estadística, la qual faria el seguiment de tot el treball.

En la creació de l'avantprojecte es comença a indagar en la informació més important del projecte i a redactar el Marc Teòric que defineix el treball. També es comença a desenvolupar un disseny metodològic, però molt genèric. Tot seguit, en la memòria intermèdia no va haver-hi molt marge de temps degut a les múltiples ocupacions durant aquest període de temps, per tant només hi ha cert progrés en el Marc Teòric i en el plantejament de l'experiment. Es corregeixen els principals errors de l'avantprojecte.

A partir de l'abril les coses s'agilitzen gràcies al temps que no es tenia que dedicar a les assignatures de la universitat, pel que es pot centrar en aquest treball. Es comença a posar en pràctica l'estudi i la metodologia desenvolupada per la memòria intermèdia i el 2 d'abril es comença a realitzar l'estudi, amb els subjectes disposats a realitzar una sessió per setmana durant el més vinent. S'està fins a mitjans de maig per acabar totes les sessions amb tots els subjectes, ja que alguns subjectes no van ser regulars del tot a l'hora de fer l'estudi, sobretot per motius personals. Les setmanes que queden fins a acabar el maig es realitza l'anàlisi de les dades i la redacció del resultat de les hipòtesis. També s'acaba de perfilar el Marc Teòric, els antecedents de recerca i els resultats i conclusions, abans de fer l'entrega de la Memòria Final.

Després de l'entrega final es modifiquen certs sub apartats del Marc Teòric perquè el fil argumental del treball sigui més coherent i els blocs del treball quedin més ben estructurats. Amb tot això, el treball està llest per entregar-lo físicament.

## 7. L'estudi, anàlisi d'hipòtesis

Com ja s'ha esmentat anteriorment, les habilitats cognitives són avaluables i tenim la capacitat per millorar-les constantment. Depenent de l'exercici que es realitzi es poden millorar diverses habilitats cognitives i, depenent de l'entorn on estiguem sotmesos, ho farem d'una forma o d'una altra. Com es comunica a la part de metodologia, l'estudi és clar. Els subjectes han de realitzar un entrenament de quatre sessions en RV (HTC Vive, 3.1.3), on juguen a quatre jocs tipus *shooter*, els quals tenen la capacitat de posar el subjecte dins d'un entorn hostil. Un cop dins, el subjecte ha d'estar atent a diferents estímuls per tal de sobreviure i completar els diferents nivells fent servir les armes virtuals proporcionades pels diferents videojocs.

A la primera sessió, abans de jugar, els subjectes són avaluats sobre el seu temps de reacció amb un test extret d'internet. Al final de la primera sessió se'ls avalua sobre la coordinació mà-ull, determinat pel percentatge de precisió que obtenen en els diferents jocs. Una vegada completades les quatre sessions exigides per participar a l'estudi, els subjectes són avaluats tant del temps de reacció com de la coordinació mà-ull obtinguda a l'última sessió. Així es crea un test *pre-post* per tal de determinar l'evolució de les habilitats cognitives esmentades i poder demostrar les hipòtesis plantejades.

### 7.1. Hipòtesi 1: jugar a videojocs en RV millora les habilitats cognitives del subjecte.

En molts videojocs, sobretot en els de gènere d'acció, es posen a prova les habilitats cognitives. També ocorre en els de tipus puzzle, on es posa a prova la flexibilitat cognitiva, com en un joc de tipus *shooter* on es posen a prova el temps de reacció i la coordinació mà-ull, entre d'altres.

Per comparar, en aquest cas, dues mostres aparellades, s'elabora un test de Wilcoxon (Rey i Neuhäuser, 2011), comparant les observacions del temps de reacció i la coordinació mà-ull de les dues mostres, en aquest cas aparellades.

```
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
```

```
data: TempsReaccio.1 and TempsReaccio.2
W = 162, p-value = 0.003513
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

```
Wilcoxon rank sum test
```

```
data: C.mu.1 and C.mu.2
W = 30, p-value = 0.001183
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Generem un test Wilcoxon amb la diferència del temps de reacció entre la primera i l'última sessió i el mateix amb la coordinació oculo-motriu. El que es pot observar és que el *p-value* en els dos casos ( $p = 0.003513$  i  $p = 0.001183$ ) és menor que el nivell de significança, que en aquest cas com en la majoria de tests, és del 0.05, per tant podem afirmar que es pot rebutjar la hipòtesi nul·la.

Fent aquest test s'arriba a la conclusió que les hipòtesis plantejades per demostrar la millora de les habilitats cognitives són vàlides i que els valors d'aquestes millores són significatius.

## 7.2. Hipòtesi 2: jugar a videojocs en RV millora el temps de reacció

El temps de reacció s'ha mesurat, com s'especifica a l'apartat de metodologia, a través d'un test extret d'internet, on al subjecte ha de reaccionar davant d'un estímul simple (Temps de reacció, 3.2.2). Ha de fer aquesta operació cinc vegades per obtenir una mitjana aritmètica representativa. Com en la resta de dades obtingudes, es fa una comparació entre les dades obtingudes a la primera sessió i a l'última. D'aquestes dades es fa una comparació per poder observar la diferència de temps de reacció després de l'entrenament.

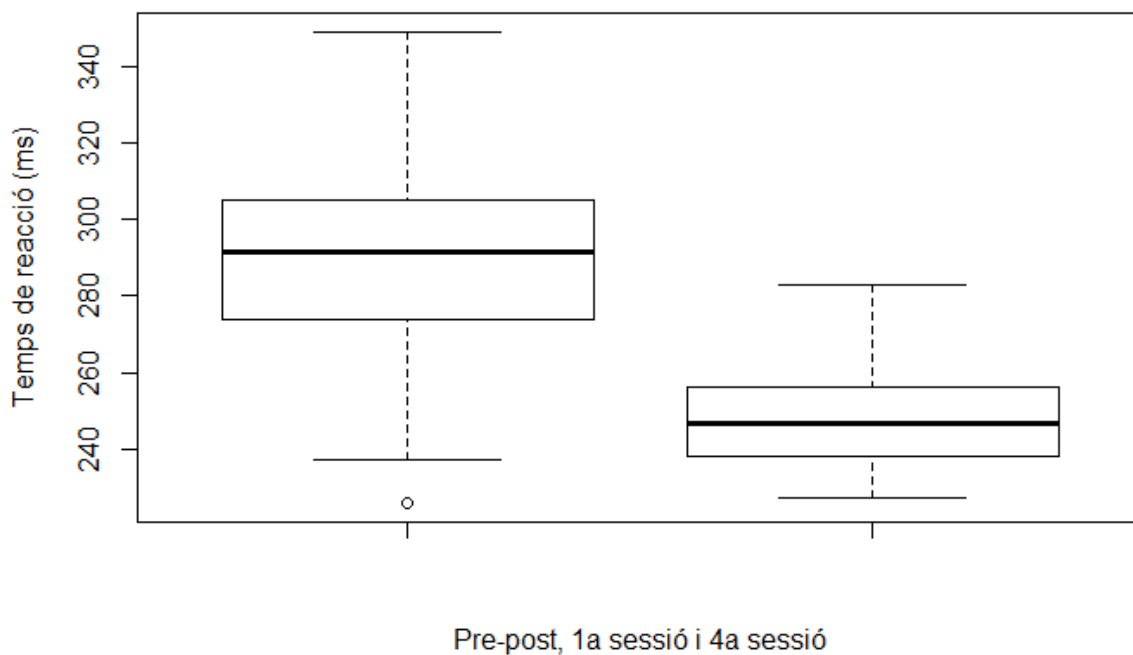


Fig. 21. Histograma. Figura que representa la distribució dels subjectes segons els seu temps de reacció (en mil·lisegons o “ms”) en la primera sessió.

Font: elaboració pròpia.

Com es pot observar a la figura 21, la distribució en la 1a sessió està centralitzada entre els 260ms i els 300ms. El valor de la mitjana del temps de reacció de la primera sessió és de 288,29ms. En la mateixa figura es pot observar com la distribució de les observacions en la 4a

sessió canvia cap a valors inferiors. Això ens indica que hi ha una millora visible del temps de reacció, ja que ara la mostra està centralitzada entre els 230ms i els 250ms. La mitjana del temps de reacció a l'última sessió és de 249,3ms.

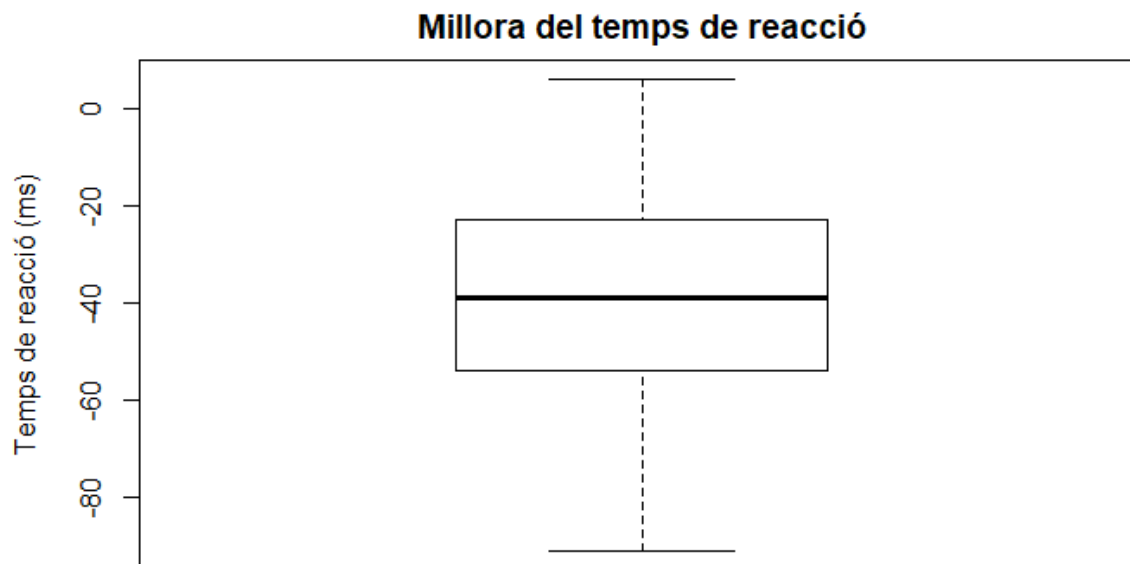


Fig. 22. *Boxplot*. Figura que representa la diferència de temps de reacció entre la primera i última sessió. Font: elaboració pròpia.

A la figura 22 es pot observar com tots els subjectes menys un han millorat el seu temps de reacció, el que porta a la conclusió de que jugar a videojocs de tipus *shooter* dins d'un entorn de RV millora el temps de reacció dels subjectes. Es pot observar que la mitjana és de 40ms de millora. La desviació estàndard de la mostra del temps de reacció és de 26.28ms.

L'únic subjecte que no ha millorat el seu temps de reacció és el subjecte que tenia el temps de reacció més baix a la primera sessió, 226ms, el qual és molt difícil de millorar. Aquest és un valor atípic. El  $p$ -value = 0.003513, obtingut a partir del test Wilcoxon. Per tant es pot rebutjar la hipòtesis nul·la.

### 7.3. Hipòtesi 3: jugar a videojocs en RV millora la coordinació mà-ull.

La coordinació mà-ull o oculo-motriu s'avalua a partir del test de precisió, el qual no és necessari ja que els jocs tipus *shooter* escollits en aquest estudi ja proporcionen les dades de precisió dels subjectes. Al final de la primera sessió es calcula la precisió de cada subjecte fent la mitjana de la precisió (calculada en %) obtinguda del videojoc *John Wick* i *Sairento VR*.

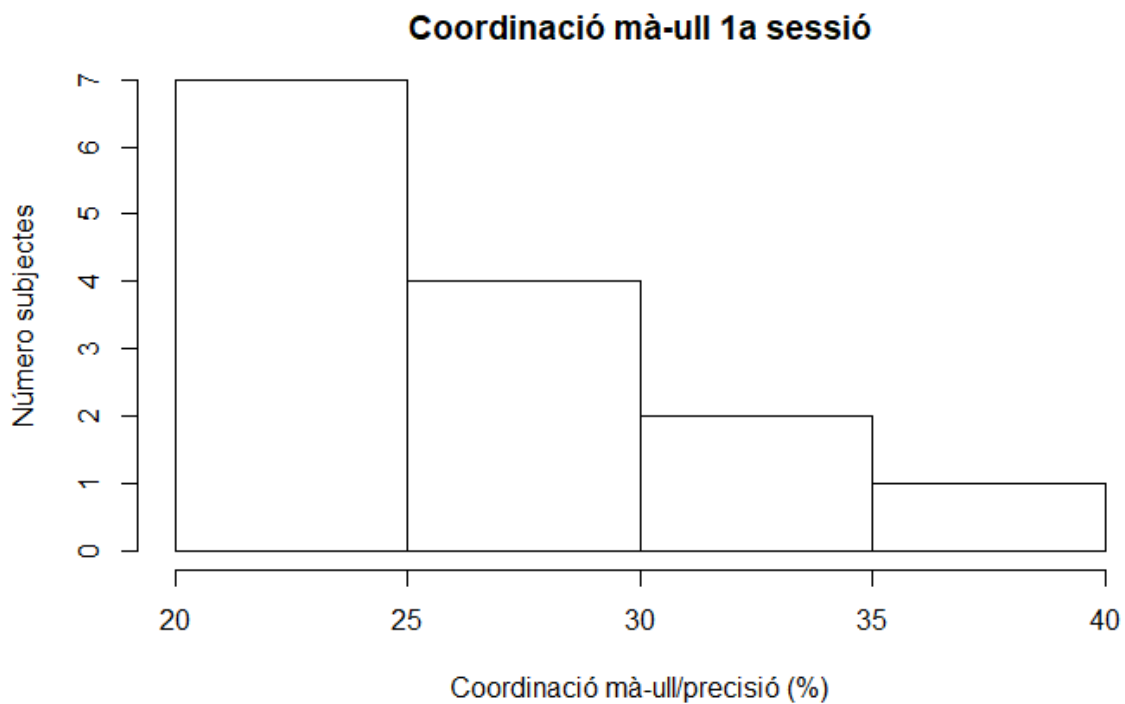


Fig. 23. Histograma. Figura que indica la distribució dels subjectes segons la seva coordinació mà-ull (precisió) durant la 1a sessió. Font: elaboració pròpia.

En la figura 23 s'observa que, en la primera sessió d'entrenament, la majoria de subjectes es troben en un rang de precisió entre el 20% i el 25%. A mesura que la coordinació mà-ull és més elevada es troben menys subjectes que arribin a tal grau de precisió. La mitjana de precisió de la primera sessió és de 26,44%.

En la figura 24 s'observa que la distribució dels subjectes segons la seva precisió varia considerablement, comparant amb la primera sessió. Els subjectes es centren en el rang entre 30% i 35% de precisió. També hi ha varis subjectes que superen el 40% de precisió. La mitjana de precisió de l'última sessió és de 35,66%.

En la figura 25 s'observa que la distribució de la majoria dels subjectes es troba entre un 3% i un 15% de millora. La mitjana aritmètica de millora dels subjectes està en un 9,2%. La desviació estàndard de la coordinació mà-ull és del 6.54%.

S'elabora un test Wilcoxon per demostrar si hi ha una diferència significativa de la precisió entre la primera i l'última sessió. S'obté un p-value = 0.001183, pel que es pot rebutjar la hipòtesi nul·la.

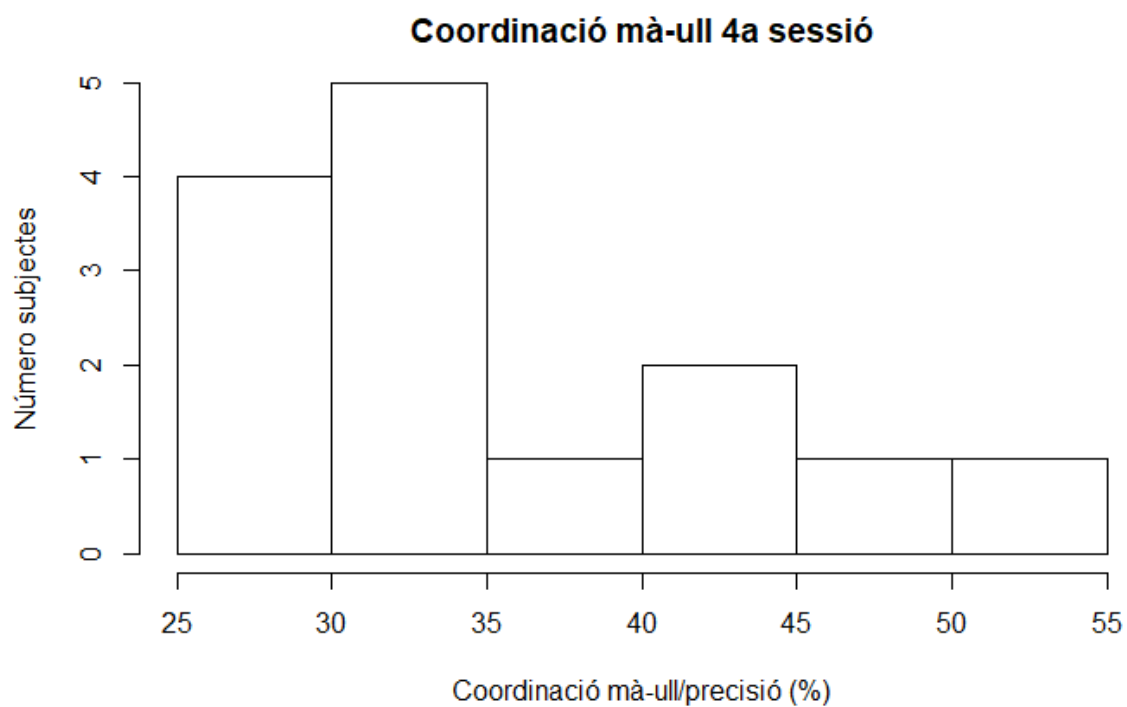


Fig. 24. Histograma. Figura que indica la distribució dels subjectes segons la seva coordinació mà-ull durant la 4a sessió. Font: elaboració pròpia.

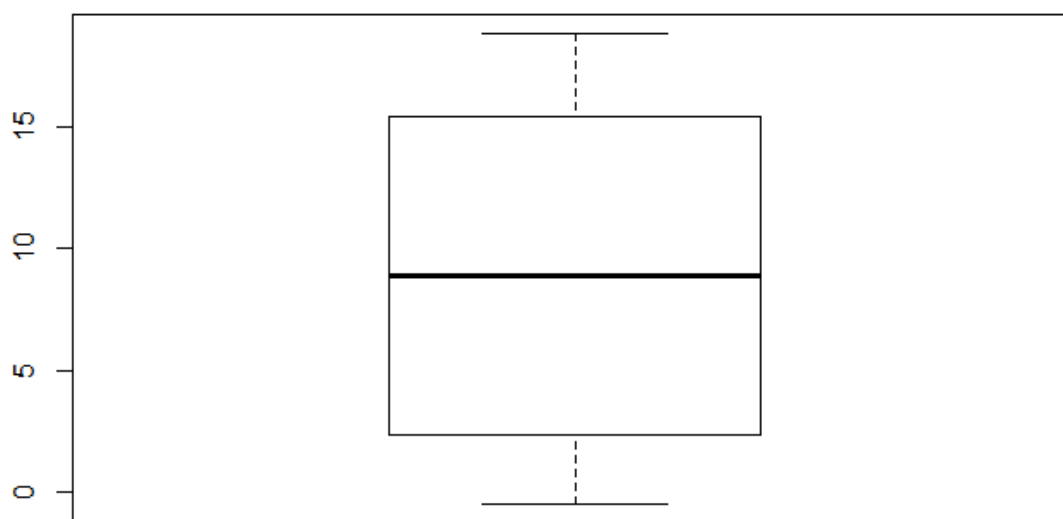


Fig. 25. *Boxplot*. Figura que indica la distribució dels subjectes segons la seva millora de la coordinació mà-ull. Font: elaboració pròpia.

## 7.4. Hipòtesi 4: els jugadors habituals tenen les habilitats cognitives més desenvolupades que els no habituals.

Segons Boot (2011) els subjectes que participen a un estudi relacionat amb videojocs i són jugadors habituals són propensos a mostrar més interès per l'estudi, ja que és una motivació inherent al subjecte. Això crea una diferència entre els subjectes que són jugadors habituals i els jugadors no habituals. Es considera jugador habitual aquella persona que juga com a mínim tres cops per setmana, en sessions de joc superiors a 30 minuts (Boudon i Felmer, 2008).

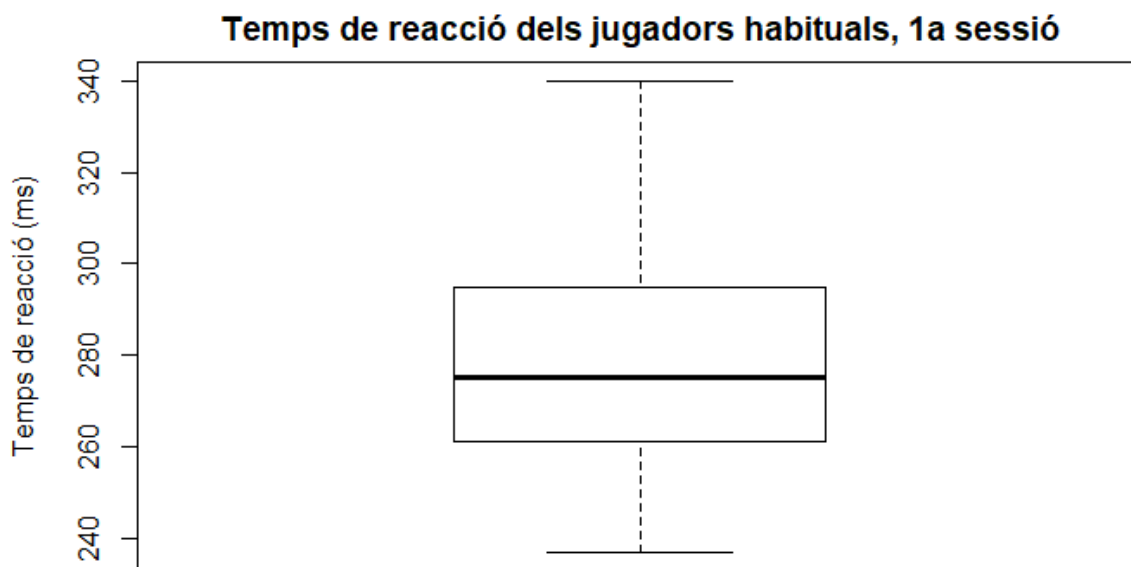


Fig. 26. *Boxplot*. Representació gràfica de la distribució del temps de reacció dels jugadors habituals en la primera sessió. Font: elaboració pròpia.

En la figura 26 s'observa que els jugadors habituals en general tenen un temps de reacció per sota dels 300ms, tot i que hi ha un subjecte no s'atén a aquesta premissa. La mitjana del temps de reacció d'aquesta part de la mostra és de 280.5ms.

En la figura 27 s'observa que els jugadors no habituals tenen un temps de reacció bastant similar, tot i que passa un cas similar a la mostra anterior, on un dels subjectes té les habilitats cognitives més desenvolupades, degut probablement a factors físics i/o d'entrenament extern, això provoca que es pugui observar un valor clarament atípic (veure 3.7.2). La mitjana del temps de reacció d'aquesta part de la mostra és de 294.12ms.

D'aquí es dedueix que el temps de reacció dels jugadors habituals és 14ms més ràpid que dels jugadors no habituals.



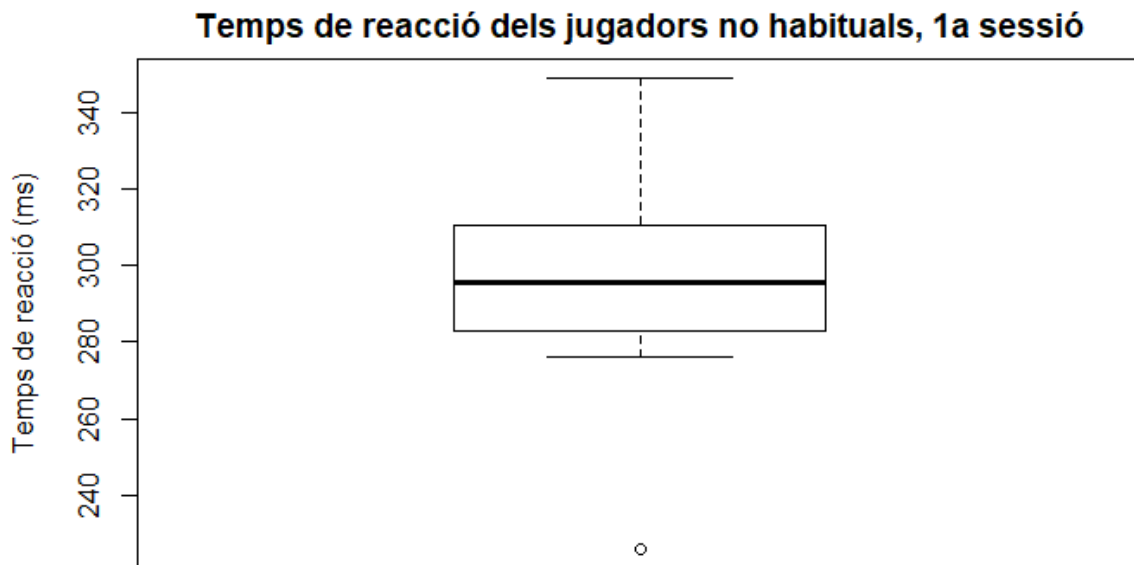


Fig. 27. *Boxplot*. Representació gràfica de la distribució del temps de reacció dels jugadors no habituals en la primera sessió. Font: elaboració pròpia.

De les habilitats cognitives analitzades s'ha parlat del temps de reacció i de la coordinació mà-ull. Ja s'ha demostrat que el temps de reacció és més ràpid en els jugadors habituals que en els no habituals. S'analitza la coordinació oculo-motriu per demostrar que els jugadors habituals la tenen més desenvolupada.

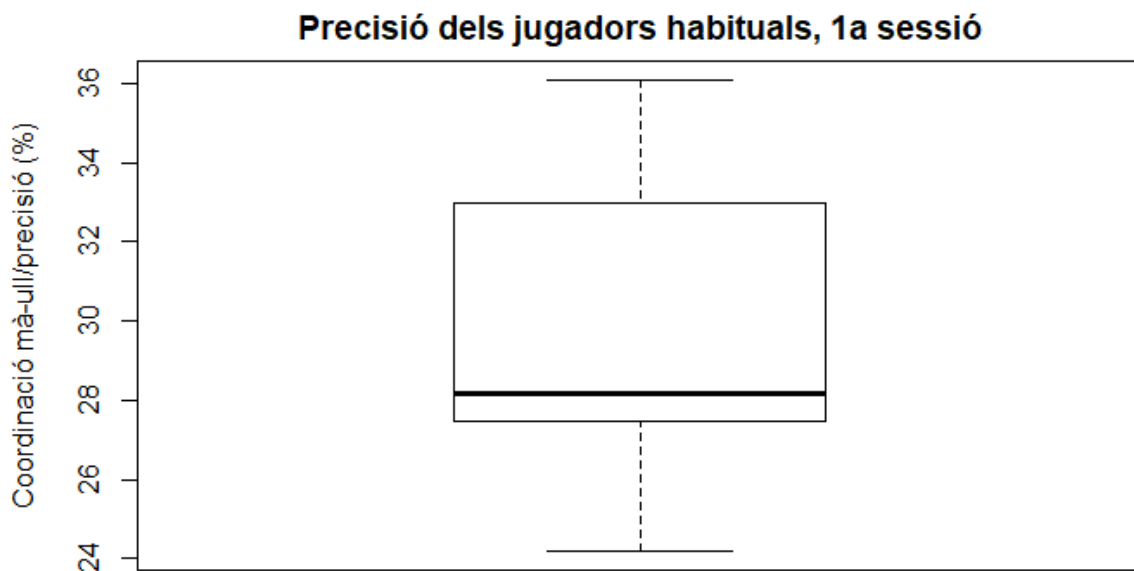


Fig. 28. *Boxplot*. Representació gràfica de la distribució de la coordinació mà-ull dels jugadors habituals en la primera sessió. Font: elaboració pròpia.

En la figura 28 s'observa que la distribució de la mostra es situa entre el 28% i el 33%. Els bigotis de la figura arriben a un mínim de 24.2% i a un màxim de 36.1%. La mitjana de precisió dels jugadors habituals és d'un 29,51%.

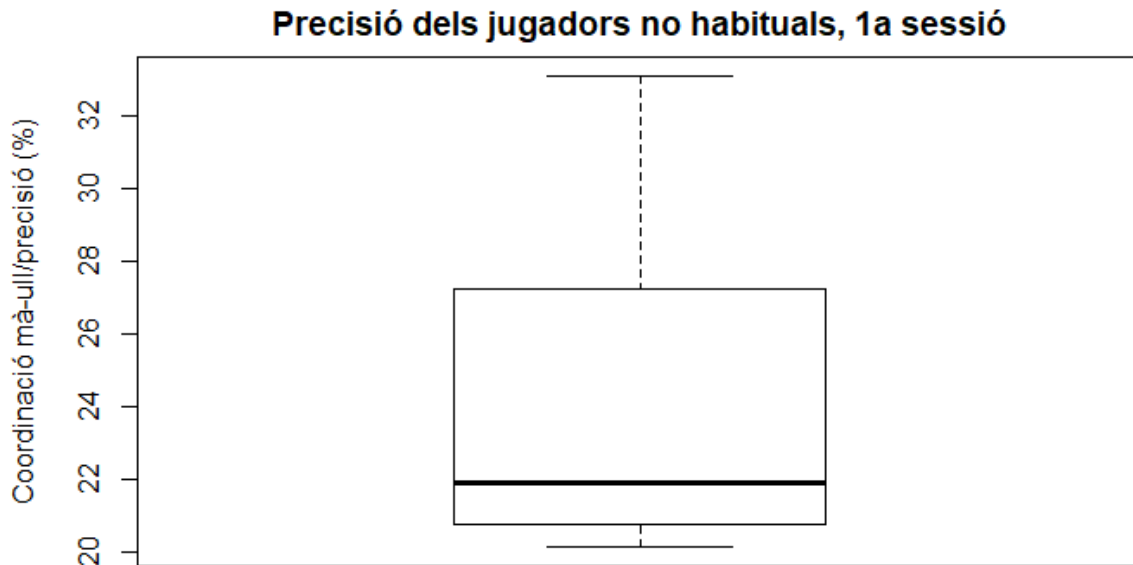


Fig. 29. *Boxplot*. Representació gràfica de la distribució de la coordinació mà-ull dels jugadors no habituals en la primera sessió. Font: elaboració pròpia.

En la figura 29 s'observa que els jugadors no habituals tenen una coordinació oculo-motriu inferior als jugadors habituals. Els jugadors no habituals es concentren en la zona entre un 21% i un 27% de precisió. La mostra s'estén des d'un mínim del 20.15% fins a un màxim del 33.1%. La mitjana de precisió dels jugadors no habituals és de 24.13%. S'observa comparant les mitjanes d'ambdues mostres que entre els jugadors habituals i els no habituals podem trobar una diferència d'un 5,4% de mitjana.

Tot i això, elaborant un test Wilcoxon, trobem que el temps de reacció té un p-value = 0.3012, per tant al ser major que el nivell de significança no es pot descartar la hipòtesi nul·la. El mateix passa amb la coordinació mà-ull, el qual trobem un p-value = 0.08125, que segueix sent superior al 0.05 de nivell de significança

## 7.5. Hipòtesi 5: els jugadors habituals milloren més que els no habituals.

Ja demostrada la hipòtesi que els jugadors habituals tenen un temps de reacció i una coordinació mà-ull més desenvolupats que les persones que no són jugadors habituals, toca demostrar si a l'hora de millorar aquestes habilitats cognitives els jugadors habituals evolucionen d'una forma més accentuada que els jugadors no habituals.

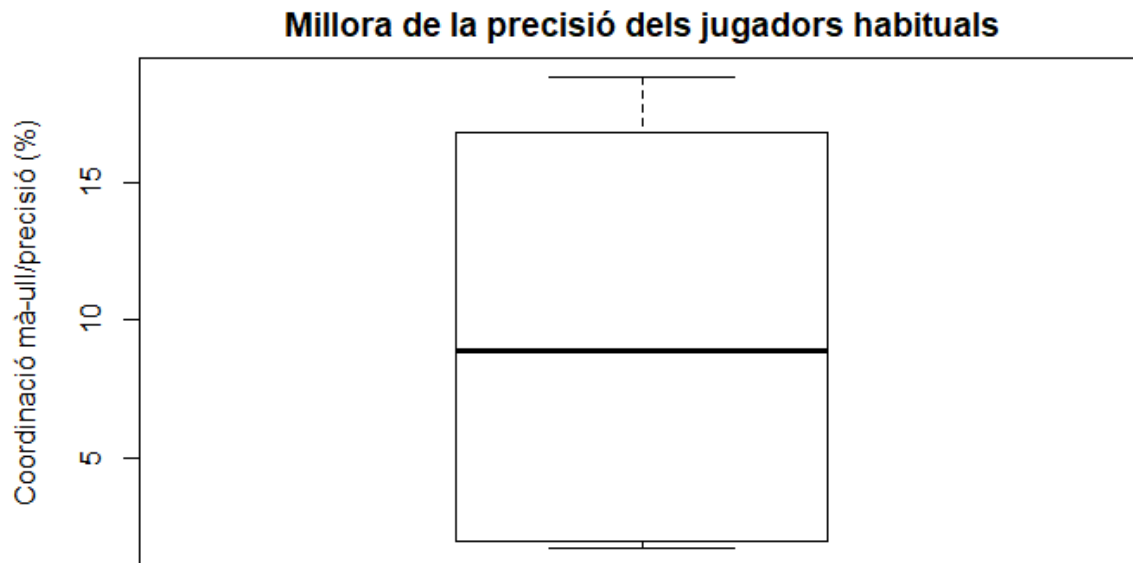


Fig. 30. *Boxplot*. Representació gràfica de la distribució de la millora de la coordinació mà-ull dels jugadors habituals. Font: elaboració pròpia.

En la figura 30 s'observa com la concentració de la mostra és molt feble, el que vol dir que els resultats són molt dispersos. Tot i això, els bigotis són curts, pel que els valors mínims i màxims no s'allunyen molt de la mitjana. El percentatge mínim de millora ha sigut d'1.75% i el percentatge màxim ha sigut de 18.85%. La mitjana de la millora en els jugadors habituals és de 9.55%.

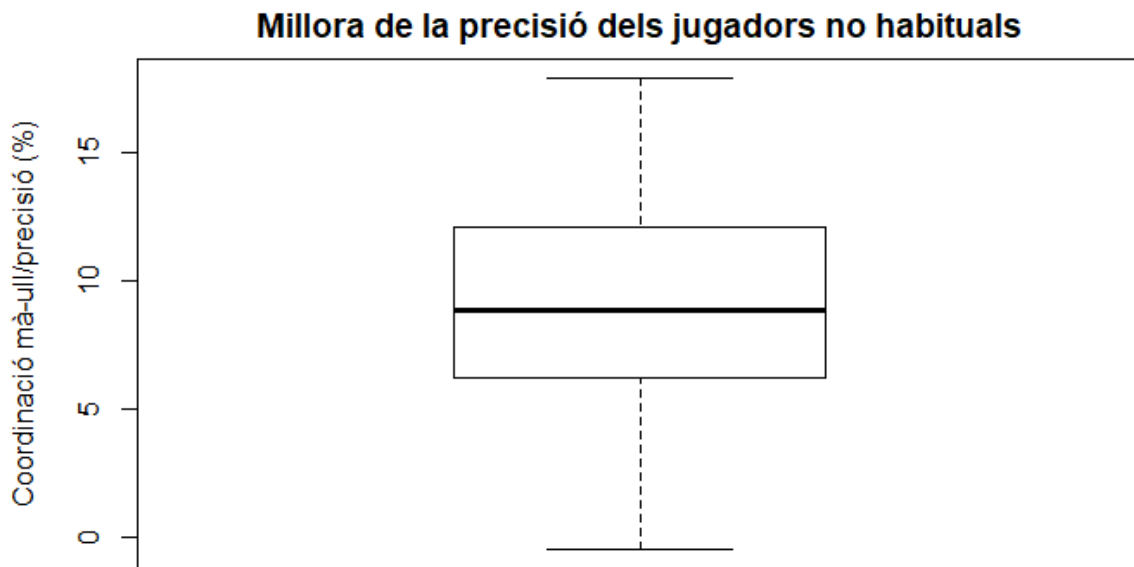


Fig. 31. *Boxplot*. Representació gràfica de la distribució de la millora de la coordinació mà-ull dels jugadors no habituals. Font: elaboració pròpia.

En la figura 31 s'observa com la millora de la mostra de jugadors no habituals està molt més concentrada que la millora de la mostra de jugadors habituals. La concentració es comprèn entre el 6% i el 12% de millora. El mínim de millora en aquest cas és negatiu, -0.45%, pel que hi ha un subjecte que no s'hi va implicar del tot en l'entrenament. El màxim de millora en aquesta mostra és del 17.95%, fet que s'aproxima molt al màxim de la mostra dels jugadors habituals. La mitjana de millora també és similar però una mica inferior, un 9% aproximadament. En aquest cas s'aplica el test de Wilcoxon per treure'n informació vàlida. En el cas del temps de reacció el p-value = 0.5741 i en el cas de la precisió el p-value = 0.4749, per tant no es pot rebutjar la hipòtesi nul·la en cap dels dos casos.

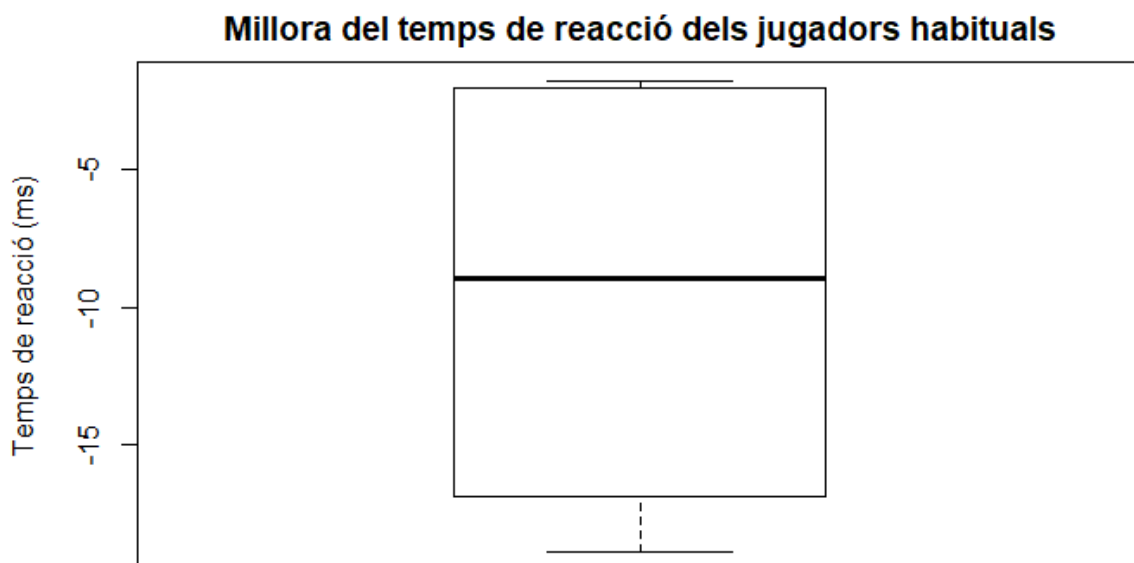


Fig. 32. *Boxplot*. Representació gràfica de la distribució de la millora de la coordinació mà-ull dels jugadors no habituals. Font: elaboració pròpia.

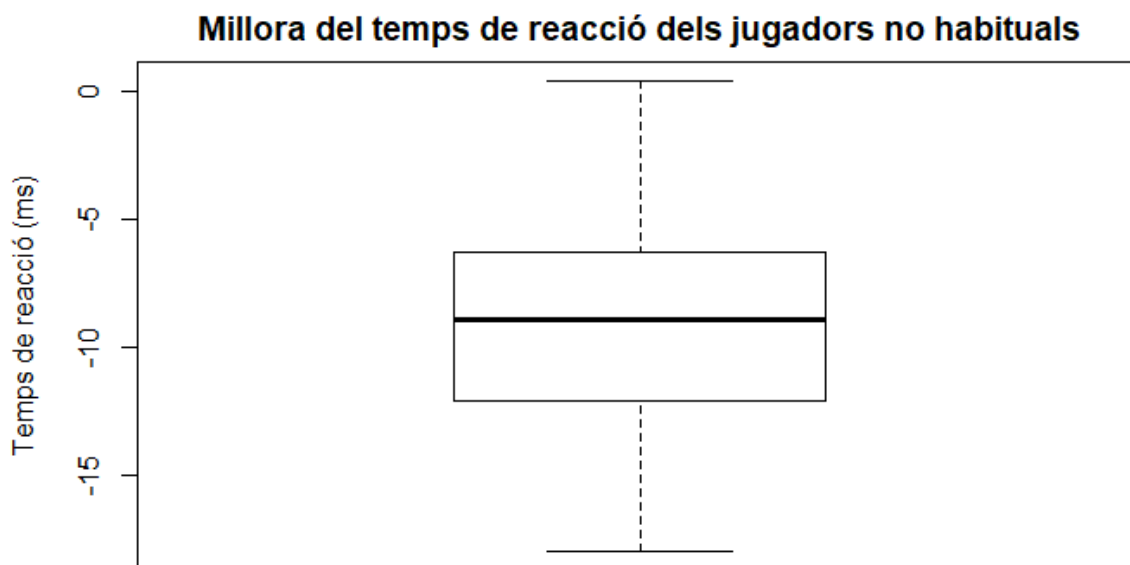


Fig. 33. *Boxplot*. Representació gràfica de la distribució de la millora de la coordinació mà-ull dels jugadors no habituals. Font: elaboració pròpia.

### **7.6. Hipòtesi 6: els jugadors amb més nivell d'estudis tenen les habilitats més desenvolupades que els jugadors amb menys nivell d'estudis.**

El nivell d'estudis pot suposar un canvi psicològic al subjecte, ja que està més acostumat a fer tasques relacionades amb certs nivells cognitius elevats, com pot ser l'atenció focalitzada, la memòria de treball, la planificació, etc. Això pot suposar un avantatge a l'hora de jugar a videojocs, ja que són habilitats que són millorables. Tot i així, tractant-se de temps de reacció i coordinació oculo-motriu s'ha de veure com es comporten.

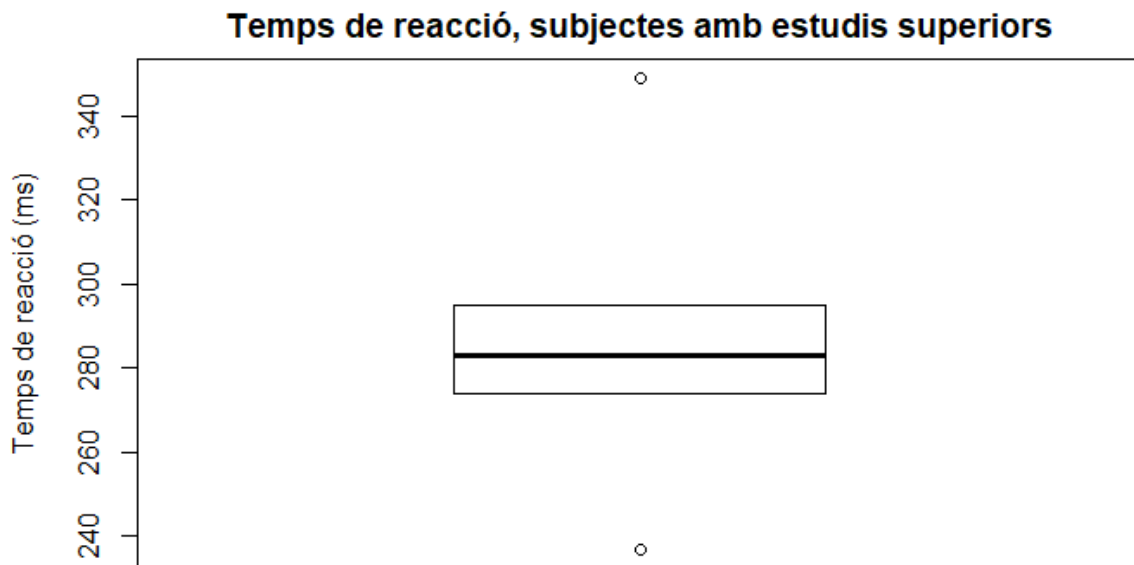


Fig. 34. *Boxplot*. Representació gràfica del temps de reacció a la primera sessió dels subjectes amb estudis. Font: elaboració pròpia.

Com es pot observar a la figura 34, la distribució d'aquesta part de la mostra es concentra al voltant dels 280ms de temps de reacció. Tot i així té dos valors molt diferenciats. La mitjana aritmètica de temps de reacció d'aquesta part de la mostra és de 286.83ms. Es pot observar que el màxim de temps de reacció és de 349ms i que el mínim és de 237ms, dos temps de reacció molt diferenciats per estar dins la mateixa mostra. Aquest és un cas clar on es podrien obviar els valors mínim i màxim per tal d'obtenir un resultat més normalitzat.

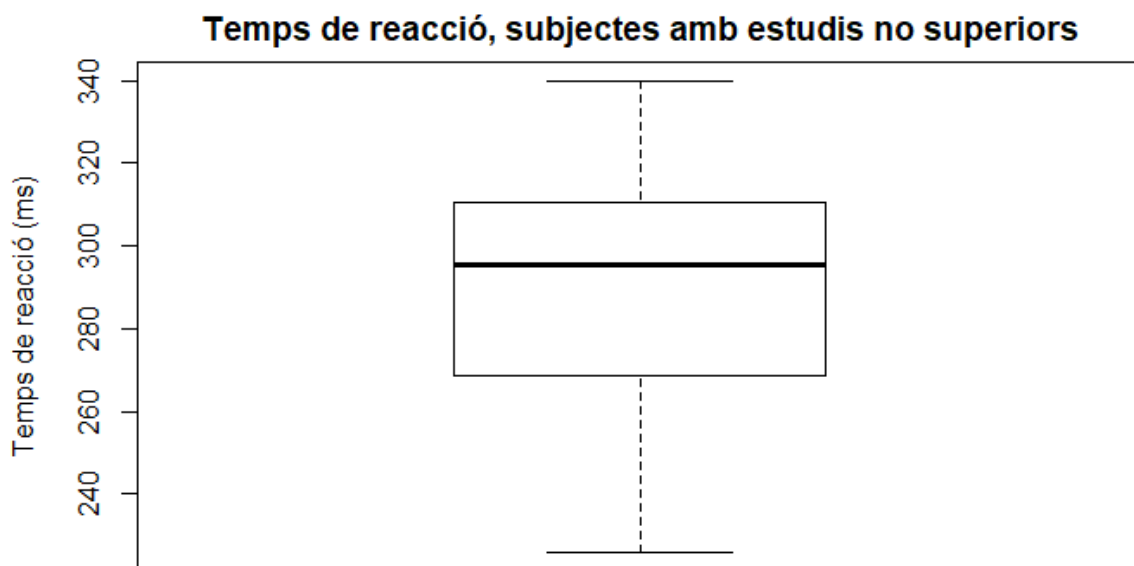


Fig. 35. *Boxplot*. Representació gràfica del temps de reacció de la primera sessió dels subjectes amb pocs estudis. Font: elaboració pròpia.

Com es pot observar en la figura 35, la distribució d'aquesta part de la mostra es concentra entre el temps de reacció de 270ms i els 310ms, amb una mitjana de 289.37ms. Com la figura 7.6.1, aquesta també es poden observar valors molt diferenciats. El màxim temps de reacció en aquesta part de la mostra és de 340ms i el mínim és de 226ms, el qual es pot observar una situació similar a l'anterior.

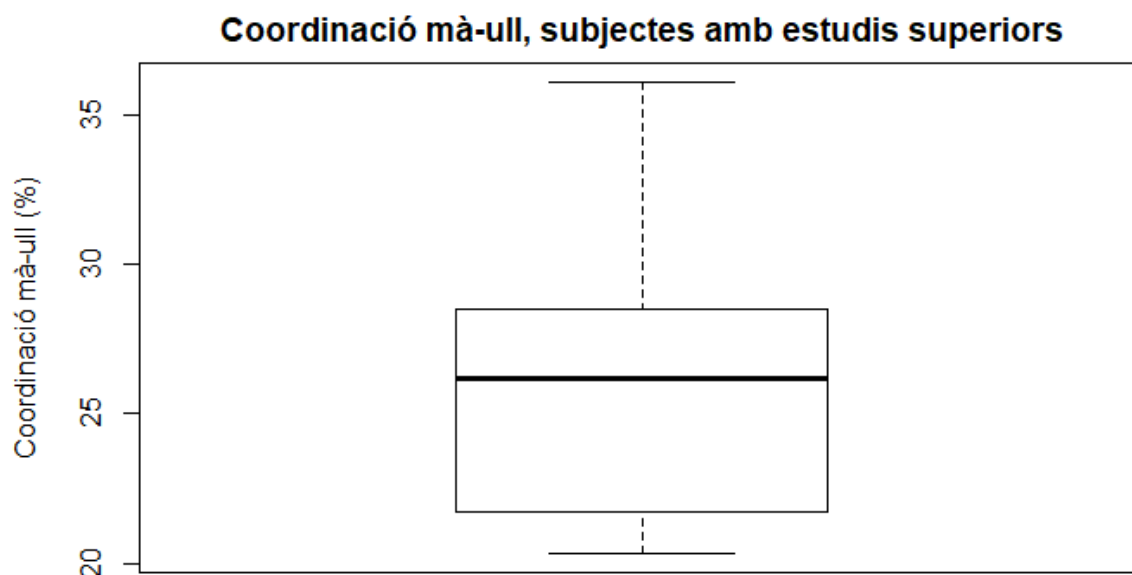


Fig. 36. *Boxplot*. Representació gràfica de la coordinació mà-ull (precisió) de la mostra de jugadors amb estudis. Font: elaboració pròpia.

En quant al nivell de precisió dels subjectes amb el nivell d'estudis més alt es pot observar en la figura 36 que es distribueix sobretot entre un 22% de precisió i un 28%. El percentatge de precisió mínim d'aquesta mostra és d'un 20.35% i el percentatge màxim és d'un 36.1%, amb una mitjana d'un 26.5%, pel que es pot dir que la mostra és bastant irregular i heterogènia.

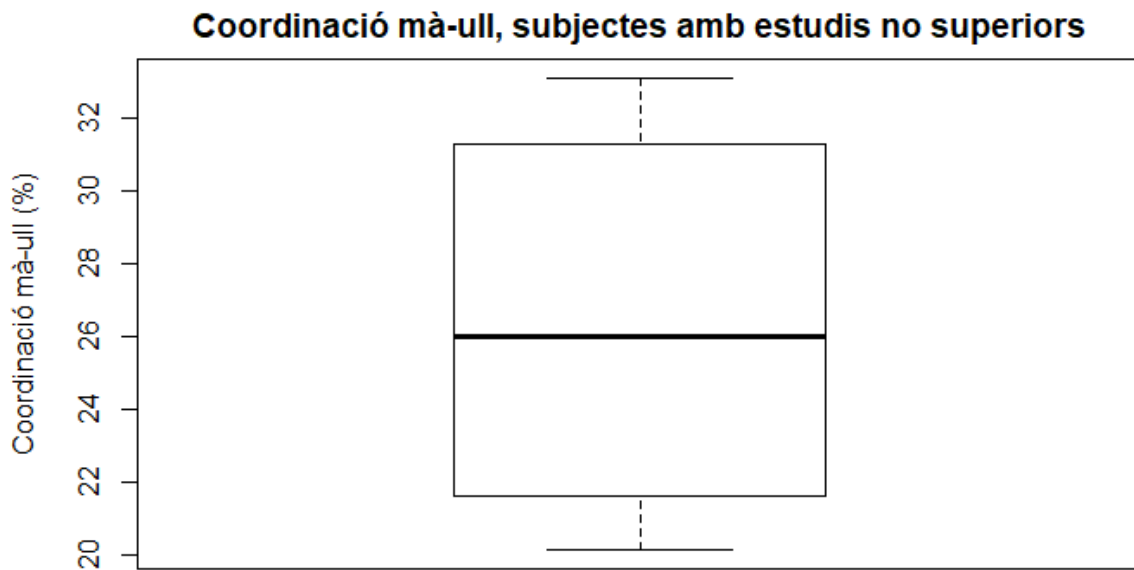


Fig. 37. *Boxplot*. Representació gràfica de la coordinació mà-ull de la mostra de jugadors amb pocs estudis. Font: elaboració pròpia.

Com s'observa en la figura 31 la mostra està més dispersa que en la figura 30, però a la vegada els valors mínim i màxim no estan tant desviats de la mitjana aritmètica. El valor mínim de precisió d'aquesta mostra és de 20.15% i el valor màxim és de 33.1%. La mitjana és del 26.38%, pel que fa que sigui una mostra no tant concentrada però amb menys desviació entre valors.

Fent el test Wilcoxon s'arriba a la conclusió, comparant els temps de reacció i la coordinació mà-ull, que no hi ha una diferència clara d'aquestes habilitats cognitives entre les dues mostres, ja que el p-value dels dos tests són, pel temps de reacció p-value = 0.6974 i per la coordinació mà-ull p-value = 0.5251. Com són més grans que l'índex de significança (0.05) podem dir que no es pot rebutjar la hipòtesi nul·la.



### 7.7. Hipòtesi 7: els jugadors amb més nivell d'estudis milloren més que els jugadors amb menys nivell d'estudis.

Com ja s'ha comprovat a la hipòtesi 9.6, els jugadors amb més estudis no han de tenir necessàriament les habilitats cognitives més desenvolupades, pel que s'intenta demostrar si els jugadors amb més nivells d'estudis tenen més facilitat a l'hora de millorar les seves habilitats cognitives.

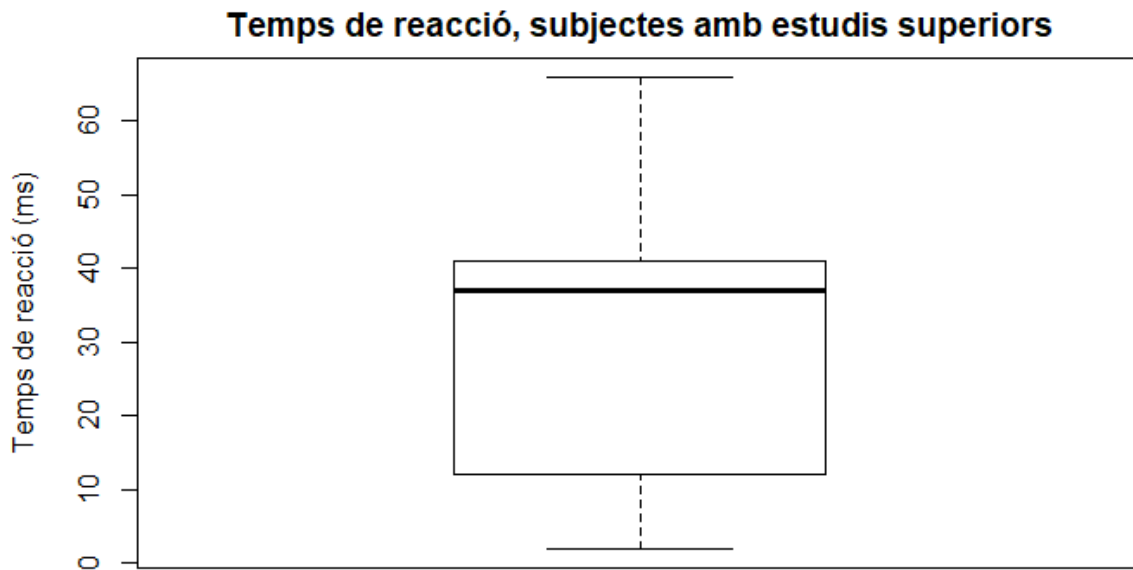


Fig. 38. *Boxplot*. Representació gràfica de la millora del temps de reacció en els subjectes amb un nivell alt d'estudis. Font: elaboració pròpia.

En la figura 38 es pot observar que la distribució normal de la mostra es troba entre els 12ms i els 42ms de millora. La mitjana de millora del temps de reacció d'aquesta mostra es troba en els 32.5ms. Tot i això, els bigotis tenen una desviació bastant alta respecte la mitjana aritmètica, on es pot trobar el valor mínim en 2ms de millora i el valor màxim en 66ms. Això mostra el mateix patró que en la hipòtesi 9.6, on es pot observar l'heterogeneïtat de la mostra.

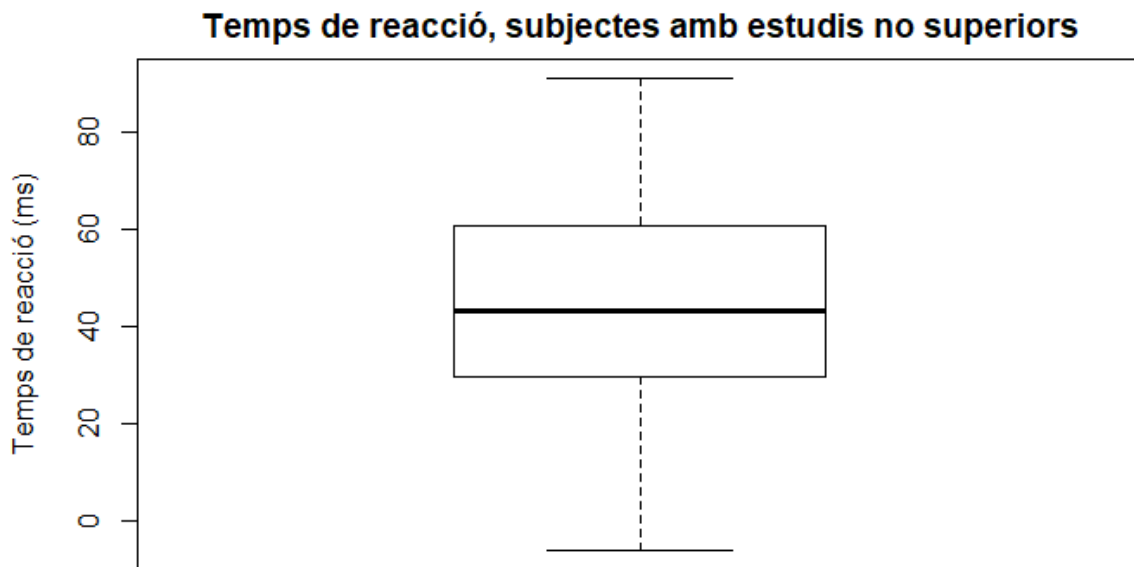


Fig. 39. *Boxplot*. Representació gràfica de la millora del temps de reacció dels subjectes amb un nivell d'estudis baix. Font: elaboració pròpia.

En la figura 39 es pot observar una distribució més concentrada, respecte el mínim i el màxim dels valors, representats pels bigotis. El mínim en aquest cas és de -6ms, el que indica que un subjecte no va millorar el seu primer resultat. El màxim de millora és de 91ms, el que indica una enorme millora per part d'un subjecte. La mitjana de millora en els jugadors amb un nivell d'estudis baix és de 43.87ms, una mitjana més alta que la de la mostra de jugadors amb nivell d'estudis alts. Es fa un test Wilcoxon comparant la millora de les dues parts de la mostra, tant amb el temps de reacció (p-value = 0.7996) com amb la coordinació mà-ull (p-value = 0.2068). Amb els resultats donats es pot concloure que, com en la hipòtesi 7.6, no es pot descartar la hipòtesi nul·la, per tant no es pot confirmar que es compleix la hipòtesi.

En la figura 40 es pot observar la distribució de les observacions segons la millora de la coordinació mà-ull de la mostra discriminada segons el nivell d'estudis. El p-value comentat anteriorment sobre la coordinació mà-ull ens mostra que hi ha certa aproximació amb la hipòtesi però no és del tot conclouent.

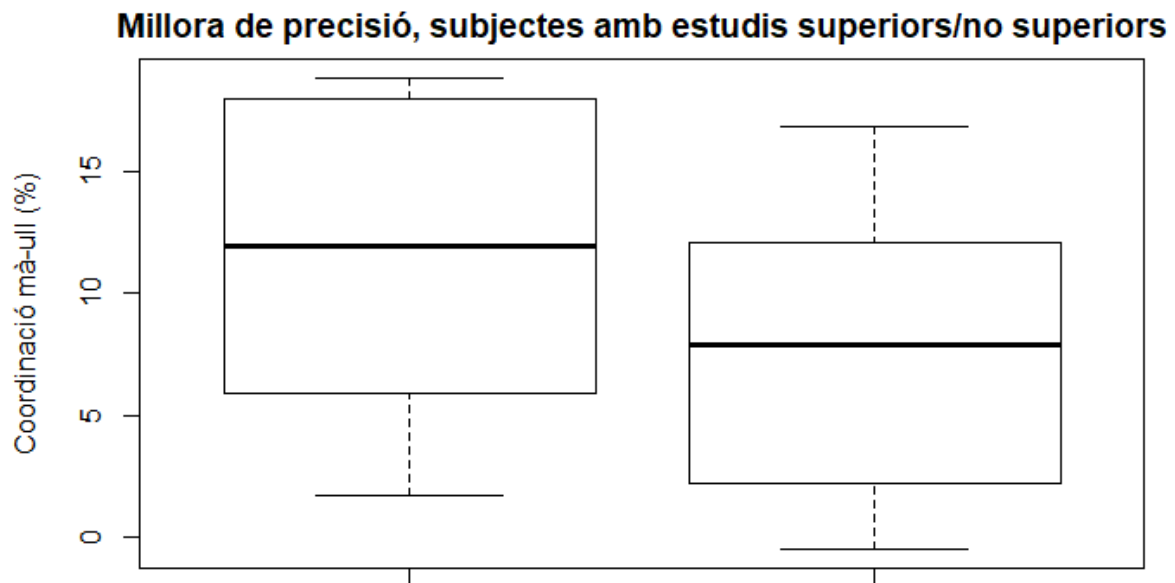


Fig. 40. Boxplots comparatius, precisió (%) dels subjectes amb estudis superiors i no superiors. Font: elaboració pròpia.

### **7.8. Hipòtesi 8: el gènere del jugador defineix si té les habilitats cognitives més desenvolupades.**

Com a premissa principal es suposa que no hi ha diferència entre gèneres. Tot i això, hi ha un factor important dins l'estudi, ja que tots els jugadors habituals són de gènere masculí. Com s'ha demostrat en la hipòtesi 7.4, els jugadors habituals tenen les habilitats cognitives més desenvolupades que els jugadors no habituals o els no jugadors, per tant no hauria d'estranyar que en aquest cas les habilitats cognitives del gènere masculí quedin en un nivell més elevat.

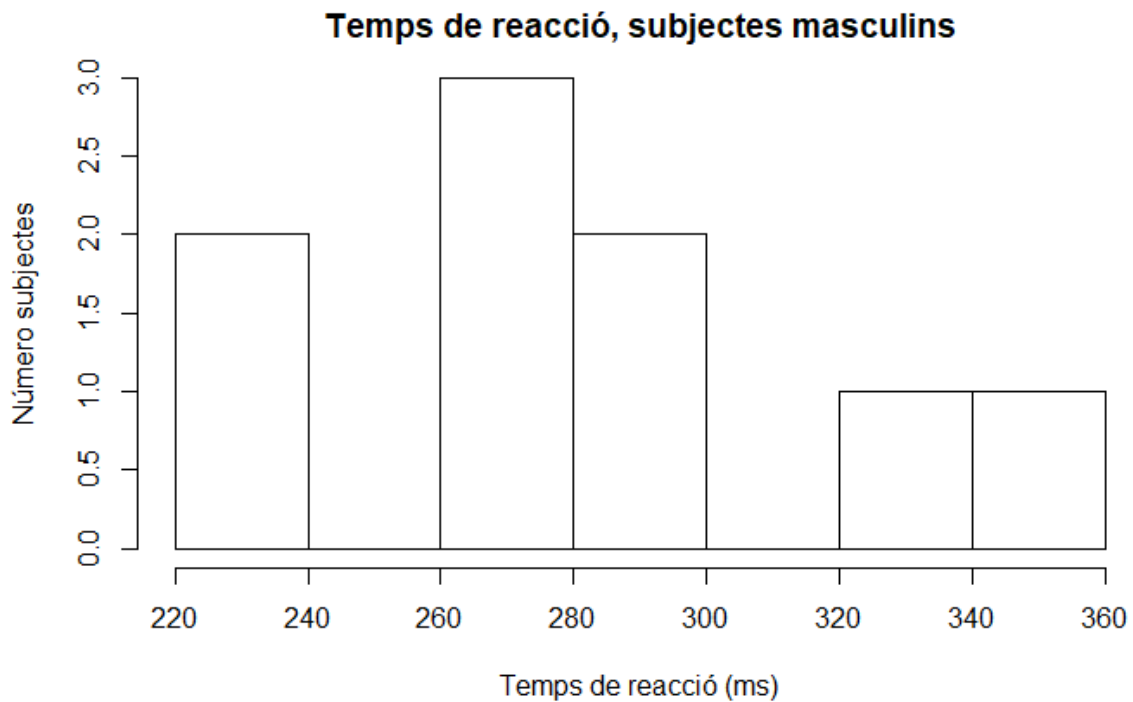


Fig. 41. Histograma. Representació gràfica de la distribució del temps reacció del gènere masculí. 1a sessió. Font: elaboració pròpia.

Com es pot observar en la figura 41 la distribució dels temps de reacció en el gènere masculí a la primera sessió, està bastant dispersa. Es pot observar que hi ha dos subjectes que tenen un temps de reacció entre 220ms i 240ms. Tres subjectes es troben entre els 260ms i 280ms. Dos subjectes es troben entre 280ms i 300ms. Llavors hi ha un subjecte entre els 320ms i 340ms i l'últim entre 340ms i 360ms. Per tant, hi ha un mínim de temps de reacció de 226ms i un màxim de 349ms. La mitjana de temps de reacció en aquesta part de la mostra és de 284ms.

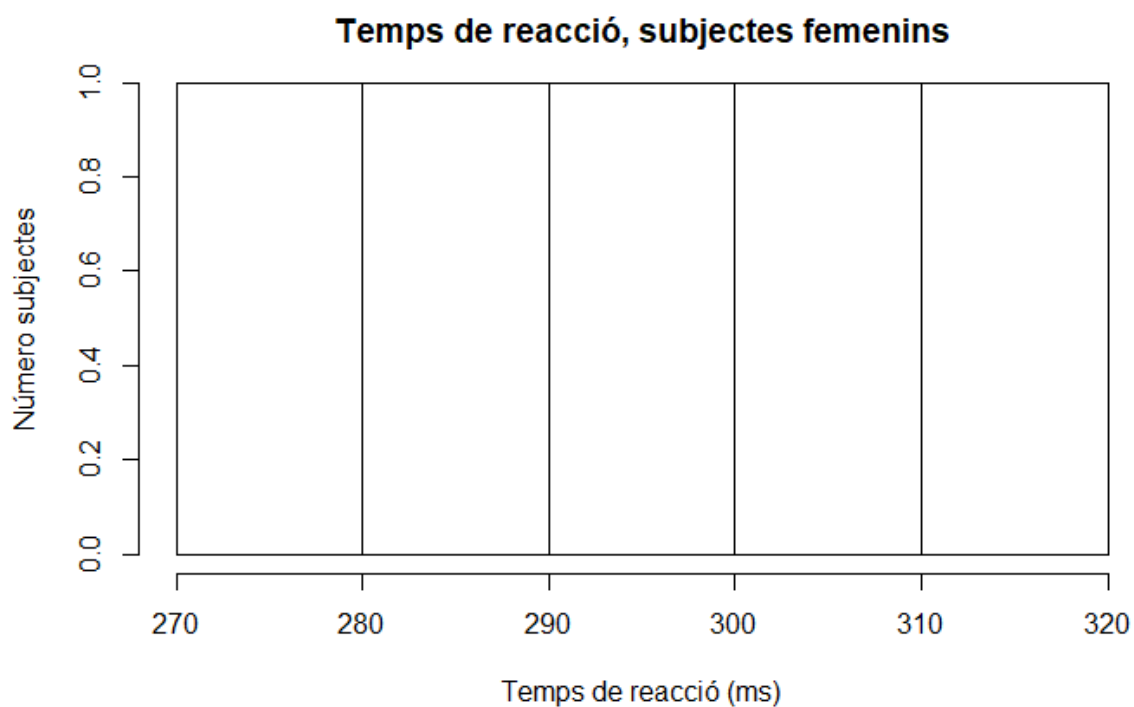


Fig. 42. Histograma. Representació gràfica de la distribució del temps de reacció del gènere femení. 1a sessió. Font: elaboració pròpia.

Com es pot observar en la figura 42 la distribució de la mostra és bastant homogènia. Dels 5 subjectes femenins que han participat a l'estudi en trobem un a cada rang. La primera està en un temps de reacció entre 270ms i 280ms, l'altra entre 280ms i 290ms, la següent entre 290ms i 300ms, la 4a entre 300ms i 310ms i l'última entre els 310ms i 320ms. Per tant aquesta part de la mostra tenim un mínim de 276ms, un màxim de 316ms i una mitjana de 296ms. En general la mitjana aritmètica està 12ms per sobre de la del gènere masculí, però el fet que la mostra de gènere femení sigui més petita fa que els resultats siguin menys fiables.

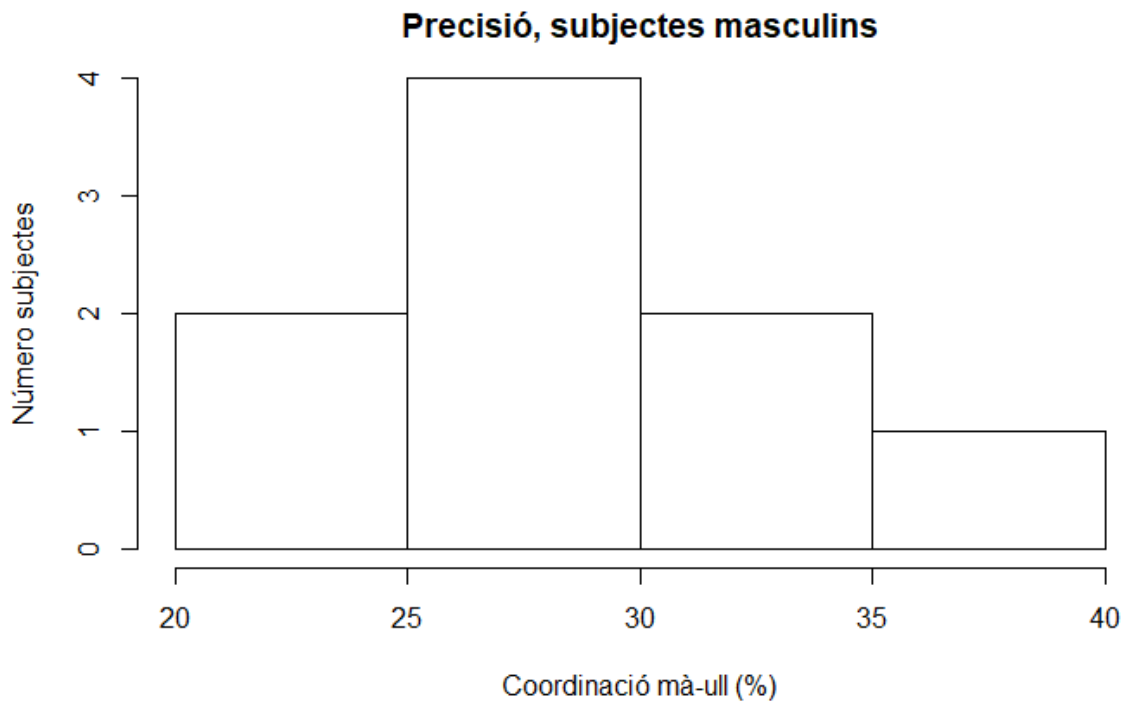


Fig. 43. Histograma. Representació gràfica de la distribució de la coordinació mà-ull del gènere masculí. 1a sessió. Font: elaboració pròpia.

Es pot observar en la figura 43 com la distribució està poc concentrada. Hi ha dos subjectes que entren en un rang entre el 20% i 25% de precisió, quatre subjectes que estan entre els 25% i el 30%, dos subjectes entre el 30% i el 35% i un subjecte entre el 35% i el 40%. Per tant, hi ha un valor mínim de precisió d'un 21.75% i un valor màxim de 36.1%. La mitjana de precisió en el gènere masculí abans de l'entrenament és del 29.05%.

En la figura 44 es pot observar com la distribució està concentrada en valors més pròxims, comparant-la amb la figura 43. El valor mínim de coordinació mà-ull (precisió) es troba en el 20.15% i el valor màxim en el 24.9%. La mitjana de precisió en la mostra de gènere femení és de 21.72%. Podem afirmar que la coordinació mà-ull base del gènere femení no és tan elevada com la del gènere masculí, ja que influeix el factor que una part de la mostra del gènere masculí sigui jugador habitual.

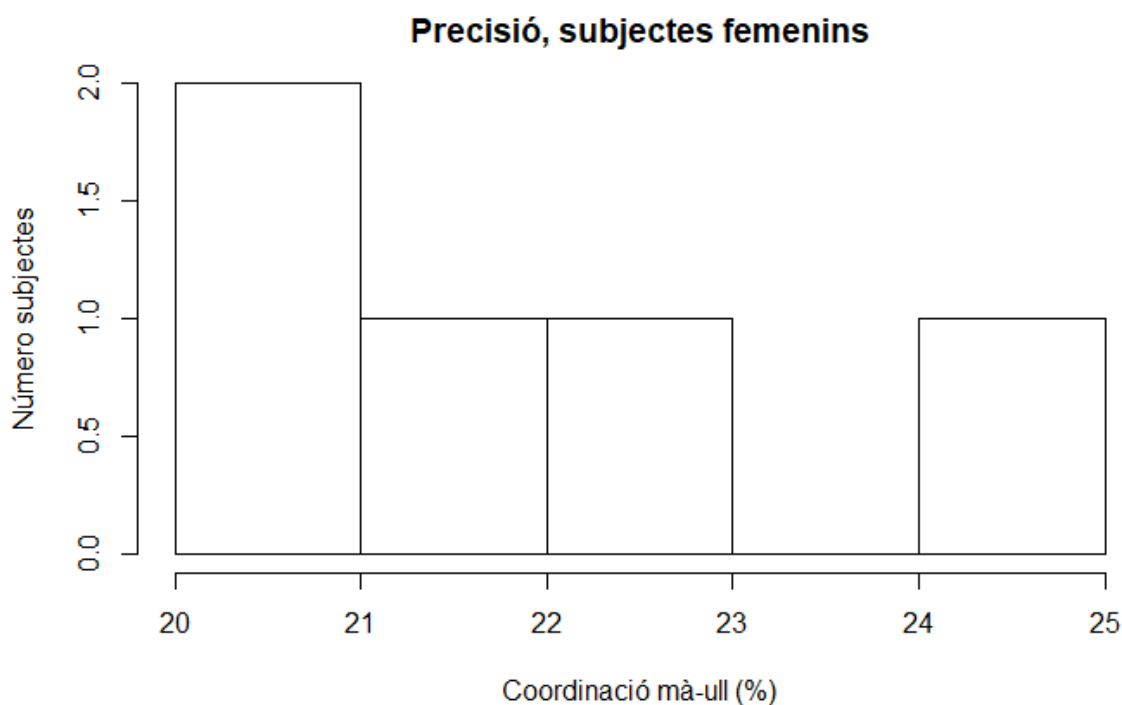


Fig. 44. Histograma. Representació gràfica de la distribució de la coordinació mà-ull del gènere femení. 1a sessió. Font: elaboració pròpia.

Fent el test Wilcoxon entre les dues parts de la mostra amb el temps de reacció ( $p$ -value = 0.4629) es pot afirmar que no hi ha una diferència representativa entre els dos gèneres. En canvi, en la coordinació mà-ull ( $p$ -value = 0.006993) es pot afirmar que hi ha una diferència representativa entre el gènere masculí i el femení, donat al factor dels jugadors habituals, com s'ha comentat anteriorment i en la secció 7.4.

### **7.9. Hipòtesi 9: el gènere del jugador defineix si té més facilitat per millorar les habilitats cognitives.**

Com s'ha pogut observar en la hipòtesi anterior, els subjectes de gènere masculí tenen la coordinació mà-ull base més desenvolupada, pel fet que molts són jugadors habituals. Com diu Boot (2011) la motivació i l'estat d'ànim són claus a l'hora de portar a terme estudis, ja que aquests poden afectar els subjectes de forma positiva o negativa. El fet que els jugadors habituals siguin de gènere masculí fa que aquesta part de la mostra estigüés més motivada a l'hora de realitzar l'estudi, pel que és lògic que s'esforcessin més a l'hora de millorar les seves habilitats cognitives.

Com es pot observar a la figura 45 la distribució de la millora és molt dispersa, fins i tot hi ha un subjecte que va empitjorar el seu temps de reacció envers la primera sessió. On es concentra el rang més gran de subjectes segons la seva millora és entre els 40ms i els 60ms. El valor

mínim de millora de temps de reacció és de -6ms i el màxim és de 91ms. La mitjana de millora de temps de reacció és de 39.22ms.



Fig. 45. Histograma. Representació gràfica de la distribució dels subjectes de gènere masculí segons la seva millora del temps de reacció. Font: elaboració pròpia.

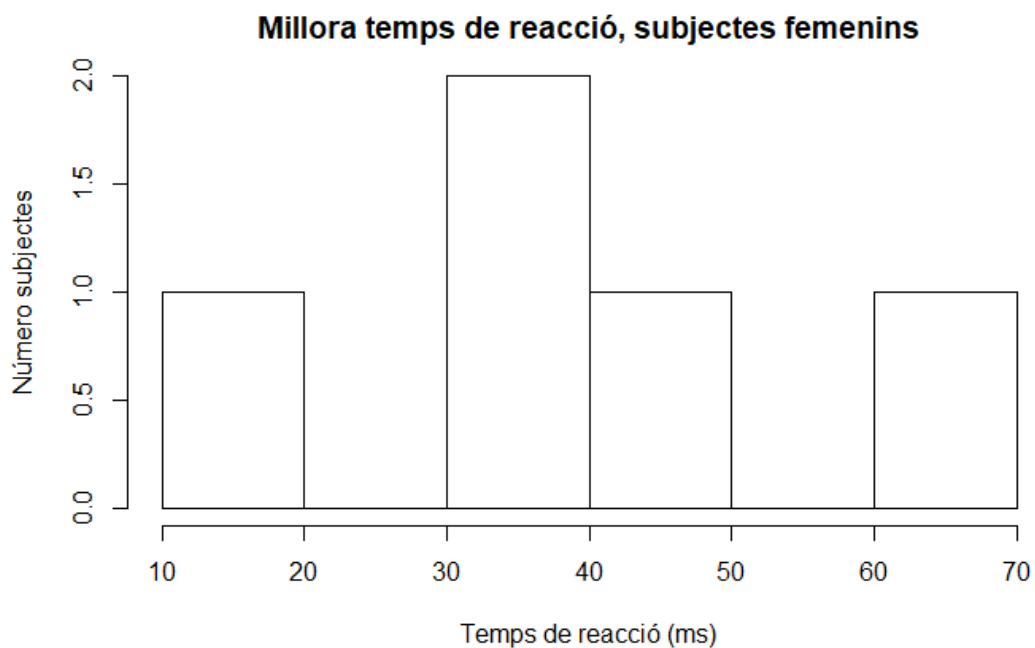




Fig. 46. Histograma. Representació gràfica de la distribució dels subjectes de gènere femení segons la seva millora del temps de reacció. Font: elaboració pròpia.

En el cas del gènere femení, es pot observar en la figura 46 que la mostra no és tant dispersa, però com s'ha comentat anteriorment, el fet de tenir un número limitat de subjectes i al no ser equitatiu doncs fa que sigui una mostra poc fiable. Tot i això es pot veure que la concentració de la millora del temps de reacció es troba entre els 30ms i els 50ms, on hi ha tres subjectes diferents. El valor mínim de millora que hi ha en aquesta part de la mostra és de 12ms i el valor màxim és de 67ms. La mitjana aritmètica de millora en el gènere femení es situa en 38.6ms, gairebé igual que el gènere masculí.

En el cas de la coordinació mà-ull, es pot observar en la figura 47 que hi ha una dispersió elevada en la mostra de gènere masculí. Hi ha un subjecte que no va millorar respecte la seva primera sessió i n'hi ha d'altres, quatre en concret, que van millorar d'un 15% a un 20%. El valor mínim que es pot trobar en aquesta part de la mostra és d'una "millora" del -0.45%. El valor màxim que es pot trobar és del 18.85%. La mitjana aritmètica de millora de la coordinació oculo-motriu és de 9.86%, pel que és una millora significativa en quatre setmanes d'entrenament.

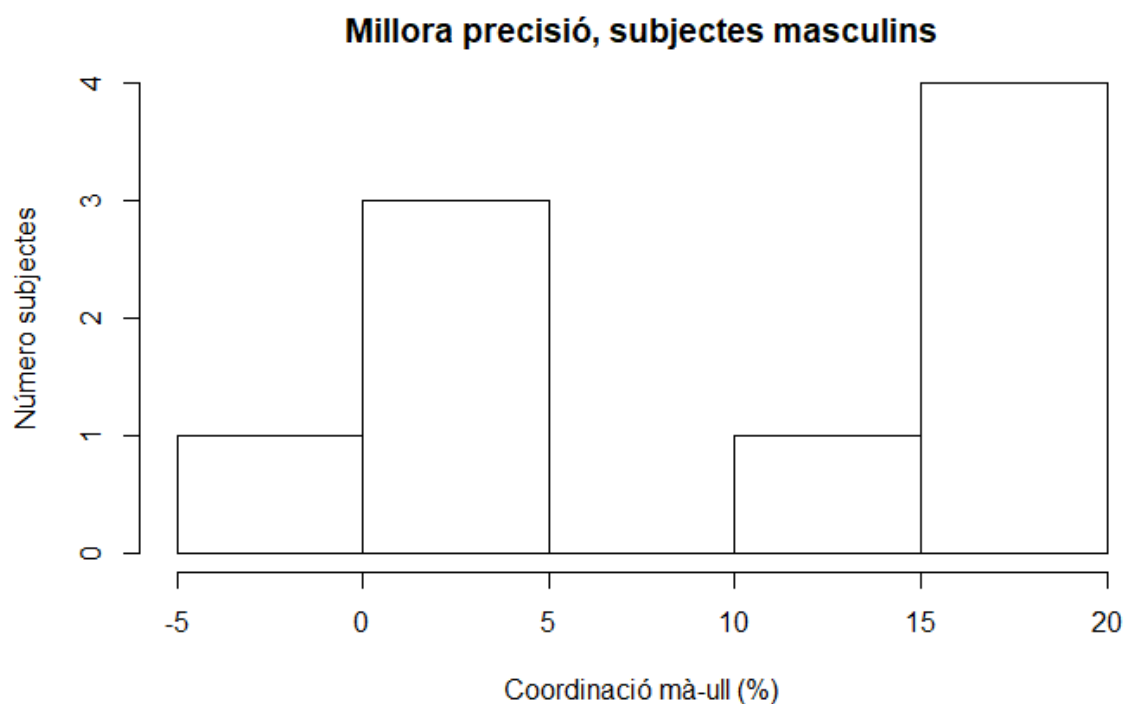


Fig. 47. Histograma. Representació gràfica de la distribució dels subjectes de gènere masculí segons la seva millora en la coordinació mà-ull. Font: elaboració pròpia.

En el cas del gènere femení, es pot observar en la figura 48. es pot observar que la mostra està més concentrada, concretament entre un 5% i un 11% de millora. Dos subjectes es situen entre el 5% i el 7% de millora i els altres tres entre el 8% i l'11%. El valor mínim de percentatge de millora és de 5.95% i el màxim és de 10.2%. La mitjana de millora és de 8.09%, pel que no mostren un valor tant elevat com la part de la mostra corresponent al gènere masculí.

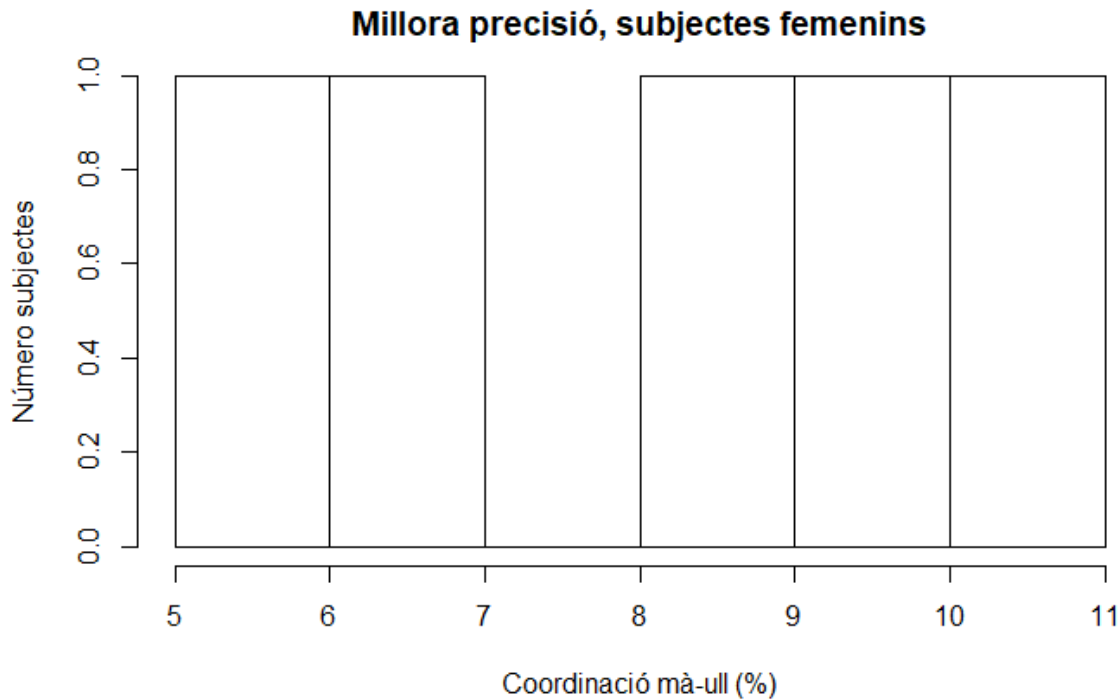


Fig. 48. Histograma. Representació gràfica de la distribució dels subjectes de gènere femení segons la seva millora en la coordinació mà-ull. Font: elaboració pròpia.

A l'hora de determinar la rellevància, es pot afirmar que no hi ha una diferència significativa en cap de les dues millores de les habilitats cognitives avaluades. El temps de reacció mostra un  $p\text{-value} = 1$ , per tant com el valor és superior al nivell de significança (0.05), no es rebutja la hipòtesi nul·la.

En el cas de la millora de la coordinació mà-ull (precisió) amb un  $p\text{-value} = 0.7972$  fa que es doni el mateix cas. El valor del  $p\text{-value}$  és més alt que el nivell de significança, per tant no es rebutja la hipòtesi nul·la.

## 8. Conclusions

En aquest apartat es recullen els resultats obtinguts de les observacions de l'estudi i les conclusions respecte les hipòtesis plantejades. Normalment es fa una comparació entre la primera i l'última sessió, per poder determinar si hi ha una diferència notòria abans i després de l'entrenament amb RV.

### 8.1. Resultats de les observacions

En aquest estudi s'observen i es mesuren les diferents habilitats cognitives que es volen avaluar i que afecten a l'hora de jugar a videojocs de RV i del gènere shooter. S'arriben a diferents conclusions depenent de la hipòtesi plantejada sobre la millora de les habilitats cognitives com el temps de reacció i la coordinació mà-ull.

*Taula 2: Habilitats cognitives, 1a sessió*

Temps reacció 1a sessió (ms)	Coordinació ma-ull 1a sessió (%)
295	27.45
290	20.35
305	22.05
340	27.8
298	29.6
274	36.1
276	24.9
276	24.2
226	33.1
349	21.75
293	21.15
316	20.15
237	28.5
261	33

Taula 3: Habilitats cognitives, 4a sessió

Temps reacció 4a sessió (ms)	Coordinació ma-ull 4a sessió (%)
254	29.2
249	26.3
238	28.6
249	30.2
244	29.15
241	54.95
264	33.4
227	41.05
232	47.1
283	39.7
256	30.4
280	30.35
235	43.95
238	35

En el cas de la primera hipòtesi (7.1), es planteja la pregunta principal de l'estudi, si realment evolucionen les habilitats cognitives posant els subjectes a jugar a jocs d'acció dins d'un entorn de RV. El resultat d'aquesta hipòtesi és positiu, pel que indica que en aquest anàlisi de dues mostres aparellades. El test *pre-post* analitzat a través del test Wilcoxon mostra un p-value inferior al nivell de significança, que per defecte és de 0.05. Això vol dir que es pot rebutjar la hipòtesi nul·la, pel que s'afirma que les habilitats cognitives mesurades, que són el temps de reacció i la coordinació mà-ull, es veuen incrementades després de l'entrenament amb RV.

En el cas de la segona hipòtesi (7.2), es planteja la millora del temps de reacció utilitzant jocs en RV. Quan s'agafen els temps de reacció dels subjectes de la primera i l'última sessió es genera un test Wilcoxon per obtenir el valor de p-value, per determinar si la diferència és significativa o no. Com s'ha explicat anteriorment, com en aquest cas el p-value = 0.003513, és inferior al nivell de significança, es rebutja la hipòtesi nul·la. S'afirma en aquest cas que el temps de reacció dels subjectes millora de forma significativa.

En la tercera hipòtesi (7.3) es planteja la millora de la coordinació mà-ull utilitzant jocs en RV i en els diferents subjectes de la mostra. Es procedeix a la metodologia esmentada en l'apartat 5. Es pot determinar un p-value = 0.001183, i es pot deduir que com el valor és inferior al nivell de significança, es rebutja la hipòtesi nul·la. Aquesta conclusió porta a afirmar que el resultat de l'estudi és positiu, pel que es demostra que la coordinació oculo-motriu millora al ser exercitada sota un sistema de RV.

La quarta hipòtesi (7.4) planteja el fet que els jugadors habituals tinguin les habilitats cognitives (temps de reacció i coordinació mà-ull) més desenvolupades que els jugadors no habituals o els no jugadors. El fet que els jugadors habituals estiguin més acostumats a jugar a videojocs, entren en una dinàmica psicomotriu diferent, ja que per defecte tenen la motivació més alta que els no jugadors. Això influeix en l'estat mental del subjecte i fa que s'impliqui més en l'estudi. En aquest cas s'ha seguit la mateixa metodologia i s'ha elaborat un test Wilcoxon, separant la mostra original en dues mostres més petites, fent la discriminació entre jugadors i no jugadors. En aquest cas en el test del temps de reacció el p-value = 0.3212. En el test de coordinació mà-ull es pot observar un p-value = 0.08125. En els dos tests el p-value és major que el nivell de significança, pel que no es pot rebutjar la hipòtesi nul·la, tot i que els valors s'aproximen al nivell de significança, pel que es diria que sobretot la coordinació mà-ull es veu més desenvolupada en els jugadors habituals.

La cinquena hipòtesi (7.5) es basa en la premissa que els jugadors habituals tenen les habilitats cognitives més desenvolupades. Com, en aquest cas, la mostra de jugadors habituals no mostren un temps de reacció i una precisió més desenvolupades que la mostra de no jugadors, es pot deduir que aquestes habilitats cognitives no evolucionaran més al llarg del temps. Es comprova a partir del test Wilcoxon. El resultat del test mostra un p-value = 0.4749, pel que no es pot rebutjar la hipòtesi nul·la.

La sisena hipòtesi (7.6) vol demostrar que els jugadors amb més nivell d'estudis tenen les habilitats cognitives més desenvolupades que els jugadors amb menys nivell d'estudis. En aquest cas no hi hauria motiu per pensar que hi hauria d'haver una diferència significativa entre aquestes dues parts de la mostra. S'utilitza el test Wilcoxon per comparar el temps de reacció i la precisió de les dues parts de la mostra. En el temps de reacció s'obté un p-value = 0.6974 i en la precisió s'obté un p-value = 0.5251. El p-value en els dos casos és més gran que el nivell de significança, per tant no es pot rebutjar la hipòtesi nul·la. Com es suposava no hi ha una diferència significativa entre les dues parts de la mostra quan es discrimina pel nivell d'estudis.

La setena hipòtesi (7.7) vol demostrar que els jugadors amb més nivell d'estudis milloren més que els jugadors amb menys nivell d'estudis. Es pot suposar, que com la hipòtesi anterior no ha demostrat que hi ha una diferència significativa entre les dues parts de la mostra, aquesta hipòtesi té més probabilitats a ser una hipòtesi nul·la. S'utilitza el test Wilcoxon per comparar la millora del temps de reacció i de la coordinació mà-ull. En el cas del temps de reacció el p-value = 0.7996, i en el cas de la precisió el p-value = 0.2068, per tant no es pot rebutjar la hipòtesi nul·la. Com es suposava no hi ha cap millora significativa quan es discrimina la mostra per nivell d'estudis.

La vuitena hipòtesi (7.8) vol demostrar si el gènere del jugador defineix si té les habilitats cognitives més desenvolupades. Es suposa que no hi haurà una diferència significativa entre els dos gèneres. S'utilitza el test Wilcoxon per comparar el temps de reacció i la precisió de les dues parts de la mostra. En el cas del temps de reacció, el p-value = 0.4629. En el cas de la precisió, el p-value = 0.006993. En el cas del temps de reacció no hi ha una diferència significativa entre

les dues mostres, ja que és més gran que el nivell de significança. En el cas de la precisió, es pot dir que hi ha una diferència significativa. El test mostra com el gènere masculí mostra la coordinació mà-ull més desenvolupada.

La novena hipòtesi (7.9) vol demostrar si el gènere del subjecte defineix si té més facilitat per millorar les habilitats cognitives. Es suposa que no hi haurà una diferència significativa entre la millora dels dos gèneres en el temps de reacció, però si es té en compte la precisió del gènere masculí, es pot suposar que hi ha una millora significativa. Fent el test Wilcoxon s'obté el p-value de la millora del temps de reacció (p-value = 1) i el de la coordinació mà-ull (p-value = 0.7972). Com es pot observar cap dels dos valors és inferior al nivell de significança, per tant no es pot rebutjar la hipòtesi nul·la. Això ens demostra que no hi ha cap diferència significativa de la millora entre les dues parts de la mostra.

Taula 4: Valors de p-value

	Temps de reacció	Precisió
Hipòtesi 1	0.003513	0.001183
Hipòtesi 2	0.003513	-
Hipòtesi 3	-	0.001183
Hipòtesi 4	0.3012	0.08125
Hipòtesi 5	0.5741	0.4749
Hipòtesi 6	0.6974	0.5251
Hipòtesi 7	0.7996	0.2068
Hipòtesi 8	0.4629	0.006993
Hipòtesi 9	1	0.7972

## 8.2. Conclusions

La RV consta de molts estudis que recolzen el fet que millora les habilitats cognitives i les capacitats psicomotrius dels subjectes (veure apartat 2). Depenent de l'entorn on es vegi involucrat el subjecte desenvoluparà unes habilitats cognitives concretes. En el cas de l'estudi plantejat en aquest treball, l'entorn on es vol involucrar els subjectes és un entorn hostil, concretament jocs tipus *shooter* on la finalitat és sobreviure.

Aquest entorn sumat al *feedback* auditiu i hàptic que proporciona la RV fa que el subjecte hagi de dependre del seu temps de reacció i la seva velocitat de processament per respondre als estímuls externs. La coordinació mà-ull també és transcendental a l'hora de jugar a jocs tipus *shooter*, ja que com més precisió tingui el subjecte més probabilitats tindrà de sobreviure i obtenir una millor puntuació.

En l'estudi plantejat hi ha una petita limitació. La mostra observada és molt petita, ja que tan sols conta amb 14 subjectes, per tant quan es parla de resultats globals no és prou representativa

(apartat 3.7.3). Això passa perquè les variables independents que afecten als subjectes poden esbiaixar moltes parts de la mostra, per exemple si mostren un valor atípic. Un exemple és amb el fet dels subjectes considerats jugadors i no jugadors, ja que les dues parts de la mostra no són equitatives, per tant en que un subjecte tingui unes habilitats cognitives més o menys desenvolupades creen una desviació considerable dins la mostra.

Tot i això, els resultats de l'estudi són positius. Generalment es pot afirmar que les habilitats cognitives dels subjectes augmenten de forma significativa des de la primera a la quarta sessió. Com a conclusió es pot afirmar que l'entrenament amb RV i jocs d'acció milloren les habilitats cognitives com el temps de reacció i la coordinació mà-ull dels joves entre 18 i 22 anys.

De fet, si no fos tant complicat mesurar certes habilitats cognitives, com la velocitat de processament o l'escaneig visual, es podrien afirmar la millora de diferents habilitats cognitives. El fet és que totes les habilitats cognitives tenen la seva pròpia relació amb les altres, com el temps de reacció que està fortament lligat a la velocitat de processament, a la percepció visual i a l'auditiva. En l'exemple de la coordinació mà-ull es pot veure una forta relació amb l'atenció focalitzada, amb la percepció espacial, amb el camp visual i també amb el reconeixement.

### 8.3. Discussió

La discussió d'aquest treball es basa principalment en les limitacions que hi ha hagut a l'hora de realitzar-lo. La recerca de dades sobre l'evolució d'habilitats cognitives es troba bastant limitada si es fa en una mostra petita i sense experiència prèvia en RV. Les capacitats fisiològiques dels subjectes també afecten als valors de les observacions, però sempre i quan els subjectes no tinguin impediments físics o psicològics no haurien d'esbiaixar gaire la mostra. El fet que l'estudi s'hagi fet amb una mostra petita, és fàcil que, com ha sigut el cas, es donessin valors irregulars i sigui impossible determinar un patró, sobretot si són mostres no aparellades.

Les dificultats del treball s'han centrat en l'estudi, on alguns subjectes tenien problemes per seguir amb la regularitat de les sessions i això porta a un trencament de la rutina, pel que el cervell no es concentra tant en l'exercici quan ha de tornar a treballar. Això pot portar a una evolució no tant notòria dels subjectes que han sigut més irregulars a l'hora de fer els entrenaments. Un dels problemes a l'hora de fer l'estudi era la limitació d'espai. Es constava d'un espai d'uns 3x5m, el qual d'amplada era correcte, però de llargada era massa curt. Això provocava col·lisions dels controladors de l'HTC Vive amb les parets. A part dels danys ocasionats al material, aquest fet feia que el subjecte sortís de la immersió de la RV.

A l'hora de seguir l'estudi es podrien seguir dues línies diferents. Primerament avaluar les habilitats cognitives mesurades en aquest estudi, que eren el temps de precisió i la coordinació mà-ull, però amb una mostra més gran, que fos més representativa a la població. Una altra línia d'estudi, es podria ampliar la mesura d'aquestes habilitats cognitives a d'altres, com podria ser la percepció espacial, la flexibilitat cognitiva o el camp visual.

## 8.4. Línies de futur

Les limitacions d'aquest estudi poden significar un avantatge en el que es refereix a les línies de futur. Això es refereix a que es pot ampliar l'estudi de moltes formes per tal d'arribar a conclusions més precises, a demostrar hipòtesis diferents, etc. La forma més lògica d'avançar, en el cas que l'estudi es repliqués en un futur, seria ampliant la mida de la mostra, ja que això mostraria valors més fiables, es podrien fer estimacions més exactes i es podrien demostrar les hipòtesis de forma més precisa. També permetria analitzar la mostra amb un test paramètric, suposant que la quantitat de subjectes superi els 30, el qual comportaria poder fer un anàlisi d'hipòtesi nul·la més fiable, menys esbiaixament de les observacions i uns resultats més concloents.

Una altra alternativa de línia de futur seria ampliant el número de jocs en RV i, per tant, fer sessions més llargues. El fet d'ampliar el número de jocs permetria mesurar de forma més precisa les habilitats cognitives desitjades, sempre i quan els jocs plantejats segueixin el mateix patró de mecàniques.

També seria possible mesurar altres habilitats cognitives, sempre i quan es tinguin els mètodes per mesurar-les. És segur que hi ha moltes habilitats cognitives millorables a partir de la RV i també a partir de videojocs. Com ja s'ha fet a altres estudis (apartat 2.2.3), es poden millorar les habilitats cognitives a nivell personal a partir d'un entrenament amb RV. Si es tenen els mitjans necessaris, com un *EMG* (apartat 3.2.3), es pot detectar la millora de la percepció espacial, tant a nivell interoceptiu, exteroceptiu o propioceptiu.



## 9. Referències

Agresti, A. i Finlay, B., (1997) *Statistical Methods for the Social Sciences*, 3th Edition. *Prentice Hall*.

Ahlberg, G., Enochsson, L., Gallagher, A.G., Hedman, L., Hogman, C., David, M.Sc., McCluskyII, A., Ramel, S., Smith, C.D. i Arvidsson, S.D. (2007) Proficiency-based virtual reality training significantly reduces the error rate for residents during their first 10 laparoscopic cholecystectomies. *The American Journal of Surgery*, 193 (6), 797–804. Web: <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2006.06.050>

Alea, M.V., Estany, M.G., Muñoz, M.C., Puig, E.T. i Canela, N.V., (1999) *Estadística aplicada a les ciències econòmiques i socials*. Barcelona, Espanya. McGRAW-HILL.

Andre, T. (2017) *Advances in Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences. Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences*. 436. Springer

Baddeley, A. (2010) Working memory. *Current Biology*. 20 (4), 136-140. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.12.014>

Balaguer, J. i Mangili, A. (1993) *Virtual Environments*. TR of Computer Graphics Laboratory. *Swiss Federal Institute of Technology*, Lausanne, Suècia.

Bauer, D.F. (1972) Constructing confidence sets using rank statistics. *Journal of the American Statistical Association*. 67, 687–690.

Botía, J.A., Schmidtke, H., Nakashima, T., Al-Mulla, M.R., Augusto, J.C., Aztiria, A., Ball, M., Callaghan, V., Cook, D.J., O'Donoghue, J., Dooley, J., Egerton, S., Haya, P.A., Hornos, M.J., Morales, E., Orozco, J.C., Portillo-Rodríguez, O., Rodríguez-González, A., Sandoval, O., Tripicchio, P., Wang, M. i Zamudio, V. (2012) *Workshop Proceedings of the 8th International Conference on Intelligent Environments. Ambient Intelligence and Smart Environments, Artificial Intelligence*. 468.

Boot, W. R., Blakely, D. P., i Simons, D. J. (2011). Do Action Video Games Improve Perception and Cognition? *Frontiers in Psychology*, (2), 226. Doi: <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00226>

Boudon, P.A. i Felmer, L.R., (2008) Usuarios habituales de videojuegos: una aproximación inicial. *Última década*. 16(29) 11-27. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-22362008000200002>

Brooks Jr., F. (1995) *Realizing Virtual Worlds*. Xerrada d'EUROGRAPHICS'95.

- Cadavieco, J.F., Sevillano, M<sup>a</sup>.P. i Amador, M.M.F. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*. 197-210. Web: <http://www.redalyc.org/html/368/36828247015/>
- Canavos, G.C. (1988) Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos. Mèxic DF, Mèxic. *McGRAW-HILL*.
- Catalina, M.M i Arturo, G.G. (2014) Estadística descriptiva. Análisis Exploratorio de Dato e Inferencia Descriptiva. Recuperat de: books.google.com. Pdf: [http://www.benjamunoz.org/clases\\_01/Clase%2017.pdf](http://www.benjamunoz.org/clases_01/Clase%2017.pdf)
- Choudhury, N., Gélinas-Phaneuf, N., Delorme, S. i Maestro., R.D. (2012) Fundamentals of Neurosurgery: Virtual Reality Tasks for Training and Evaluation of Technical Skills. *World Neurosurgery*. 80(5). 9-19. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2012.08.022>
- CogniFit® (1999). *Test neuropsicológicos y programas de estimulación cognitiva*. Shlomo Breznitz, programes per l'estimulació d'habilitats cognitives amb acceptació científica. Web: <https://www.cognifit.com/es>
- Cruz-Neira, C. (1993) Virtual Reality Overview. *SIGGRAPH'93 Course*, 23(1.1-1.18).
- Betances, R.G., Mixco, V.J., Arredondo, M.T. i Umpiérrez, M.F.C. (2014) Using Virtual Reality for Cognitive Training of the Elderly. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 30(1). 49-54.
- Churches, A. (2013) Taxonomía de Bloom para la era digital. *Reduteka, Docentes y recursos educativos*. Web: <http://edorigami.wikispaces.com/>
- Diedrick, C., Niehorster, Li, L. i Lappe, M. (2017) The Accuracy and Precision of Position and Orientation Tracking in the HTC Vive Virtual Reality System for Scientific Research. *i-Perception*. Doi: <https://doi.org/10.1177/2041669517708205>
- Fernández, S.F., Sánchez, J.C. i Largo, A.C. (2002) Estadística Descriptiva. Madrid, Espanya. *Esic Editorial*.
- García, M.L.S. (2009) Competencias para el uso de herramientas virtuales en la vida, trabajo y formación permanente. *Pearson education*, 29 (1), 383-386. Web: <http://revistas.um.es/educatio/article/viewFile/120061/113021>
- Gibson, J.J. (1994) The visual perception of Objective Motion and Subjective Movement. *Psychological Review*. 101(2), 318-323. Doi: <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.101.2.318>

- Gigante, M. (1993) Virtual Reality: Definitions, History and Applications. “*Virtual Reality Systems*”, Academic-Press, 3-14.
- Green, C.S. i Bavelier, D., (2012) Learning, Attentional Control, and Action Video Games. *Current Biology*. 22(6). 97-206. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.02.012>
- Green, C.S., Pouget, A. i Bavelier, D. (2010) Improved Probabilistic Inference as a General Learning Mechanism with Action Video Games. *Current Biology, Department of Brain and Cognitive Sciences*. 17(14). 1573–1579. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.07.040>
- Hernández, S.C. (2001). Evaluación de habilidades cognitivas. México: Universidad de Guadalajara.
- Hollander, M., i Douglas, A.W. (1973), *Nonparametric Statistical Methods*. New York: John Wiley & Sons. 27–33, 68–75.
- Holloway, R. i Lastra, A. (1995) Virtual Environments: A Survey of the Technology. *SIGGRAPH'95 Course, No. 8*, 1-40.
- Kreylos, O. (2016). *Lighthouse tracking examined*. Recuperat de <http://doc-ok.org/?p=1478>.
- Lames, M., Saupe, D., Wiemeyer, J., (2017) Proceedings of the 11th International Symposium on Computer Science in Sport (IACSS 2017). *Advances in intelligent Systems and Computing*. 170.
- Isotalo, J. (2014) Basics of Statistics. *CreateSpace Independent Publishing Platform*, 84.
- Laurel, B., (2016) *What Is Virtual Reality?* 5. Web: [https://www.researchgate.net/profile/Brenda\\_Laurel/publication/304013667\\_What\\_Is\\_Virtual\\_Reality/links/5762fb4508aecb4f6fee0459.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Brenda_Laurel/publication/304013667_What_Is_Virtual_Reality/links/5762fb4508aecb4f6fee0459.pdf)
- Mey, J.L. i Gorayska, B. (1995) Virtual Reality As Cognitive Technology. *Cognitive Technology: In Search of a Humane Interface*. 419. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3249-3\\_18](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3249-3_18)
- Mao, Y., Chen, P., Li, L. i Huang, D. (2014) Virtual reality training improves balance function. *Neural Regeneration Research*. 9(17); 1628-1634. Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4211206/>
- Mazuryk, T. i Gervautz, M. (1996) Virtual Reality: History, Applications, Technology and Future. *Institute of computer graphics*. 72. Web: <https://www.cg.tuwien.ac.at/>
- Neisser, U. (1963) Decision-Time without Reaction-Time: Experiments in Visual Scanning. *The American Journal of Psychology*. 76 (3), 376-385. Doi: 10.2307/1419778

Niemi, P., & Näätänen, R. (1981). Foreperiod and simple reaction time. *Psychological Bulletin*, 89(1), 133-162. Doi: <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.89.1.133>

Parsons, S. i Mitchell, P. (2002) The potential of virtual reality in social skills training for people with autistic spectrum disorders. *Journal of Intellectual Disability Research (JIDR)*, 46(5). 430-443. Doi: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2788.2002.00425.x/full>

Peretz, C., Korczyn, A.D., Shatil, E., Aharonson, V., Birnboim, S. i Giladi, N. (2010) Computer-Based, Personalized Cognitive Training versus Classical Computer Games: A Randomized Double-Blind Prospective Trial of Cognitive Stimulation. *Neuroepidemiology*. 36. 91–99. Doi: <https://doi.org/10.1159/000323950>

Price, M.S.M. i Calderón, J.L.H. (2011) Influencia de la percepción visual en el aprendizaje. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*. 9 (1), 93-101. Web: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5599290.pdf>

Ramos, A., Herrera, J., i Ramírez, M. (2010). Desarrollo de habilidades cognitivas con aprendizaje móvil: un estudio de casos. *Comunicar*, XVII (34), 201-209.

Reed, S.K. (2013). *Cognition. Theory and Applications*. USA: Thomson Wadsworth.

Regan, C. (1995) An investigation into nausea and other side-effects of head-coupled immersive virtual reality. *Springer Link*. Vol.1 (1). 17-31. <https://doi.org/10.1007/BF02009710>

Rey, D. i Neuhäuser, M. (2011) Wilcoxon-Signed-Rank Test. *International Encyclopedia of Statistical Science*. Springer, Berlin, Heidelberg. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-04898-2\\_616](https://doi.org/10.1007/978-3-642-04898-2_616)

Rizzo, A.A. i Buckwalter, J.G. (1997) Cognitive, Clinical and Methodological Issues in Assessment and Rehabilitation. *Virtual Reality in Neuro-Pshyco-Psgycology*. 123-135.

Rojas, V.G. (2010) Impacto del Entrenamiento del Balance a través de Realidad Virtual en una Población de Adultos Mayores. *International Journal of Morphology*, 1, 6. 2008, *De Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Ciencias Básicas, Escuela de Kinesiología*. 28(1). 303-308. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022010000100044>

Rus-Calafell, M., Gutiérrez-Maldonado, J. i Ribas-Sabaté, J. (2014) A virtual reality-integrated program for improving social skills in patients with schizophrenia: A pilot study. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 45(1). 81-89. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2013.09.002>

Seymour, N.E., Anthony, G., Gallagher, S., Roman, A., O'Brien, M.K., Bansal, V.K., Andersen, D.K. i Satava, R.M. (2002) Virtual Reality Training Improves Operating Room

Performance. *Results of a Randomized, Double-Blinded Study. Annals of Surgery.* 236(4). 458–464. Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1422600/>

Siberski, J., Shatil, E., Siberski, C., Eckroth-Bucher, M., French, A., Horton, S., Loefflad, R.F. i Rouse, P. (2015) Computer-Based Cognitive Training for Individuals With Intellectual and Developmental Disabilities: Pilot Study. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias.* Vol. 30(1) 41-48. Doi: <https://doi.org/10.1177/1533317514539376>

Spiro, R.J., *et al.* (1988) Cognitive flexibility theory: advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. *Center for the study of reading.* 15.

Sutherland, I. (1965) The Ultimate Display. *Proceedings of IFIP Congress 2,* 506-509.

Swanson, H.L., Zheng, X. i Jerman, O. (2009) Working Memory, Short-Term Memory and Reading Disabilities. *Journal of Learning Disabilities.* 42 (3), 260-287. Doi: <https://doi.org/10.1177/0022219409331958>

Tynan, P.D. i Sekuler, R. (1982) Motion processing in peripheral vision: reaction time and perceived velocity. *Departments of Psychology and Ophthalmology, Northwestern University.* 22, 61-68. Doi: [https://doi.org/10.1016/0042-6989\(82\)90167-5](https://doi.org/10.1016/0042-6989(82)90167-5)

Watkins, J.C., (2016) An Introduction to the Science of Statistics: from theory to implementation. *Preliminary Edition,* 440.

Zeltzer, D. (1992) Autonomy, Interaction, Presence. *Presence,* 1 (1) 1, 127-132.





*Centres universitaris adscrits a la*



Grau en Disseny i Producció de Videojocs

EVOLUCIÓ DE LES HABILITATS COGNITIVES UTILITZANT REALITAT VIRTUAL

Annexos

JOFRE MONTULL POLA  
TUTOR: ESTER BERNADÓ

2017-2018



## 10. Annexos, codi R

En aquest apartat es troba el codi font utilitzat per analitzar les dades obtingudes de l'estudi.

```
`{r,eval=TRUE,echo=TRUE}
#Anàlisi de les dades demogràfiques, piechart
lbls = c("Masculí = ", "Femení = ")
slices = c(9,5)
pct = round(slices/sum(slices)*100)
lbls = paste(lbls, pct)
lbls = paste(lbls, "%", sep = "")
pie(slices, labels = lbls, edges = 200, radius = 1, col = rainbow(length(lbls)),
init.angle = 90, main = "Dades demogràfiques, gènere")

#Boxplots de l'edat i l'alçada segons el gènere
boxplot(users.data.1$Edat ~ users.data.1$Genere, data = users.data.1, xlab =
"Gènere", ylab = "Edat")
boxplot(users.data.1$Height ~ users.data.1$Genere, data = users.data.1, xlab =
"Gènere", ylab = "Alçada")

#Càlculs de temps de reacció, millora i mitjana i desviació estàndard
TempsReaccio.1 = users.data.1$Temps.reaccio.1a.sessio
TempsReaccio.2 = users.data.4$Temps.reaccio.4a.sessio
mean(TempsReaccio.1)
mean(TempsReaccio.2)
difference.TR = TempsReaccio.2 - TempsReaccio.1
mean(difference.TR)

sd(difference.TR)

#Càlculs de coordinació mà-ull, millora, mitjana i desviació estàndard
C.mu.1 = users.data.1$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio
C.mu.2 = users.data.4$Coordinacio.ma.ull.4a.sessio
mean(C.mu.1)
mean(C.mu.2)
difference.Cmu = C.mu.2 - C.mu.1
mean(difference.Cmu)

sd(difference.Cmu)

#Gràfics, histogrames i boxplots
hist(TempsReaccio.1)
hist(TempsReaccio.2)
boxplot(difference.TR)
boxplot(TempsReaccio.1, TempsReaccio.2, data = users.data.1, xlab = "Pre-post, 1a
sessió i 4a sessió", ylab = "Temps de reacció (ms)")

hist(C.mu.1, xlab = "Coordinació mà-ull/precisió (%)", ylab = "Número subjectes",
main = "Coordinació mà-ull 1a sessió")
```



```
hist(C.mu.2, xlab = "Coordinació mà-ull/precisió (%)", ylab = "Número subjectes",
main = "Coordinació mà-ull 4a sessió")
boxplot(difference.Cmu, xlab = "Coordinació mà-ull/precisió (%)", ylab = "Número
subjectes", main = "Diferència coordinació mà-ull")
```

```
#Test de Wilcoxon
```

```
wilcox.test(TempsReaccio.1, y = TempsReaccio.2, conf.level = 0.95)
wilcox.test(C.mu.1, y = C.mu.2, conf.level = 0.95)
wilcox.test(difference.TR, conf.level = 0.95)
wilcox.test(difference.Cmu, conf.level = 0.95)
```

```
```
```

```
```{r,eval=TRUE,echo=TRUE}
```

```
#Discriminació entre jugadors habituals i no habituals
```

```
jugadors.habituals = users.data.1[users.data.1$Jugador.habitual == "Si", ]
jugadors.nohabituals = users.data.1[users.data.1$Jugador.habitual == "No", ]
```

```
#Temps de reacció de cada una de les mostres, mitjana i mediana
```

```
tempsReaccio.jughab = jugadors.habituals$Temps.reaccio.1a.sessio
tempsReaccio.jugnohab = jugadors.nohabituals$Temps.reaccio.1a.sessio
mean(tempsReaccio.jughab)
mean(tempsReaccio.jugnohab)
median(tempsReaccio.jughab)
median(tempsReaccio.jugnohab)
```

```
#Boxplots del temps de reacció de cada mostra
```

```
boxplot(tempsReaccio.jughab, ylab = "Temps de reacció (ms)", main = "Temps de reacció
dels jugadors habituals, 1a sessió")
boxplot(tempsReaccio.jugnohab, ylab = "Temps de reacció (ms)", main = "Temps de
reacció dels jugadors no habituals, 1a sessió")
```

```
#Precisió (%) de cada mostra a la 1a sessió, mitjana i mediana
```

```
precisio.jughab = jugadors.habituals$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio
precisio.jugnohab = jugadors.nohabituals$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio
```

```
mean(tempsReaccio.jughab)
mean(tempsReaccio.jugnohab)
median(tempsReaccio.jughab)
median(tempsReaccio.jugnohab)
```

```
#Boxplots de la coordinació mà-ull, 1a sessió
```

```
boxplot(precisio.jughab, ylab = "Coordinació mà-ull/precisió (%)", main = "Precisió
dels jugadors habituals, 1a sessió")
boxplot(precisio.jugnohab, ylab = "Coordinació mà-ull/precisió (%)", main =
"Precisió dels jugadors no habituals, 1a sessió")
```

```
#Mínim, màxim i mitjana de la precisió
```

```
min(precisio.jughab)
max(precisio.jughab)
min(precisio.jugnohab)
```

```

max(precisio.jugnohab)
mean(precisio.jughab)
mean(precisio.jugnohab)

#Test de Wilcoxon del temps de reacció i precisió de les dues mostres
wilcox.test(tempsReaccio.jughab, tempsReaccio.jugnohab,
            alternative = c("two.sided", "less", "greater"),
            mu = 0, paired = FALSE, exact = NULL, correct = TRUE,
            conf.int = FALSE, conf.level = 0.95)

wilcox.test(precisio.jughab, precisio.jugnohab,
            alternative = c("two.sided", "less", "greater"),
            mu = 0, paired = FALSE, exact = NULL, correct = TRUE,
            conf.int = FALSE, conf.level = 0.95)

```

```{r,eval=TRUE,echo=TRUE}
#Jugadors habituals i no habituals a la 4a sessió
jugadors.habituals.2 = users.data.4[users.data.4$Jugador.habitual == "Si", ]
jugadors.nohabituals.2 = users.data.4[users.data.4$Jugador.habitual == "No", ]

#Millora del temps de reacció de cada una de les mostres
millora.jug.hab.TR = jugadors.habituals$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio -
jugadors.habituals.2$Coordinacio.ma.ull.4a.sessio
millora.jug.nohab.TR = jugadors.nohabituals$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio -
jugadors.nohabituals.2$Coordinacio.ma.ull.4a.sessio

#Millora de la coordinació mà-ull de cada una de les mostres
Millora.prec.jug.hab = jugadors.habituals.2$Coordinacio.ma.ull.4a.sessio -
jugadors.habituals$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio
millora.prec.jug.nohab = jugadors.nohabituals.2$Coordinacio.ma.ull.4a.sessio -
jugadors.nohabituals$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio

#Boxplots de la millora de la precisió de les dues mostres
boxplot(millora.prec.jug.hab, ylab = "Coordinació mà-ull/precisió (%)", main =
"Millora de la precisió dels jugadors habituals")
boxplot(millora.prec.jug.nohab, ylab = "Coordinació mà-ull/precisió (%)", main =
"Millora de la precisió dels jugadors no habituals")

#Boxplots de la millora del temps de reacció de les dues mostres
boxplot(millora.jug.hab.TR, ylab = "Temps de reacció (ms)", main = "Millora del
temps de reacció dels jugadors habituals")
boxplot(millora.jug.nohab.TR, ylab = "Temps de reacció (ms)", main = "Millora del
temps de reacció dels jugadors no habituals")

#Mitjanes, mínims, màxims
mean(millora.prec.jug.hab)
mean(millora.prec.jug.nohab)
mean(millora.jug.hab.TR)
mean(millora.jug.nohab.TR)

```

```
min(millora.prec.jug.hab)
max(millora.prec.jug.hab)
```

```
min(millora.prec.jug.nohab)
max(millora.prec.jug.nohab)
```

```
min(millora.jug.hab.TR)
max(millora.jug.hab.TR)
```

```
min(millora.jug.nohab.TR)
max(millora.jug.nohab.TR)
```

*#Tests de Wilcoxon sobre la millora de la precisió i del temps de reacció*

```
wilcox.test(millora.prec.jug.hab, millora.prec.jug.nohab,
            alternative = c("greater"),
            mu = 0, paired = FALSE, exact = NULL, correct = TRUE,
            conf.int = FALSE, conf.level = 0.95)
```

```
wilcox.test(millora.jug.hab.TR, millora.jug.nohab.TR,
            alternative = c("greater"),
            mu = 0, paired = FALSE, exact = NULL, correct = TRUE,
            conf.int = FALSE, conf.level = 0.95)
```



Els següents apartats segueixen la mateixa dinàmica, obtenció de les dades desitjades, obtenir el valor mínim i màxim de les observacions, la mitjana aritmètica, crear *boxplots* per saber com es distribueix la mostra i finalment realitzar un test Wilcoxon per les mostres comparades, per veure quina relació tenen entre elles i amb quina força.

```
`` {r, eval=TRUE, echo=TRUE}
```

```
j.e = c(1,2,6,7,10,13)
j.ne = c(3,4,5,8,9,11,12,14)
jugadors.estudis = users.data.1[users.data.1$ID %in% users.data.1$ID[j.e], ]
jugadors.n.estudis = users.data.1[users.data.1$ID %in% users.data.1$ID[j.ne], ]
```

```
TR.jugadors.estudis = jugadors.estudis$Temps.reaccio.1a.sessio
boxplot(TR.jugadors.estudis, ylab = "Temps de reacció (ms)", main = "Temps de reacció, subjectes amb estudis superiors")
```

```
min(TR.jugadors.estudis)
max(TR.jugadors.estudis)
mean(TR.jugadors.estudis)
```

```
TR.jugadors.n.estudis = jugadors.n.estudis$Temps.reaccio.1a.sessio
boxplot(TR.jugadors.n.estudis, ylab = "Temps de reacció (ms)", main = "Temps de reacció, subjectes amb estudis no superiors")
```

```
min(TR.jugadors.n.estudis)
max(TR.jugadors.n.estudis)
mean(TR.jugadors.n.estudis)
```

```
wilcox.test(TR.jugadors.estudis, TR.jugadors.n.estudis, alternative = c("greater"),
            mu = 0, paired = FALSE, exact = NULL, correct = TRUE,
```

```

conf.int = FALSE, conf.level = 0.95)

coord.mu.jugadors.estudis = jugadors.estudis$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio
boxplot(coord.mu.jugadors.estudis, ylab = "Coordinació mà-ull (%)", main =
"Coordinació mà-ull, subjectes amb estudis superiors")
min(coord.mu.jugadors.estudis)
max(coord.mu.jugadors.estudis)
mean(coord.mu.jugadors.estudis)
coord.mu.jugadors.n.estudis = jugadors.n.estudis$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio
boxplot(coord.mu.jugadors.n.estudis, ylab = "Coordinació mà-ull (%)", main =
"Coordinació mà-ull, subjectes amb estudis no superiors")
min(coord.mu.jugadors.n.estudis)
max(coord.mu.jugadors.n.estudis)
mean(coord.mu.jugadors.n.estudis)

wilcox.test(coord.mu.jugadors.estudis, coord.mu.jugadors.n.estudis, alternative =
c("greater"),
            mu = 0, paired = FALSE, exact = NULL, correct = TRUE,
            conf.int = FALSE, conf.level = 0.95)
```


```

```{r,eval=TRUE,echo=TRUE}

j.e = c(1,2,6,7,10,13)
j.ne = c(3,4,5,8,9,11,12,14)
jugadors.estudis.f = users.data.4[users.data.4$ID %in% users.data.4$ID[j.e], ]
jugadors.n.estudis.f = users.data.4[users.data.4$ID %in% users.data.4$ID[j.ne], ]

millora.TR.jugadors.estudis = jugadors.estudis$Temps.reaccio.1a.sessio -
jugadors.estudis.f$Temps.reaccio.4a.sessio
boxplot(millora.TR.jugadors.estudis, ylab = "Temps de reacció (ms)", main = "Temps
de reacció, subjectes amb estudis superiors")
min(millora.TR.jugadors.estudis)
max(millora.TR.jugadors.estudis)
mean(millora.TR.jugadors.estudis)
millora.TR.jugadors.n.estudis = jugadors.n.estudis$Temps.reaccio.1a.sessio -
jugadors.n.estudis.f$Temps.reaccio.4a.sessio
boxplot(millora.TR.jugadors.n.estudis, ylab = "Temps de reacció (ms)", main = "Temps
de reacció, subjectes amb estudis no superiors")
min(millora.TR.jugadors.n.estudis)
max(millora.TR.jugadors.n.estudis)
mean(millora.TR.jugadors.n.estudis)

wilcox.test(millora.TR.jugadors.estudis, millora.TR.jugadors.n.estudis,
alternative = c("greater"), mu = 0, paired = FALSE, exact = NULL, correct = TRUE,
conf.int = FALSE, conf.level = 0.95)

millora.coord.mu.jugadors.estudis= jugadors.estudis.f$Coordinacio.ma.ull.4a.sessio
- jugadors.estudis$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio
boxplot(millora.coord.mu.jugadors.estudis, ylab = "Coordinació mà-ull (%)", main =
"Millora de precisió, subjectes amb estudis superiors")

```


```

```

min(millora.coord.mu.jugadors.estudis)
max(millora.coord.mu.jugadors.estudis)
mean(millora.coord.mu.jugadors.estudis)
millora.coord.mu.jugadors.n.estudis =
jugadors.n.estudis.f$Coordinacio.ma.ull.4a.sessio -
jugadors.n.estudis$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio

boxplot(millora.coord.mu.jugadors.estudis, millora.coord.mu.jugadors.n.estudis,
ylab = "Coordinació mà-ull (%)", main = "Millora de precisió, subjectes amb estudis
superiors/no superiors")
min(millora.coord.mu.jugadors.n.estudis)
max(millora.coord.mu.jugadors.n.estudis)
mean(millora.coord.mu.jugadors.n.estudis)

wilcox.test(millora.coord.mu.jugadors.estudis,
millora.coord.mu.jugadors.n.estudis, alternative = c("greater"), mu = 0, paired =
FALSE, exact = NULL, correct = TRUE, conf.int = FALSE, conf.level = 0.95)
```

```{r,eval=TRUE,echo=TRUE}
jugadors.M = users.data.1[users.data.1$Genere == "M", ]
jugadors.F = users.data.1[users.data.1$Genere == "F", ]
jug.M.TR.1 = jugadors.M$Temps.reaccio.1a.sessio
jug.F.TR.1 = jugadors.F$Temps.reaccio.1a.sessio

hist(jug.M.TR.1, xlab = "Temps de reacció (ms)", ylab = "Número subjectes", main =
"Temps de reacció, subjectes masculins")
min(jug.M.TR.1)
max(jug.M.TR.1)
mean(jug.M.TR.1)
hist(jug.F.TR.1, xlab = "Temps de reacció (ms)", ylab = "Número subjectes", main =
"Temps de reacció, subjectes femenins")
min(jug.F.TR.1)
max(jug.F.TR.1)
mean(jug.F.TR.1)

wilcox.test(jug.M.TR.1, jug.F.TR.1, alternative = c("two.sided", "less",
"greater"), mu = 0, paired = FALSE, exact = NULL, correct = TRUE, conf.int = FALSE,
conf.level = 0.95)

jug.M.coord.mu.1 = jugadors.M$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio
jug.F.coord.mu.1 = jugadors.F$Coordinacio.ma.ull.1a.sessio

hist(jug.M.coord.mu.1, xlab = "Coordinació mà-ull (%)", ylab = "Número subjectes",
main = "Precisió, subjectes masculins")
min(jug.M.coord.mu.1)
max(jug.M.coord.mu.1)
mean(jug.M.coord.mu.1)

hist(jug.F.coord.mu.1, xlab = "Coordinació mà-ull (%)", ylab = "Número subjectes",
main = "Precisió, subjectes femenins")

```

```

min(jug.F.coord.mu.1)
max(jug.F.coord.mu.1)
mean(jug.F.coord.mu.1)

wilcox.test(jug.M.coord.mu.1, jug.F.coord.mu.1, alternative = c("two.sided",
"less", "greater"), mu = 0, paired = FALSE, exact = NULL, correct = TRUE, conf.int
= FALSE, conf.level = 0.95)
```

```{r,eval=TRUE,echo=TRUE}
jugadors.M.4 = users.data.4[users.data.4$Genere == "M", ]
jugadors.F.4 = users.data.4[users.data.4$Genere == "F", ]

jug.M.TR.4 = jugadors.M.4$Temps.reaccio.4a.sessio
jug.F.TR.4 = jugadors.F.4$Temps.reaccio.4a.sessio

millora.TR.M = jug.M.TR.1 - jug.M.TR.4
millora.TR.F = jug.F.TR.1 - jug.F.TR.4

hist(millora.TR.M, xlab = "Temps de reacció (ms)", ylab = "Número subjectes", main
= "Millora temps de reacció, subjectes masculins")
min(millora.TR.M)
max(millora.TR.M)
mean(millora.TR.M)

hist(millora.TR.F, xlab = "Temps de reacció (ms)", ylab = "Número subjectes", main
= "Millora temps de reacció, subjectes femenins")
min(millora.TR.F)
max(millora.TR.F)
mean(millora.TR.F)

wilcox.test(millora.TR.M, millora.TR.F, alternative = c("two.sided", "less",
"greater"),
           mu = 0, paired = FALSE, exact = NULL, correct = TRUE,
           conf.int = FALSE, conf.level = 0.95)

jug.M.coord.mu.4 = jugadors.M.4$Coordinacio.ma.ull.4a.sessio
jug.F.coord.mu.4 = jugadors.F.4$Coordinacio.ma.ull.4a.sessio

millora.coord.mu.M = jug.M.coord.mu.4 - jug.M.coord.mu.1
millora.coord.mu.F = jug.F.coord.mu.4 - jug.F.coord.mu.1

hist(millora.coord.mu.M, xlab = "Coordinació mà-ull (%)", ylab = "Número subjectes",
main = "Millora precisió, subjectes masculins")
min(millora.coord.mu.M)
max(millora.coord.mu.M)
mean(millora.coord.mu.M)

hist(millora.coord.mu.F, xlab = "Coordinació mà-ull (%)", ylab = "Número subjectes",
main = "Millora precisió, subjectes femenins")
min(millora.coord.mu.F)

```

```
max(millora.coord.mu.F)
mean(millora.coord.mu.F)
```

```
wilcox.test(millora.coord.mu.M, millora.coord.mu.F, alternative = c("two.sided",
"less", "greater"), mu = 0, paired = FALSE, exact = NULL, correct = TRUE,
conf.int = FALSE, conf.level = 0.95)
```

