



Facultat de Psicologia, Ciències
de l'Educació i de l'Esport Blanquerna

Universitat Ramon Llull

Creació i proposta de validació d'un sistema per entrenar el llançament sense porter a l'handbol

Projecte: Laser4Handball

Víctor Tremps Domínguez

Curs: 4t CAFE-Matins

Tutor: Xavier de Blas

Data entrega: 9 de Maig de 2017

Curs 2016/2017

0	TÍTOL	7
1	ABSTRACT	7
2	INTRODUCCIÓ	9
2.1	Plantejament del problema.....	10
2.2	Justificació	10
2.3	Viabilitat	11
3	ESTAT DE LA QÜESTIÓ	12
3.1	Sistemes entrenament sense porter en handbol:	12
3.1.1	Entrenament amb lones de punteria.....	13
3.1.2	Entrenament del llançament amb fitlight.....	13
3.1.3	Entrenaments en altres esports	14
3.2	Control i valoració del llançament	15
3.2.1	An innovate Device for measuring the accuracy of throwing in handball (Ioannis Bayios et al., 1998).	17
3.2.2	Mesurar la velocitat de la pilota amb làsers.....	18
4	MARC TEÒRIC	18
4.1	Anàlisi de l'handbol	18
4.1.1	Anàlisi dels esports d'equip	18
4.1.2	L'handbol com esport d'equip.....	19
4.1.3	L'acció del llançament a porteria en handbol.....	20
4.2	Components electrònics per l'estudi del llançament a partir de làsers	22
4.2.1	Arduino	23
4.2.2	Relés	25
4.2.3	LED	26
4.2.4	Plataforma de contacte	26
4.2.5	Làsers.....	27
4.3	Iteracions i metodologia àgil	28
5	TREBALL DE CAMP	29
5.1	Desenvolupament de tecnologies (programari i maquinari)	29
5.1.1	Objectius.....	29
5.1.2	Metodologia	29
5.1.3	Resultats i discussió	40
5.2	Test del sistema	41

5.2.1	Objectius.....	41
5.2.2	Metodologia i resultats.....	42
5.2.3	Discussió	49
6	CONCLUSIONS DE LA CREACIÓ I VALIDACIÓ DE L'EINA	50
7	CRITERIS DE QUALITAT.....	51
8	ASPECTES ÈTICS	51
9	APLICABILITAT, LIMITACIONS I LÍNIES FUTURES DE L'ESTUDI.....	52
10	REFLEXIONS FINALS.....	53
11	FONTS D'INFORMACIÓ.....	54
12	ANNEXOS.....	60

ÍNDIX DE TAULES

Taula 2.1 - Recursos disponibles de la col·laboració amb Chronojump.	11
Taula 3.1 - Instruments de mesura.	16
Taula 4.1- Principis comuns als esports d'equip.	20
Taula 4.2 - Valors (mitjana \pm SD) de velocitat en funció del grau de precisió.	21
Taula 5.1- Especificacions làser Waveshare.	34
Taula 5.2- Càlcul pins d'entrada per Arduino.	36
Taula 5.3- Especificacions Placa 4 mòduls.	39
Taula 5.4 - Variables observades al visionat.	43
Taula 5.5 - Falsos negatius i positius.	45
Taula 5.6 - Resum llançaments i situacions.	45
Taula 5.7 – Numero de llançaments(%).	46
Taula 5.8 – Llançaments Verdaders positius.	46
Taula 5.9- Llançaments falsos positius.	47
Taula 5.10- Llançaments verdaders negatius.	48

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 3.1 - Llicències esportives per federacions 2015 (en milers).	13
Figura 3.2-Lona d'entrenament.	13
Figura 3.3- fitLight.	14
Figura 3.4 - Robokeeper. Porter futbol robòtic.	14
Figura 3.5 - Xarxa d'entrenament passada futbol americà.	15
Figura 3.6 - Entrenament llançament en beisbol.	15
Figura 3.7 - Part del dispositiu electrònic per mesurar la precisió del llançament en handbol.	17
Figura 3.8 - Representació emissor-receptor làser per calcular velocitat.	18
Figura 4.1- Fases de l'acció motriu.	19

Figura 4.2 - Foto Arduino Nano.	24
Figura 4.3 - Captura del programa Arduino.....	24
Figura 4.4 - Exemple fluxos programa Arduino.....	25
Figura 4.5- Símbol elèctric d'un relé.....	26
Figura 4.6- Parts d'un LED.	26
Figura 4.7- Plataforma finalitzada.	27
Figura 4.8- Esquema cèl·lula fotoelèctrica.	27
Figura 4.9- Exemple de tres emissors làsers.....	28
Figura 4.10- Làser utilitzat de la marca Waveshare amb emissor i receptor.....	28
Figura 4.11- Procés d'iteracions seguit durant tot el procés.	29
Figura 5.1 - Procés metodològic.	30
Figura 5.2 - Proposta Iteració 1.....	31
Figura 5.3- Iteració 2.....	31
Figura 5.4- Circumferència pilota d'handbol.....	32
Figura 5.5- Esquema de la idea final. m: Llum, l: làser, z: zona llançament.....	32
Figura 5.6- Proves per determinar l'angle influencia.	33
Figura 5.7- Làser utilitzat amb el receptor rebent senyal.....	34
Figura 5.8- Làser utilitzat amb el receptor tallat per la pilota.....	34
Figura 5.9 - Detall de la protecció del làser.	35
Figura 5.10- LED 5w utilitzat.....	35
Figura 5.11- Imatge de les 3 llums enceses durant el Test.	35
Figura 5.12- Explicació de cada pin Arduino Nano.	36
Figura 5.13 – Placa relés 5v 4 canals.....	39
Figura 5.14 - Connexions a la placa d'experimentació.	40
Figura 5.15 – Equip muntat al laboratori Chronojump.....	40

Figura 5.16 - Muntatge el dia de la prova. 1. Distància col·locació làser. 2. Làser col·locat al travesser. 3. Distància emissor làser vertical. 4. Distància emissor làser vertical.	42
Figura 5.17 - Seqüència de llançaments.	43
Figura 5.18 - Muntatge per realitzar el test.....	44

0 TÍTOL

Creació i proposta de validació d'un sistema per entrenar el llançament sense porter a l'handbol.

1 ABSTRACT

Català:

L'objectiu d'aquest Treball Final de Grau és la creació i proposta de validació d'una eina que permeti als jugadors d'handbol l'entrenament del llançament de forma autònoma i sense la necessitat d'un porter. El nom de l'eina serà: Laser4Handball

Diferents estudis confirmen la necessitat d'un sistema on el jugador no conegui prèviament la localització espacial i temporal del lloc on ha de realitzar el llançament. Aquest sistema busca apropar-se a la realitat del llançament a l'handbol on, degut a la velocitat que agafa la pilota i la precisió amb la que es produeixen els llançaments en l'alt rendiment, el porter busca estratègies d'anticipació per poder aturar la pilota, fet que podrien aprofitar els jugadors si fan una lectura correcta per tenir un avantatge.

Per a la creació d'aquest sistema, s'ha comptat amb la col·laboració de l'Associació Chronojump i dels seus professionals. El sistema respectant la filosofia Chronojump, ha buscat utilitzar maquinari de baix cost però de qualitat i programari lliure i obert. El sistema compta amb 4 làsers de la marca Waveshare, 4 llums leds d'alta intensitat, una plataforma de contacte i un microcontrolador Arduino Nano.

El sistema és una implementació d'una porteria. El jugador trepitja una plataforma de contacte, i tres llums s'il·luminaran a la porteria. El jugador ha de llançar a la llum que no està encesa. La detecció de la bola es fa per quatre làsers connectats a un Arduino nano. El jugador té un temps per llançar limitat, i la llum s'encendrà de forma aleatòria i amb un retard prèviament establert aleatòriament. El sistema tan sols detecta temps de reacció i precisió, però no detectarà velocitats.

La prova de validació ha estat realitzada per un jugador d'handbol professional, que ha efectuat 222 llançaments. L'anàlisi de les dades ha estat en base als falsos positius i falsos negatius que ha donat la prova. Cal dir que la prova de validació ha donat una probabilitat de falsos positius d'un 40%. Per tant, s'ha de continuar desenvolupant l'eina per reduir aquests resultats.

Tot i els resultats, creiem que és un bon inici per a seguir desenvolupant el sistema i realitzant millores, ja que és un dispositiu innovador per a l'entrenament del llançament.

Anglès:

The aim of this Final Project is to create and design a validation for a tool that allow handball players to self-train the ability of throwing without having a goalkeeper. The name of the gatched will be: Lase4Handball.

Several studies confirm the necessity of a system where previously the player doesn't know about the location and the space where he has to throw. This system pursues to adjust the reality of throwing in handball where, due to the speed and accuracy of the throwing in handball players, the goalkeeper search strategies to anticipate his movement to stop the ball. This anticipation can be used by the Player, if he makes a good read, to take advantage of the goalkeeper.

For the creation of this system, there has been a collaboration of the Association Chronojump and his professional team. The System has tried to respect the philosophy of Chronojump, by searching a quality and low cost open-source electronic hardware/software. The System has four Waveshare lasers, four high intensity leds, a contact platform and a microcontroller Arduino nano.

The system is an implementation of a goal. The Player step on a contact platform and three lights turn on in the goal. The Player has to shoot where there is no light turned on. The ball is detected by four lasers connected to an Arduino nano. The Player has limited time to throw, and the light will be turn on randomly and with a delay after the step on. The system is only available to detect time reaction and accuracy but is not available to detect speed of the ball.

The test field was carried on by a professional handball player, who made 222 throwing's. The data analysis was based on false positive and false negative results that the test gave. However, the validity test has shown a probability of error of 40% on false positive. As a matter of fact, the system should be improved in the future.

Despite the results, we believe that this is a good start to further developments of the System that will provide an innovative way of training the throw in handball.

2 INTRODUCCIÓ

El present Treball de Final de Grau (TFG) neix de la inquietud de l'autor davant la condició física específica de l'handbol i més concretament en l'habilitat del llançament, la seva valoració i la seva rellevància en el rendiment esportiu.

L'autor és jugador d'handbol i durant els seus anys d'experiència, ha observat com molts llançadors d'handbol, davant l'anticipació del porter eren incapaços de canviar el seu llançament. Això fa pensar que els jugadors d'handbol a vegades pensen on llançaran abans de llegir la informació que tenen davant i actuar en conseqüència.

El llançament en l'handbol, igual que en altres esports d'equip, suposa la culminació de tota la construcció del cicle d'atac (Antón García, 1990) i segons els diferents autors (García Herrero, Moreno Hernández, & Cabero Morán, 2011; E. Gorostiaga, Ibañez, Ruesta, Granados, & Izquierdo, 2009; Jimenez-olmedo, Espina-agullo, & Manchado, 2017; Rivilla, Martínez, Navarro, & Sampedro, 2011, entre d'altres) trobem que el llançament d'handbol és l'habilitat més important.

Un cop va sorgir aquesta inquietud, es va realitzar una recerca d'estudis on es relacionés el llançament amb les capacitats cognitives en l'handbol, i el resultat ha estat que existeixen molts pocs estudis que relacionin aquestes dues variables (Párraga Montilla, 1999; Rivilla García, 2009; Rivilla García, Martínez, Grande, & Sampedro, 2011). Els estudis que existeixen, el factor cognitiu és davant un porter o oposició (defensors blocant), amb el seu factor humà d'anticipació (Solà Santesmases, 2009), que fa que la situació sigui real, però l'objectiu de que el llançador prengui una decisió és funció de l'actuació del porter i com a presa de decisió davant un estímul.

En el llançament d'handbol hi ha dos components molt importants que influeixen en l'èxit final d'aquesta habilitat: velocitat i precisió (van den Tillaar & Ettema, 2007). La velocitat la pots millorar entrenant la condició física de la força (Párraga Montilla, Sanchez, & Sicilia, 2001) i la precisió (principal objectiu d'aquest TFG) s'entrena amb la pràctica repetida de l'habilitat. Al mercat existeixen mètodes d'entrenament de la precisió de llançament, però són mètodes que no tenen en compte els aspectes cognitius. Aquest mètodes són les tradicionals xarxes amb forats de precisió que s'acoblen a la porteria i que tractarem al punt 3, estat de la qüestió.

El present TFG va orientat a la creació i proposta de validació d'un sistema d'entrenament sense porter en col·laboració amb l'associació Chronojump. Aquest sistema serà elaborat en un entorn de programació lliure i amb la intenció sobretot de valorar la precisió en situacions de presa de decisions en el llançament d'handbol, quan s'executin a màxima velocitat.

2.1 Plantejament del problema

Davant el plantejament de realitzar un TFG on mesurar la velocitat de llançament en funció del temps d'aparició de l'estímul, el meu tutor Dr. Xavier de Blas va proposar la creació d'un sistema d'entrenament sense porter per esports de sala (handbol, futbol sala, hoquei patins).

Aquest sistema, en un principi, havia de ser un porter virtual que estigués projectat en una lona mitjançant un projector (Párraga Montilla et al., 2001). Davant la dificultat de la creació d'aquest pel temps disponible, es va optar per la creació d'un sistema de llums semblant al proposat per (Castillo, Oña, Raya, & Martínez, 2002), però que ells van utilitzar per el entrenament dels penals en futbol.

En l'actualitat, si en un entrenament d'handbol no hi ha porter, les solucions que hi ha són més aviat casolanes com ara posar petos a les cantonades de la porteria per fer punteria, col·locar una lona de precisió com la de la Figura 2.1 o qualsevol sistema ideat per l'entrenador en aquell moment per practicar la punteria.

Però tots aquest sistemes tenen el mateix problema: el llançador no ha de realitzar cap esforç cognitiu a l'hora de realitzar el llançament, simplement executar de la forma més ràpida i precisa, allà on ell decideix prèviament llançar.

2.2 Justificació

Ja que existeix una manca de sistemes d'entrenament pel llançament sense porter amb una vessant tecnològica i donat que l'associació Chronojump, està interessada en el desenvolupament de tecnologia aplicada a l'esport que sigui d'utilitat i ajudi als professionals d'aquest àmbit (de Blas Foix, 2012), sorgeix la idea de la creació d'un sistema que et digui si has encertat o no de manera automàtica, i que a més et faci reaccionar en funció de l'estímul aleatori que genera el sistema.

Aquesta proposta es justifica per:

- La necessitat de crear un sistema innovador per l'entrenament del llançament.
- La veracitat de les dades aportades per un sistema validat tecnològicament.
- La col·laboració amb la associació Chronojump.
- La proximitat de l'autor amb el món tecnològic (itinerari tecnològic en Batxillerat).
- La creença de l'autor de modernitzar el món de l'handbol, que encara utilitza metodologies tradicionals.

2.3 Viabilitat

El plantejament d'aquest TFG no pot oblidar els elements que el fan viable. Aquest serà possible gracies al coneixement i a la experiència de l'Associació Chronojump, fundada al 2014, amb la finalitat de la investigació i difusió de la tecnologia aplicada a l'activitat física i l'esport. Amb l'ajut de Chronojump, que donarà suport (taula 2.1) es crearà el maquinari i programari necessari que serà executat per un microcontrolador Arduino nano.

Taula 2.1 - Recursos disponibles de la col·laboració amb Chronojump.
Font: Elaboració pròpia.

Recursos Humans	Recursos materials
Sr. Xavier Padullés - Enginyer	Material necessari
Dr. Xavier de Blas - Programador	Eines
Sra. Marta Miró - Enginyera	Laboratori

A més l'autor del TFG, ajuda al descobriment i desenvolupament de noves tecnologies que podrien ser utilitzades en un futur per l'Associació Chronojump. També l'autor aprèn nous coneixements sobre l'aplicació de tecnologia en l'esport, que no són propis d'un Graduat en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport.

Tot el maquinari utilitzat en aquest TFG, com l'autoria del programari pertanyen a l'Associació Chronojump, fet que fa fiable econòmicament aquest TFG.

Un fet clau que fa que aquest TFG sigui viable, és la qüestió temporal, ja que la concreció del tema de TFG es va allargar fins els començament del segon semestre. L'alumne en el segon semestre ha cursat les assignatures de Pràcticum i TFG, el que ha facilitat la total disponibilitat per part de l'alumne en relació als horaris disponibles per poder fer reunions amb els experts, desplaçar-se a comprar material, invertir hores en el laboratori i tot el temps relacionat en la realització del TFG. Cal destacar que sense la disponibilitat d'aquest temps, el TFG no hauria estat possible.

3 ESTAT DE LA QÜESTIÓ

En aquest apartat intentarem fer un anàlisi dels actuals sistemes que hi ha per l'entrenament sense porter en handbol i donarem alguns exemples, sense profunditzar, de sistemes d'entrenament autònoms en altres esports.

A més, farem una revisió dels test més utilitzats en diferents estudis, i de quina forma es valora i controla el llançament en handbol, per entendre la justificació de la creació del nostra sistema.

3.1 Sistemes d'entrenament sense porter en handbol:

Per aquest apartat farem una recerca per la xarxa d'internet per veure que trobem amb paraules claus com: entrenament sense porter, xarxes entrenament, xarxes punteria i entrenament llançament. Aquesta recerca la farem també amb els noms en anglès i castellà, donat que creiem que les publicacions poden ser més abundants en aquests idiomes.

Cal dir que la recerca ha aportat molt poc material, donat que l'handbol és un esport minoritari, és el setè esport en nombre de federats a Espanya (figura 3.1), encara que l'handbol a rebut un 32,4% d'increment en les seves subvencions en el 2016 (CSD, 2017), el nombre de federats no deixa de baixar, fet que fa que les marques no inverteixin diners en material.

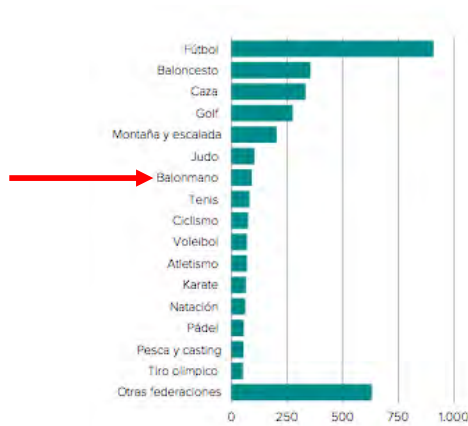


Figura 3.1 - Llicències esportives per federacions 2015 (en milers).
Font: MCDE, 2016.

3.1.1 Entrenament amb lones de punteria

Els resultats de la recerca són molt pobres i tan sols trobem els següents tipus de lones amb les seves diferents variants:

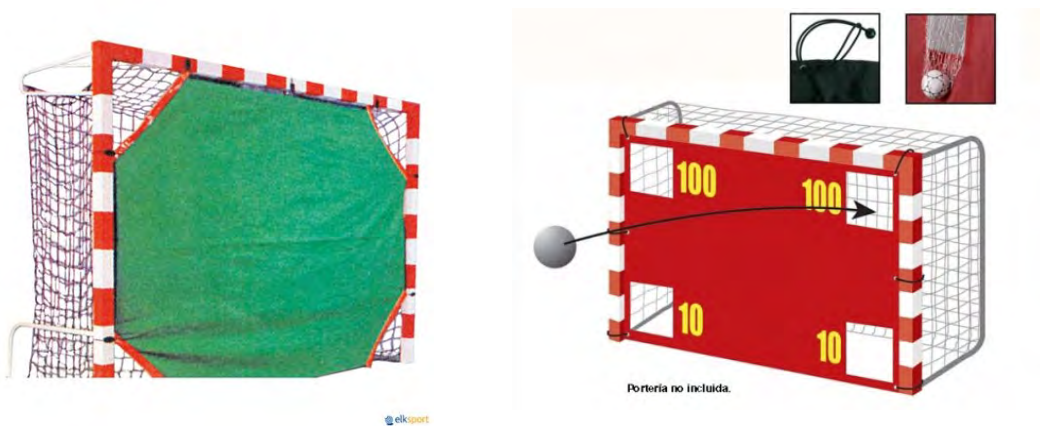


Figura 3.2-Lona d'entrenament.
Font: Elksports, 2017 (esquerre) i Dalter, 2017 (dreta).

Com és pot veure (figura 3.2) aquests sistemes són sistemes per entrenar únicament la punteria i la força de llançament, però no hi ha cap implicació cognitiva en l'execució.

Tot i així són els més habituals de trobar en els clubs d'handbol.

3.1.2 Entrenament del llançament amb fitlight

Una altre opció d'entrenament del llançament que proposa l'autor del TFG, seria utilitzar el sistema fitlight trainer.

Al 2007, Erik Veje Rasmussen, un jugador d'handbol, va desenvolupar una eina per el entrenament esportiu, l'Octopus Trainer. Rasmussen va anar perfeccionant el sistema, fins crear el nou dispositiu, el fitlight trainer.

El fitlight trainer ofereix als atletes la possibilitat de millorar habilitats visuals i cognitives com la concentració i la presa de decisions, la coordinació viso-motora, el processament d'informació visual, la visió perifèrica i el seguiment d'objectes (Perez Godoy, 2013).

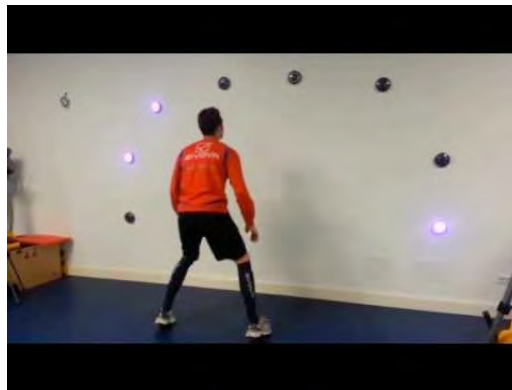


Figura 3.3- fitLight.
Font: Que baloncesto, 2017.

L'únic inconvenient del fitlight, és el seu preu i que el rang de detecció dels sensors de cada llum no excedeix de més d'un metre, per tant serveix per a l'entrenament de la presa de decisions, però el sistema no et dona cap tipus de feedback de temps de reacció o encert del llançament.

3.1.3 Entrenaments en altres esports

Entrenament robòtic per llançament en futbol:



Figura 3.4 - RoboKeeper. Porter futbol robòtic.
Font: 4Attention, 2017.

Entrenament llançament en futbol americà:



Figura 3.5 - Xarxa d'entrenament passada futbol americà.
Font: Sklz, 2017.

Entrenament punteria per al pitxer en beisbol:



Figura 3.6 - Entrenament llançament en beisbol.
Font: Trainers4me, 2017.

3.2 Control i valoració del llançament

A continuació es farà una revisió dels diferents mètodes de control i valoració del llançament que hi ha en la bibliografia actual.

Donada la importància del llançament en handbol, com s'ampliarà al punt 4.1.3, l'estudi d'aquesta habilitat per part de diferents autors es fa des de fa temps (Bretagne, 1980; Prokajac, 1980).

S'avança que l'èxit del llançament és una combinació de velocitat i precisió, per evitar l'anticipació del porter (Párraga Montilla et al., 2001).

Tradicionalment s'han utilitzat tests inespecífics per la valoració de la condició en els esports d'equip. A diferència dels esports individuals, els esports d'equip tenen un factor cognitiu molt important, de presa de decisió (Rivilla García, 2009).

Això ha generat una evolució en el rendiment dels esports d'equip. Planificació esportiva, metodologia i exercicis posen èmfasis en els factors cognitius (Costa, 2013). Però aquesta evolució no es reflexa en el com mesurem i controlem, ja que fins ara els test proposats en els esports d'equip, la gran majoria ignoren els factors cognitius de presa de decisió i fins i tot no tenen en compte la tècnica específica (Rivilla García, 2009).

La mesura del llançament en handbol pot fer-se amb diferents instruments. A continuació exposem una taula resum de diferents tipus de mesures portades a terme en diferents estudis (taula 3.1).

Taula 3.1 - Instruments de mesura.
Font: modificat i ampliat de Rivilla García, 2009.

RADAR	CINEMATOGRAFIA	CEL·LULES FOTOELECTRIQUES	LASER
Caballero, Luis, Sabido, & Caballero Sánchez (2012)	Delamarche (1988) Joris & cols. (1985) Ortega-becerra, (2013) Parraga & cols. (2001)	Eliasz (1996) Gorostiaga & cols (2005)	Bayios & cols. (2001) Ioannis Bayios, Georgiadis, & Boudolos (1998)
Filliard (1989) Karadenizli, Inal, Meriç, Aydın, & Bulgan (2014)	Serrien, Clijsen, Blondeel, Goossens, & Baeyens (2015) Van den Tillar & Ettema (2003)	Granados & cols. (2008) Pardo & cols (2007) Rivilla García (2009)	Rousanoglou, Noutsos, Bayios, & Boudolos (2015)
Mikkelsen & Olensen (1985) Prokajac (1980)	Wagner, Pfusterschmied, Klous, von Duvillard, & Müller (2012)	Wit & Eliasz (1998)	Rousanoglou, Noutsos, Boudolos, & Bayios (2014)

Com es pot observar les mesures més realitzades són a través de cinematografia i de radar. Creiem que la mesura a través de làser és poc utilitzada per la seva dificultat

tecnològica, necessites un feix de làser el suficientment gran com per poder mesurar la pilota en el seu diàmetre màxim, sinó et donarà lectures errònies.

Els autors que més han intentat estudiar sobre velocitat de llançament i aspectes cognitius són els grecs Bayios i Boudolos (1998; 2001; 2014; 2015).

A continuació exposem els sistemes i estudis de Bayios.

3.2.1 An innovate Device for measuring the accuracy of throwing in handball (Bayios et al., 1998).

Al 1998 (Bayios et al., 1998) van realitzar el següent dispositiu per mesurar la precisió de llançament en handbol i la velocitat de llançament.



Figura 3.7 - Part del dispositiu electrònic per mesurar la precisió del llançament en handbol.
Font: Ioannis; Bayios et al., 1998.

El dispositiu consistia en tres panels independents instal·lats i connectats als pals de la porteria (Figura 3.7). Les dimensions dels panels eren 200x60x2cm pels dos panel verticals i 180x60x2cm pel panel horitzontal.

Els panels van ser foradats i omplerts per leds. Els leds formaven una xarxa quadrada de 40x40 mm. Un d'aquests quadrats quan s'il·luminava determinava l'objectiu per fer punteria.

Al voltant dels leds es va fer una altra xarxa de 40x40 mm de connectors metàl·lics que servien com a detectors del llançament (feien funció d'interruptor). Tota la informació era processada per una CPU.

3.2.2 Mesurar la velocitat de la pilota amb làsers

A la figura 3.8 podem observar el mètode que va utilitzar Bayios & Boudolos (1996) en la mesura de la precisió i velocitat de llançament.

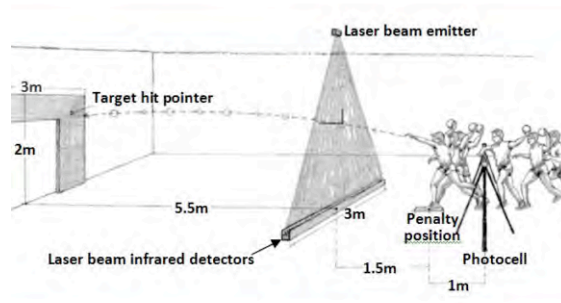


Figura 3.8 - Representació emissor-receptor làser per calcular velocitat.
Font: Rousanoglou, Noutsos, Bayios, & Boudolos, 2015.

La determinació de la velocitat de la pilota es va realitzar basant-se en el diàmetre de la bola i el temps (en microsegons) que el raig làser s'interromp pel pas de la bola (Bayios & Boudolos, 1996). A més es va validar el sistema amb coeficient de correlació de 0,99, amb un percentatge de coeficient de variació (%CV) per totes les velocitats testades, amb un marge de 1,2-2,2% (Boudolos & Bayios, 2001).

4 MARC TEÒRIC

Per entendre correctament el marc teòric hem de tenir en compte que l'handbol és un esport d'equip, en el qual l'acció motriu més rellevant és el llançament, com ja hem comentat anteriorment.

Per tant en aquest marc teòric es farà un estudi dels aspectes rellevants dels esports d'equip, analitzarem l'acció del llançament i la seva valoració condicional.

Finalment hi ha un apartat dedicat a les iteracions, procés amb el qual he desenvolupat el sistema.

4.1 Anàlisi de l'handbol

4.1.1 Anàlisi dels esports d'equip

L'objecte del TFG és crear una eina d'entrenament per l'acció motriu del llançament, però és cert que per entendre el perquè d'aquesta creació s'ha de conèixer les característiques dels esport d'equip o esports de cooperació-oposició.

La definició d'esports d'equip o cooperació-oposició, ha estat utilitzada per diferents autors. Aquesta explica la relació de cooperació entre els membres d'un mateix equip i les relacions d'oposició entre els dos equips que s'enfronten (Lago Peñas & López Graña, 2002).

En els esports d'equip trobem habilitat motrius obertes (Poulton, 1957), accions no repetitives, ni mecàniques que es modifiquen durant el seu desenvolupament. Són accions que relacionen el seu èxit amb les informacions externes i la forma d'interpretar aquesta informació, és a dir, de la percepció de l'entorn i decisió en funció de la mateixa. Per tant són accions que s'adapten a les situacions canviant del entorn (Singer, 1980). Per tant aquestes adaptacions estaran determinades per la tàctica del joc.

Així, el jugador d'esports d'equip per aconseguir èxit en les accions motrius del esport haurà de: observar i analitzar, decidir i executar (Ruiz, García, & Casimiro, 2001).

El procés es podria explicar en base als tres mecanismes participants en el acte motor: percepció, decisió i execució (figura 4.1)

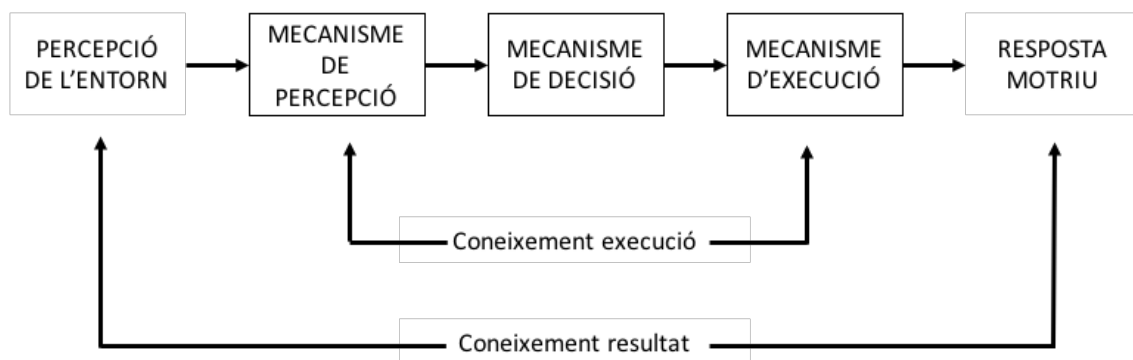


Figura 4.1- Fases de l'acció motriu.
Font: Gonsálvez Botella, 2015.

4.1.2 L'handbol com esport d'equip

És necessària una comprensió de les característiques de l'handbol per poder valorar el llançament a porteria.

Els esports col·lectius com l'handbol tenen unes constants (Bayer, 1986). Depenent de l'esport a practicar aquests paràmetres determinaran les característiques del mateix i per tant de les accions motores que es desenvolupen.

L'handbol té la característica de ser un esport amb agrupacions motores que no presenten mai agrupacions periòdiques idèntiques de moviments, degut al seu component social (Solà Santesmases, 2009). Es tracta d'habilitats motores, però que en la configuració és saber interactiu, saber fer el correcte en cada situació. S'afirma doncs que el saber cinètic o dinàmic del comportament motor humà en l'esport es construeix, sobretot, en la relació canviant (Solà Santesmases, 2009).

Els esports d'equip, com l'handbol, són el gran exemple de la complexitat màxima dels elements perceptius. L'handbol presenta una configuració de moviments molt alta, ja que la coordinació tècnica adequada anirà també en funció dels altres subjectes, del propi equip i del equip contrari (Solà Santesmases, 2009). Un bon jugador d'handbol és el que és capaç de fer una bona lectura del que succeeix en al seu voltant i adaptar els seus moviments en funció del que es capaç de llegir.

Hi ha una característica comú entre els esports d'equip, són les fases atac i defensa (taula 4.1)

Taula 4.1- Principis comuns als esports d'equip.
Font: Bayer, 1986, citat en Rivilla García, 2009.

Atac: Possessió de la pilota	Defensa: No possessió de la pilota
Conservar la possessió de la pilota	Recuperar la possessió de la pilota
Progressió del jugadors i de la pilota cap a la meta contraria	Impedir la progressió dels jugador i de la pilota cap a la meta pròpia
Conservar la possessió de la pilota	Recuperar la pilota

Com ja hem anunciat abans, l'acció motriu característica és la del llançament ja que serà la que donarà en moltes ocasions la finalització de l'acció d'atac i la que finalment determinarà el resultat final del partit.

4.1.3 L'acció del llançament a porteria en handbol

A continuació s'exposen les característiques i requeriments de l'acció motriu per la qual es vol crear aquest sistema d'entrenament sense porter, el llançament a porteria, així com la seva rellevància en el joc.

La finalitat d'aquest apartat és conèixer a que ens referim quan parlarem d'un llançament a porteria. L'acció del llançament a porteria és la més espectacular de les accions en l'handbol, però darrera d'aquesta acció motriu s'amaguen molts factors (perceptius, cognitius, condicionals, psicològics...) necessaris per el seu èxit.

El llançament és l'acció d'impulsar la pilota cap a la porteria amb l'objectiu de superar al porter i aconseguir fer gol (Sánchez, 1991). Amb l'acció de llançament aconseguirem l'objectiu final del atac i el més important de la fase ofensiva: fer gol.

El llançament d'handbol és el primer objectiu. Tota acció d'atac ha d'estar finalitzada per un llançament, d'aquesta manera la fase ofensiva es dona per confluïda. La finalitat és fer gol, i com a conseqüència, els llançaments a porteria i el seu resultat determinen la derrota o victòria del equip contrari (Rivilla García, 2009). Per això l'eficàcia dels llançaments es un fet que a molt entrenadors els obsessiona (Jimenez Olmedo et al., 2017).

Nombrosos estudis destaquen la velocitat de llançament i la precisió, com a factor determinant en l'èxit del llançament (Ioannis; Bayios & Boudolos, 1996; Gorostiaga et al., 2009; van den Tillaar, 2003; entre d'altres) perquè dificulten la intervenció de defensors i porter (oposició) (Párraga Montilla et al., 2001).

Taula 4.2 - Valors (mitjana \pm SD) de velocitat en funció del grau de precisió.
Font: Rivilla García et al., 2011.

GRUPOS	Grado de Precisión	N	P_1 (m s ⁻¹)	N	P_2 (m s ⁻¹)
GRUPO SUB-18	Escasa precisión	19	24,42 \pm 1,84 ^{e a m}	23	23,08 \pm 1,29 ^{e a m}
	Media precisión	30	22,23 \pm 2,03 ^{a a m}	38	20,85 \pm 2,06 ^{a a m}
	Alta precisión	23	21,09 \pm 2,85 ^{e r}	20	19,51 \pm 2,31 ^{e r}
	Màxima precisión	20	20,85 \pm 1,97 ^{e r}	11	18,31 \pm 2,07 ^{e r}
GRUPO AMATEUR	Escasa precisión	12	25,93 \pm 1,32 ^{a m}	20	23,75 \pm 1,48 ^{e a m}
	Media precisión	28	24,88 \pm 2,14 ^{a m}	30	22,55 \pm 2,08 ^{a a m}
	Alta precisión	23	23,71 \pm 1,22 ^{e r m}	20	20,75 \pm 2,24 ^{e r}
	Màxima precisión	20	22,47 \pm 2,13 ^{e r m}	11	19,11 \pm 2,15 ^{e r}
GRUPO ÉLITE	Media precisión	2	26,61 \pm 2,57	8	28,74 \pm 1,27 ^m
	Alta precisión	10	27,134 \pm 2,11	9	25,56 \pm 2,43
	Màxima precisión	14	27,87 \pm 2,29	11	24,67 \pm 2,75 ^r

Diferencias significativas (p<0,05): ^eDiferencia significativa amb escassa precisió; ^rDiferencia significativa amb mitjana precisió; ^aDiferencia significativa amb alta precisió; ^mDiferencia significativa amb màxima precisió.

Cal destacar que, com més alta es la velocitat de llançament, més empitjora la precisió (taula 4.2).

Com més allunyat de la porteria és el llançament més importància té la velocitat i precisió del llançament, ja que entra en joc l'anticipació del porter (Párraga Montilla et al., 2001). A més últimament s'ha observat un augment dels llançament exteriors, més

enllà de la línia de nou metres (Jimenez Olmedo et al., 2017). Això és degut al canvi fisiològic que han realitzats els jugadors i al canvi en l'estil de joc (Lozano Jarque, 2014) Les característiques d'una bona execució del llançament en handbol (Bárcenas González & Román Seco, 1991):

1. El moviment del llançament d'handbol ha de ser a màxima velocitat.
2. La pilota ha de sortir a la màxima velocitat possible per evitar l'anticipació del porter.
3. La precisió és molt important per dificultar l'aturada.
4. S'ha de seleccionar molt be quan llançar.

A diferència d'altres esports de punteria, p.e. dards o bàsquet, l'handbol es caracteritza en que l'objectiu a encertar no està predeterminat en un lloc i amb unes dimensions concretes. En l'handbol, com en el futbol, l'objectiu està finalment determinat per el procés visual que fa el jugador sobre el porter per determinar el costat el qual és més vulnerable (Rousanoglou et al., 2015).

El temps d'execució també és molt important, ja que quan es redueix el temps d'execució, el rendiment en el llançament empitjorà (Rousanoglou et al., 2015).

En anteriors estudis d'handbol, els participants coneixien abans de llançar el lloc on havien de fer-ho (Wagner et al., 2012), el que fa allunyar aquestes situacions experimentals a les situacions reals de joc. Tan sols en dos estudis (Castillo et al., 2002; Párraga Montilla et al., 2001; Rousanoglou et al., 2015, 2014) hem trobat situacions on els llançadors no eren coneixedors del lloc on havien de realitzar el llançament.

Aquest estudis van trobar que la velocitat de llançament es veu afectada quan el llançament té una limitació temporal (Rousanoglou et al., 2015). Tenint un efecte més significatiu en jugadors novell que experimentats.

4.2 Components electrònics per l'estudi del llançament a partir de làsers

A continuació s'exposen els components que després de reunions amb experts, es van escollir per elaborar aquest sistema d'entrenament sense porter. La gran majoria dels components eren nous per l'autor i segurament per a moltes persones del món de l'esport, per això s'ha cregut convenient fer un apartat de marc teòric explicatiu, ja que

el present TFG és purament d'aplicació, aquest apartat no pretén discutir sobre les tecnologies, sinó que explica aquestes tecnologies (per la comprensió dels professionals de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport).

4.2.1 Arduino

Arduino és una plataforma de codi obert que es basa en un simple placa d'entrada/sortida (input/output en anglès) que s'implementa per un llenguatge de programació. Arduino pot ser utilitzat per desenvolupar objectes interactius autònoms o pot ser connectat al programari d'un ordinador. Les plaques es poden muntar a mà o demanar-se acoblades. El codi lliure es pot descarregar de la pàgina web (www.arduino.cc) (Banzi, 2008).

Les plaques estan compostades per circuits impresos que integren un microcontrolador i l'entorn de desenvolupament (IDE), on es programa cada placa.

Què fa que Arduino sigui diferent a la resta de plataformes (Banzi, 2008):

- És una plataforma que funciona en diferents sistemes operatius: Windows, Macintosh i Linux.
- Està basat en programació IDE, fàcil d'utilitzar en l'entorn de desenvolupament usat per artistes i dissenyadors.
- Programes la placa via USB, no un port sèrie. Això és útil perquè molt ordinadors moderns no tenen port sèrie.
- És maquinari i programari de codi obert, si vols, pots descarregar-te un diagrama de circuit, comprar els components, i fer el teu propi, sense pagar res als propietaris d'Arduino.
- El maquinari és econòmic. La placa USB costa uns 20€ i reemplaçar un chip desgastat de la placa no costa més de 4-5€. Així que es poden afrontar alguns errors.
- Existeix una comunitat molt activa d'usuaris, que t'ajudaran si tens problemes.
- El projecte Arduino ha estat desenvolupat en un entorn educacional i per això, els nou vinguts aconseguiran coses ràpidament.

El propòsit d'Arduino és portar les eines que abans només estaven a l'abast del enginyer; degut a la seva complexitat; als usuaris més novells.

Els prototips són el cor d'Arduino, es fan coses i es construeixen objectes que interactuen amb altres objectes, persones i xarxes. L'objectiu és trobar un camí simple i ràpid cap a un prototip de la forma més econòmica possible (Banzi, 2008).

La placa d'Arduino és un microcontrolador petit, que és un circuit petit que conte un munt de petits chips (el microcontrolador). Aquesta computadora (figura 4.2) és com a mínim mil vegades menys potent que un MacBook, però és molt més econòmic i molt útil per construir dispositius molt interessants (Banzi, 2008).

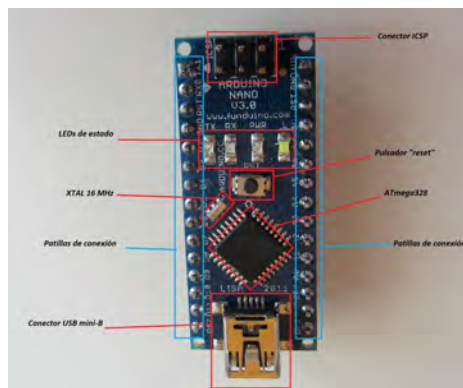


Figura 4.2 - Foto Arduino Nano.
Font: Arrizen, 2013.

El programari està basat en un Entorn de Desenvolupament Integrat (IDE), que és un programa instal·lat en el teu ordinador que et permet escriure programes per la placa Arduino en un llenguatge molt simple.

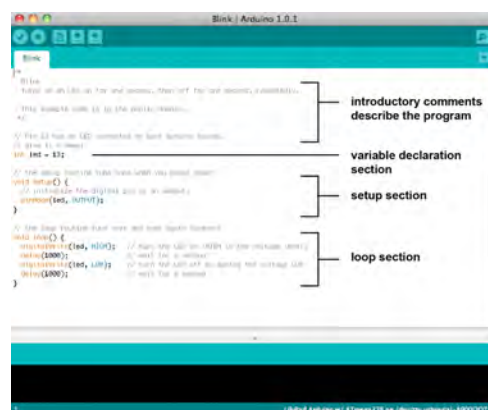


Figura 4.3 - Captura del programa Arduino.
Font: jecrespom, 2017.

El programa permet als principiants que no entenen molt de programació, programar en un llenguatge molt més senzill, ja que després el propi programa tradueix a un llenguatge més complex que utilitza el microcontrolador.

L'estructura bàsica d'un programa (figura 4.3) a Arduino és molt simple i es compon de com a mínim dos parts. Setup (establir) i loop section (bucle).

La part d'establir és l'encarregada de recollir la configuració i el bucle és la que conté el programa que s'executarà cíclicament (per això el terme loop – bucle-). Ambdues funcions són necessàries perquè el programa funcioni.

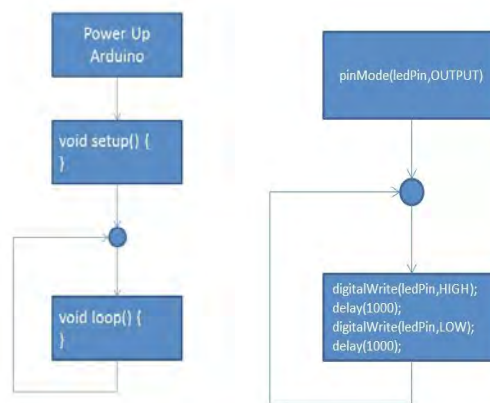


Figura 4.4 - Exemple fluxos programa Arduino.
Font: jecrespom, 2017.

La funció de configuració (establir) ha de contenir la inicialització dels elements i aquesta només s'executa just després de fer el reset i no es torna a executar fins que no hi ha un altre reset. Serveix per configurar variables inicials, utilitzar biblioteques, etc. (jecrespom, 2017).

La funció bucle executarà contínuament (entrades, activació de sortides, etc.). Aquesta funció és el nucli de tots els programes d'Arduino i s'usa per el control actiu de la placa (jecrespom, 2017).

4.2.2 Relés

El relé o rellevador, és un dispositiu electromagnètic. Funciona com un interruptor controlat per un circuit elèctric en el que, per mitja d'una bobina i un electroimant,

s'acciona un joc de un o varis contactes que permeten obrir o tancat circuits elèctrics independents (Wikipedia, 2017d).

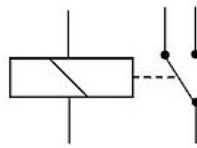


Figura 4.5- Símbol elèctric d'un relé.
Font: Wikipedia, 2017d.

Els relés poden ser normalment oberts (NO) o normalment tancats (NC). Els NO en absència de tensió a la bobina estaran oberts, és a dir, que no deixaran passar intensitat. Per el contrari els NC estaran tancats en absència de tensió a la bobina. Quan per la bobina circuli tensió els contactes NO es tancaran i els NC s'obriran, és a dir canviaran el estat inicial o normal (Rodríguez, 2013).

4.2.3 LED

El LED és un acrònim de "Light Emitting Diode" o díode emissor de llum de estat sòlid, constitueix un tipus especial de semiconductor, perquè aconsegueix convertir en llum la corrent elèctrica de baix voltatge que travessa el seu xip. Amb la avantatge davant altres tecnologies de que no contamina el medi ambient (Garcia Alvarez, 2014).

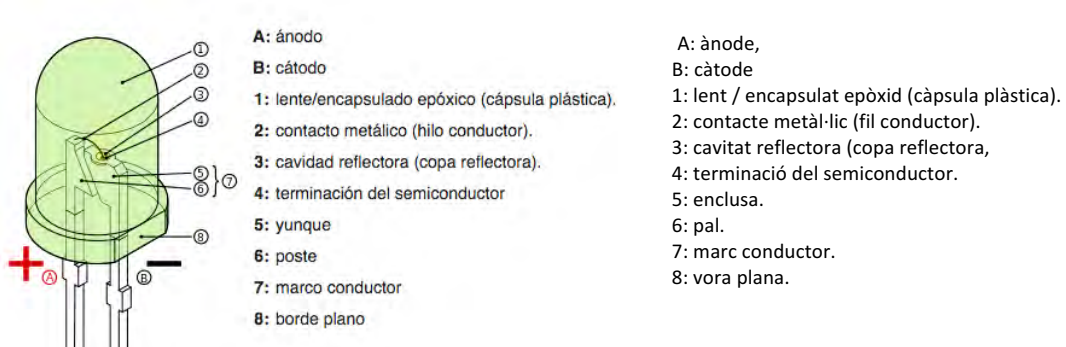


Figura 4.6- Parts d'un LED.
Font: Wikipedia, 2017c.

4.2.4 Plataforma de contacte

Una plataforma de contacte (figura 4.7) és un sistema ideat per Chronojump, el qual consta d'un parell de materials conductius separats en algunes zones per material no conductius. Quan el pes del subjecte, venç el material, es produeix contacte entre els

circuit degut a l'alimentació per corrent (en el nostre cas) o l'alimentació d'un microcontrolador (de Blas Foix, 2012). La funció és com la d'un interruptor.

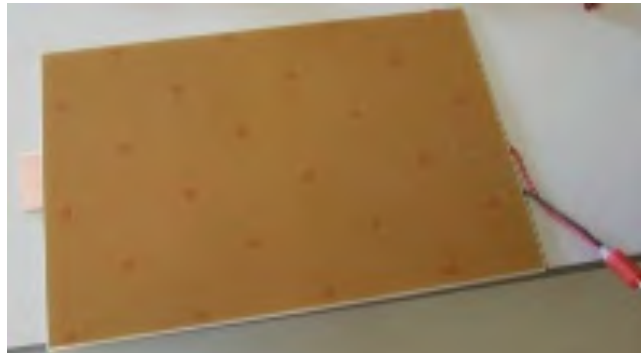


Figura 4.7- Plataforma finalitzada.
Font: Chronojump, 2009.

4.2.5 Làzers

Làser del acrònim en anglès LASER (light amplification by simulated emission of radiation) és un dispositiu que utilitza un efecte de la mecànica quàntica, la emissió induïda o estimulada, per generar un feix de llum coherent tant espacial com temporalment (Wikipedia, 2017b).

A diferència de les fotocèl·lules (figura 4.8), els làser emeten una llum molt més lineal i concentrada (figura 4.9), per tant són més precisos a l'hora de donar feedback sobre els talls produïts per objectes.

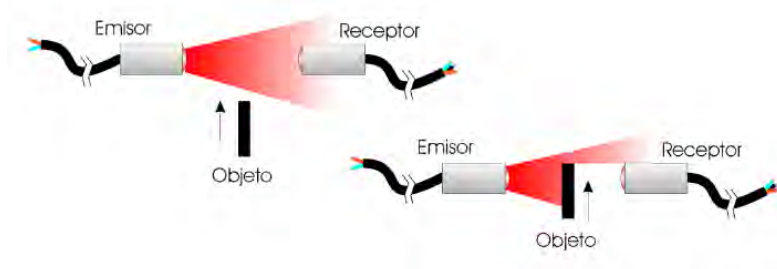


Figura 4.8- Esquema cèl·lula fotoelèctrica.
Font: Contaval, 2016.



Figura 4.9- Exemple de tres emissors làsers.
Font: elaboració pròpia



Figura 4.10- Làser utilitzat de la marca Waveshare amb emissor i receptor.
Font: elaboració pròpia

4.3 Iteracions i metodologia àgil

La metodologia àgil i les iteracions són termes que estan lligats al món del programari, però que poden ser aplicats en altres àmbits.

Les iteracions són els processos i actes de iterar, verb sinònim de reiterar o repetir (entesos com tornar a realitzar una acció) (Pérez Porto & Gardey, 2012).

La metodologia àgil, esta relacionada amb el desenvolupament de programari basat en desenvolupament iteratiu e incremental, on els requisits i solucions evolucionen amb el temps segons les necessitats del projecte. El treball s'ha realitzat mitjançant la col·laboració d'equips autorganitzats i multidisciplinaris, immers en processos de presa de decisions compartides a curt termini (Wikipedia, 2017a).

Cada iteració (figura 4.11) del cicle de vida inclou: planificació, anàlisi de requisits, codificació, proves i documentació.

Els mètodes àgils emfatitzen les comunicacions cara a cara en comptes de la documentació.

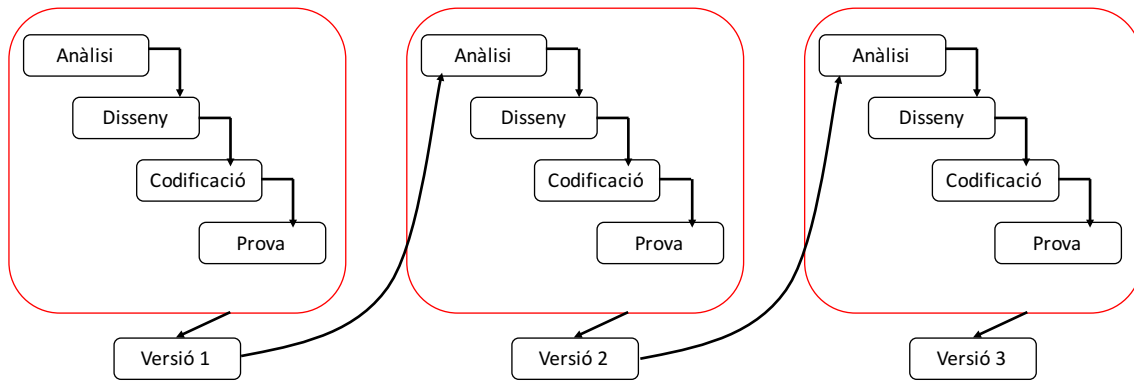


Figura 4.11- Procés d'iteracions seguit durant tot el procés.
Font: Elaboració pròpia.

5 TREBALL DE CAMP

Aquest apartat té dues parts: la corresponent al desenvolupament del maquinari i programari i la segona part una proposta de validació del sistema.

5.1 Desenvolupament de tecnologies (programari i maquinari)

Aquesta primera part presenta la creació del sistema d'entrenament sense porter: la creació del programari i del maquinari necessari.

5.1.1 Objectius

Objectiu principal:

- Dissenyar un sistema d'entrenament sense porter per el llançament d'handbol.

Objectius secundaris:

- Identificar la tecnologia que més s'adapti a les característiques del disseny.
- Crear un sistema d'entrenament sense porter de baix cost.
- Aprendre de les noves tecnologies trobades per a futures aplicacions a Chronojump.
- Provar les evolucions al laboratori.

5.1.2 Metodologia

Per assolir els objectius, i degut que aquest TFG té un alt component en tecnologia, la metodologia aplicada ha estat exploratòria (figura 5.1) amb l'ajut del Dr. Xavier de Blas

i del Sr. Xavier Padullés. A partir de la idea de realitzar el projecte, s'ha anat descartant tecnologies en funció de les proves que hem fet.

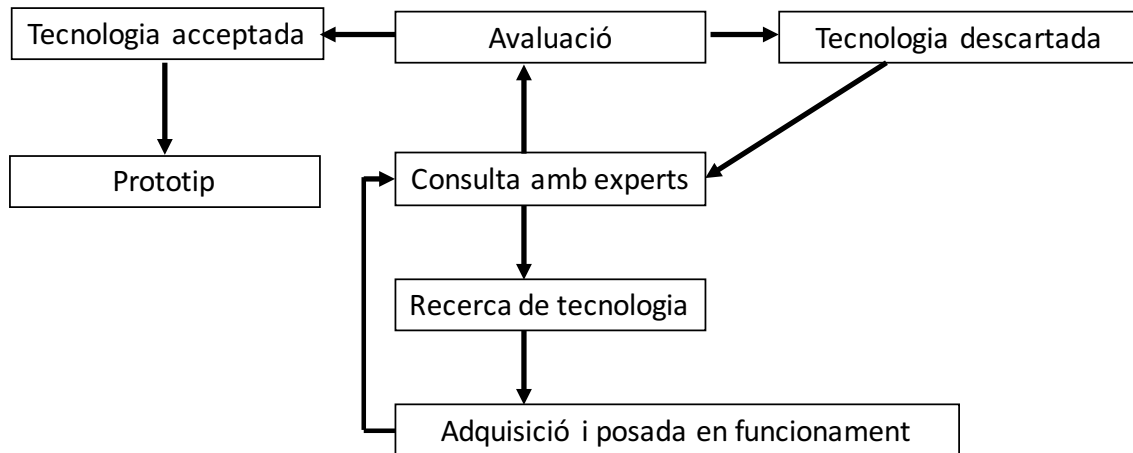


Figura 5.1 - Procés metodològic.
Font: Elaboració pròpia

El desenvolupament d'aquesta metodologia ha seguit el procés d'iteracions (figura 4.11), en funció dels resultats obtinguts al realitzar les proves dels materials, programari o conjunt d'elements, apreníem dels errors i milloràvem la següent versió.

A més a més hi ha hagut un procés d'aprenentatge per part de l'autor en programació de programari i de tecnologia, era necessària la comprensió del codi, per si calia fer modificacions. L'autoria del programari pertany a tres autors, encara que és d'ús obert i lliure.

A continuació es descriurà el perquè i com hem realitzat l'elecció de la tecnologia utilitzada en la realització d'aquest sistema. Cal comentar que, per arribar a aquesta idea prèviament s'havia pensat en la realització d'un sistema diferent, que també el comentarem.

1. Iteració 1 i 2

La idea original que va sorgir (figura 5.2), va ser la realització d'un porter virtual utilitzant una imatge creada en 16 bits que seria il·luminada per una lona feta de leds. El principal problema d'aquesta idea era que necessitàvem molts leds i una font d'alimentació molt gran per il·luminar tots els leds i el segon problema era la resistència mecànica que hauria de tenir la lona per poder suportar pilotades. Els làser anirien a la porteria per detectar la zona de llançament.

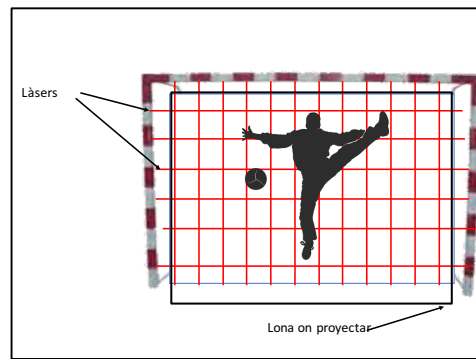


Figura 5.2 - Proposta Iteració 1
Font: Elaboració pròpia.

Després d'aquesta idea, es va pensar en muntar una estructura en els pals, que estigués moguda per uns servomotors i uns leds il·luminat que mostrin la zona a llançar. La idea va ser canviada després d'una xerrada amb el Gabriel Daza (comunicació personal, 2 de febrer de 2017), on va explicar que a handbol no ensenyem a llançar a donar a un objecte sinó que llancem a evitar un objecte (porter), per tant haurien de fer les llums a la inversa, per llançar al espai.

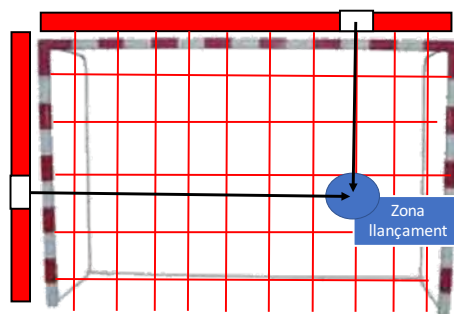


Figura 5.3- Iteració 2.
Font: Elaboració pròpia.

Després de pensar sobre aquestes idees i amb el temps que teníem per davant, es va optar juntament amb el tutor de TFG, que lo millor seria fer una prova petita, un prototip per veure els resultats i en cas de que fossin positius ampliar l'idea en un futur.

2. Iteració 3

Finalment la idea va ser la de realitzar un model semblant a les lones de les porteries que hem vist en l'apartat 3, però avançat tecnològicament.

La idea era col·locar 4 làsers a 3 de les cantonades de la porteria a una distancia de 17 cm respecte el pal, ja que la pilota fa 58cm de perímetre i per tant són 18,4 cm de diàmetre, segons la formula $P = \pi \times D$; $D = \frac{P}{\pi} = \frac{58}{3,14} = 18,4cm$. D'aquesta forma seria detectada per el làser.



Figura 5.4- Circumferència pilota d'handbol.
Font Elaboració pròpia.

A continuació es pot veure un esquema de la idea final (figura 5.5).

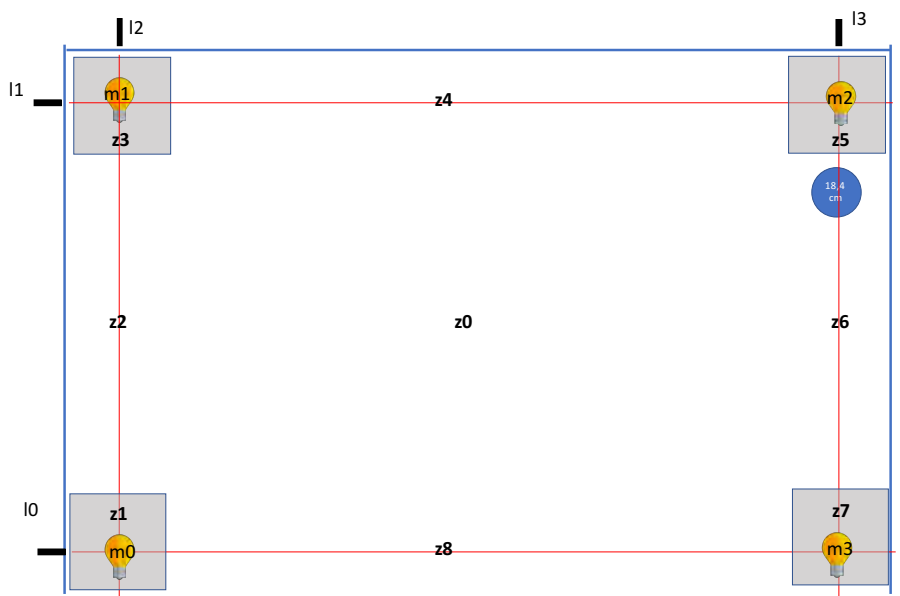


Figura 5.5- Esquema de la idea final. m: Llum, l: làser, z: zona llançament.
Font: Elaboració pròpia.

Les zones de llançament imparells (zona 1, zona 3, zona 5 i zona 7) són aquelles zones on dos làsers es creuen i la pilota pot ser detectada per dos làser, seran zones de més puntuació en un futur, ja que són zones en les quals els llançadors necessiten més precisió. Les zones parells (zona 2, zona 4, zona 6 i zona 8) són zones que només detecta un làser i són zones més grans i per tant menys precises, aquestes zones rebran menys

puntuació. La zona 0 seran llançaments fora de la zona de tall dels làsers, per tant llançaments fallats.

El primer que va arribar van ser els làsers. Els làsers com he aclarit en el marc teòric, van ser la tecnologia escollida envers les fotocèl·lules que ja utilitzava Chronojump, precisament per la seva menor dispersió, ja que és un feix de llum molt puntual.

- **Làser:**

Els làser escollits van ser els de la marca Waveshare, aquest làser va ser escollit perquè incorpora al mateix dispositiu emissor i receptor. Per tant, tan sols era necessari un objecte reflectant a l'altre banda perquè detectes el tall.

La primera comprovació que s'havia de dur a terme era quin grau d'influència tenia un làser amb un altre, és a dir, com de lluny havien d'estar els làsers perquè un receptor no captés la senyal d'un altre làser i induís a l'error.

Per realitzar això vàrem deixar un làser fixe amb el seu emissor tapat i amb un regle que indicava la distància per sobre de la qual mouríem un altre làser amb el emissor funcionant. Els làser tenen un petit LED que indica que reben el rebot del làser (figura 5.6).

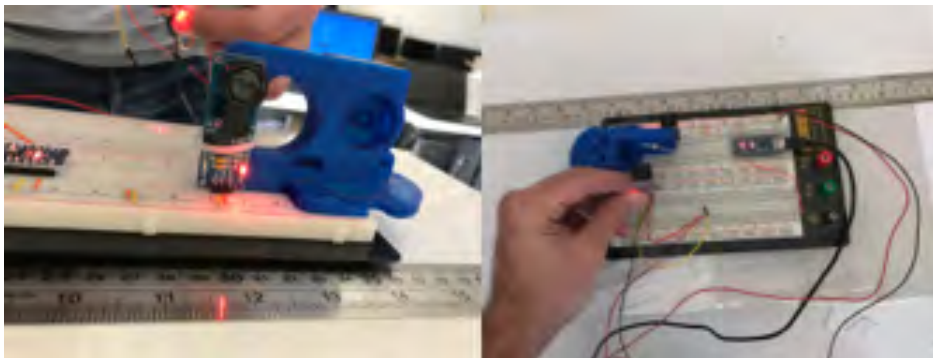


Figura 5.6- Proves per determinar l'angle influencia.
Font: Elaboració pròpia.

Després de realitzar les proves, el rang d'influència va ser de 3cm esquerra i dreta. És un rang bastant petit pel que ens interessava a nosaltres així que ens servia pel prototip.

Un altre problema que té aquest dispositiu, és que el seu receptor només funciona si els objectes que talla són amb una superfície que reflecteixi la llum del làser cap el mateix, a més el seu rang d'actuació segons les especificacions és de 1,5m (taula 5.1), amb les

proves realitzades vàrem comprovar que amb cinta reflectora el làser capta senyal a més de 3 m, com que la porteria d'handbol fa 3,00 x 1,8 m és suficient.

Taula 5.1- Especificacions làser Waveshare.

Font: Elaboració pròpia.

Distancia efectiva: 0.8m(typ), 1.5m(max)

Potencia: 2.5V ~ 5.0V

Dimensions: 47.7mm * 17.9mm

Mida forat muntatge: 2.0mm

Com que utilitzaríem cinta reflectora per retornar la senyal del làser, ens havíem d'assegurar que les pilotes d'handbol no eren objectes reflectors sinó al tallar el làser, aquest no el detectaria. A la figura 5.7 i 5.8 és pot apreciar el LED indicador del làser de que el receptor no rebí senyal, és a dir que ha estat tallat per una pilota. Es van fer proves al laboratori amb una pilota d'handbol, llançant al feix d'un làser per comprovar la resposta i va ser satisfactòria.

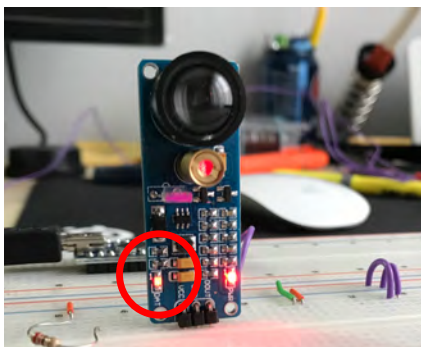


Figura 5.7- Làser utilitzat amb el receptor rebent senyal.

Font: Elaboració pròpia.

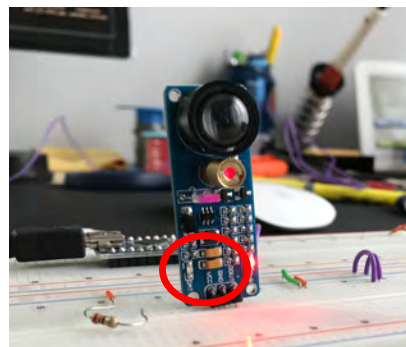


Figura 5.8- Làser utilitzat amb el receptor tallat per la pilota.

Font: Elaboració pròpia.

Juntament amb la Marta Miró, enginyera de Chronojump, es va dissenyar una protecció per poder introduir el làser i que fos més fàcil la seva col·locació en la porteria. Aquesta va ser impresa en plàstic per una impressora en 3D (figura 5.9)



Figura 5.9 - Detall de la protecció del làser.
Font: Elaboració pròpia.

- **Leds**

Els leds utilitzats van ser 4 leds d'alta intensitat de 5W, (figura 5.10).

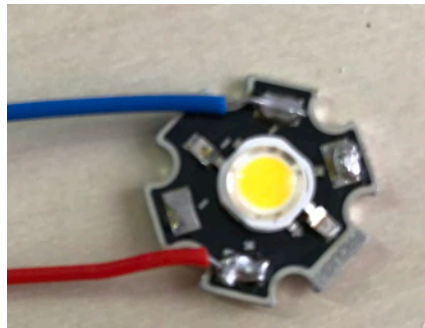


Figura 5.10- LED 5w utilitzat.
Font: Elaboració pròpia.

Els leds van ser programats per el programa Arduino perquè hi hagi un apagat (zona de llançament) com he comentat després de la xerrada amb el Gabriel Daza i els altres tres estiguin encesos (figura 5.11).



Figura 5.11- Imatge de les 3 llums enceses durant el Test.
Font: Elaboració pròpia.

Necessitàvem leds d'alta intensitat per assegurar que la seva visió fos la correcta en un espai com un pavelló.

- **Arduino**

Per escollir quina placa Arduino faríem servir, s'havia de saber quants pins digitals d'entrada necessitaríem, perquè aquest és un dels primers requisits per poder escollir la placa. En el nostre cas taula 5.2.

Taula 5.2- Càlcul pins d'entrada per Arduino.
Font: Elaboració pròpia.

Dispositiu	Nombre de pins
Llums	4
Làser	4
Plataforma	1
Total	9

Al principi es va començar a treballar amb un Arduino Uno, ja que aquesta placa porta les seves pròpies mesures de seguretat per si rep voltatges alts, que en el cas de la inexperiència del autor podia passar.

El muntatge final es realitzaria amb un Arduino Nano, ja que les seves dimensions són molt més reduïdes i es pot muntat en una placa de pistes per realitzar el disseny final.

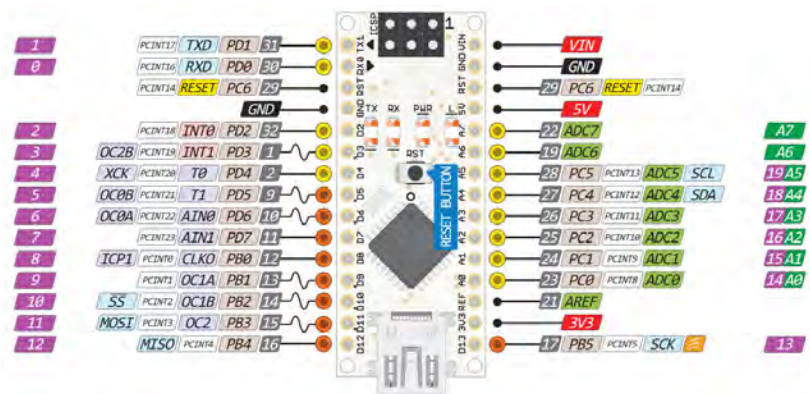


Figura 5.12- Explicació de cada pin Arduino Nano.
Font: Bigtronica, 2017

L'autoria del programari correspon a tres autors, en primer lloc, Dr. Xavier de Blas professor de la FPCEE, programador i desenvolupador del programa Chronojump. En

segon lloc Sr. Xavier Padullés i per últim Victor Tremps, que durant l'elaboració del codi ha estat present aportant les idees del que hauria de fer el programa i el Dr. Xavier de Blas ha transcrit part d'aquestes idees a codi informàtic. El software es pot trobar a: <https://git.gnome.org/browse/chronojump/tree/arduino>

Cal dir que les situacions que es poden donar són dos: fallat o tard (el llançament és fallat o s'ha reaccionat tard) o la pilota talla els làsers.

S'ha creat una funció que espia els làser, que ens servirà per comparar amb la gravació del vídeo el comportament dels làser, quan s'activen i si ho fan correctament.

A continuació presentem les parts més rellevant, ja que el codi sencer es pot trobar l'annex:

Funcions Setup:

- Funció detecció zona tall: aquesta funció defineix els estats inicials dels làsers per poder detectar les zones quan es produeixi un tall, es defineixen les 8 zones i quins làsers són els que talla cada zona.
 - o *int detectaZonaTall()*
- Imprimir encert: En funció de les zones tallades, s'imprimirà l'encert de 2 o 1 punt si ha tallat zona imparell o parell, respectivament.
 - o *void imprimeixEncert(unsigned int llum, int z1, int z2)*
- Funció espia làser: Aquesta funció ha estat creada per la prova de camp veure quina és la lectura que fan els làser durant 1000ms. Si hi ha algun on/off en algun làser l'espia làser ens ho dirà.
 - o *int espiaLasers()*
- Funció encendre llums aleatòries: aquesta funció el que fa és un cop pitjada la plataforma, encen les llums aleatòriament.
 - o *unsigned int encendreLlumAleatoria()*
- Funció apagar llums: apagar les llums.
 - o *void apagarLlums()*

Funcions Loop: Aquí el que fem és crear el bucle d'ordres que hem creat en el setup, que es repetiran constantment:

- Creem l'ordre en el que apareixeran els estímuls, valors de 0-1-2-3 segons.
- Funció en cas de que la plataforma estigui pitjada ens avisi.
- Funció que indica pitjar plataforma.
- Un cop es pitja la plataforma, la llum s'encén en el temps que havia estat creat.
 - `Serial.println("Espera... aquests milisegons:");`
 - `Serial.println(tempsInici[i] * 1000);`
 - `delay(tempsInici[i] * 1000);`
- Si els làser no detecten res
 - `boolean fallatOTard = false`
- Imprimeix les zones de tall: en cas que un laser sigui tallat.
 - `int zonaTall1 = 0;`
- Imprimeix temps de reacció: resta el temps actual des de que la llum s'ha encès.
 - `unsigned long tempsReaccio = millis() - tempsIniciLlum;`
- Imprimeix les dades del espia làser:
 - `espiaLasers()`
- Apaga les llums:
 - `apagarLlums();`

Finalment apaga les llums i torna a començar el bucle.

- **Relés**

El relés que han estat utilitzats amb una placa de relés preparada per Arduino de la marca Elecbreaks. L'elecció d'aquesta placa va estalviar molta part de muntatge electrònic de cada relé en una placa de circuits.

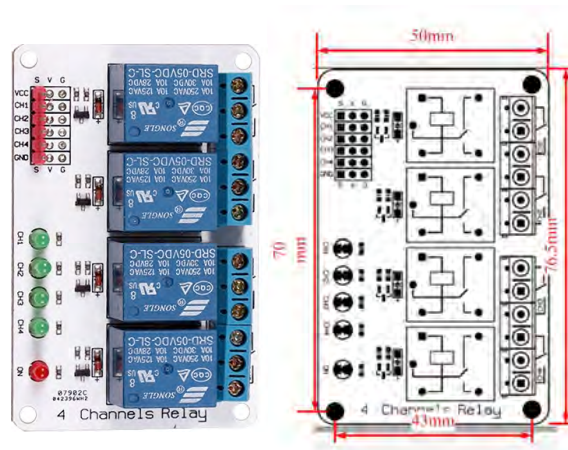


Figura 5.13 – Placa relés 5v 4 canals
Font: Elecbreaks, 2017.

Amb les següents especificacions:

Taula 5.3- Especificacions Placa 4 mòduls.
Font: Elecbreaks, 2017.

Intensitat: 20mA
Senyal: 5V/12V/24V TTL level
Màxim voltatge: 250VAC 30VDC
Dimensions:50mm*70mm*15mm

La funció dels relés és la d'il·luminar les llums un cop el jugador prem la plataforma, el Arduino donarà l'ordre a cada relé de deixar passar o no electricitat en funció de l'ordre aleatòriament creat per el programa.

- **Muntatge**

El muntatge es va realitzar en una placa d'experimentació, la idea era realitzar una placa de pistes soldant els components, però degut a que és un prototip, la placa d'experimentació era més fàcil de manipular i canviar els components (figura 5.14)

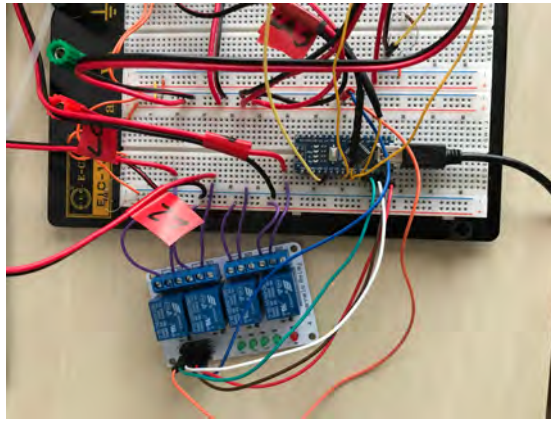


Figura 5.14 - Connexions a la placa d'experimentació.
Font: Elaboració pròpia.

Per poder realitzar el muntatge es van fer cables soldats a cada un dels components amb una llargada de 10 metres cada cable, ja que el dispositiu havia de guardar una distancia de seguretat respecte la porteria per no emportar-se cap pilotada (figura 5.15).

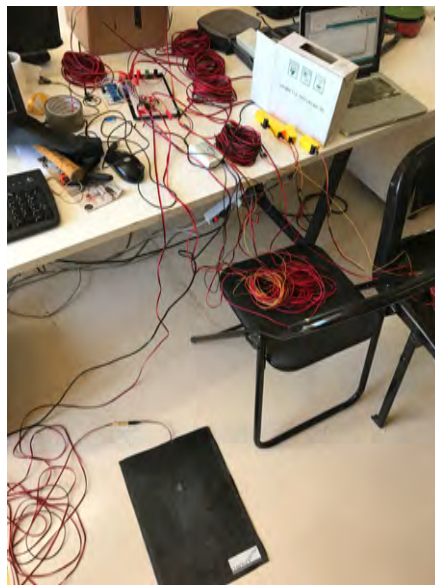


Figura 5.15 – Equip muntat al laboratori Chronojump.
Font: Elaboració pròpia.

Per els làsers es va fer el cablejat d'alimentació juntament amb el cable de lectura de dades i es van connectar amb els connectors que administrava la marca.

5.1.3 Resultats i discussió

Els objectius plantejats al principi del treball de camp han estat assolits. Els resultats de les proves realitzades en el laboratori van ser satisfactoris.

La idea de realitzar el muntatge en una placa de pistes va ser descartada per la inexperiència de l'alumne i la proximitat de la data d'entregar el TFG, fet que hauria fet impossible presentar-lo en primera convocatòria. Com que el muntatge en una placa d'experimentació no influenciava al funcionament, finalment es va decidir per aquesta opció, ja que la prioritat era realitzar el test del sistema amb llançaments reals.

El principal problema que es va trobar van ser que s'havia d'anar molt en compte en realitzar les connexions a la placa d'experimentació ja que alguns dels cables es podien tocar i crear un curtcircuit.

Durant el muntatge també es va simplificar una part del circuit, donat que inicialment necessitàvem 4 resistències per a cada llum i finalment només en vàrem utilitzar una que servis per els quatre llums.

En la creació del programari, també s'han utilitzat les iteracions, ja que s'han anat resolent els problemes en funció de les proves que s'han realitzat del programari en el laboratori. A més Arduino t'informa cada vegada que compiles el programa de si hi ha alguna errada, fet que va facilitar la programació.

Cal ressaltar que els resultats reals del muntatge s'obtidran un cop es realitzi el test en la prova de validació en l'apartat 5.2. En aquest apartat tan sols podem citar els resultats del muntatge acabat al laboratori i amb les proves fetes en un entorn que no era situació real de prova.

5.2 Test del sistema

A continuació descriurem la proposta de validació. Per realitzar el test del sistema s'han realitzat 222 llançaments realitzats per un mateix subjecte. El subjecte va ser un jugador d'handbol, amb una experiència de més de 14 anys practicant aquest esport a alt nivell. L'estructura va seguir el mateix plantejament que el apartat anterior: objectius, metodologia i resultats, i finalment discussió.

5.2.1 Objectius

Els objectius d'aquest experiment són:

- Comprovar que els làsers són capaços de detectar la pilota en un llançament d'handbol a màxima velocitat.

- Conèixer i identificar els errors que dona el sistema per realitzar una millora de programació o maquinari.
- Comprovar que les lectures de l'espia làser corresponen amb la realitat (prova de validació).
- Realitzar una prova per a una futura validació de l'eina.

5.2.2 Metodologia i resultats

La metodologia d'aquest test es va centrar en comprovar que els làser realitzaven una lectura correcta del pas de la pilota per aquest. Per fer aquesta comprovació, es va utilitzar el programa Arduino amb la funció creada especialment per veure que passava en els làser (Espialàser) en el monitor sèrie del programa, a part dels 4 làsers, es va utilitzar, 4 llums, plataforma de contacte, Arduino nano i cablejat.

Es va muntar el sistema en una porteria d'handbol com a la figura 5.6. respectant les distàncies establertes prèviament (figura 5.16).

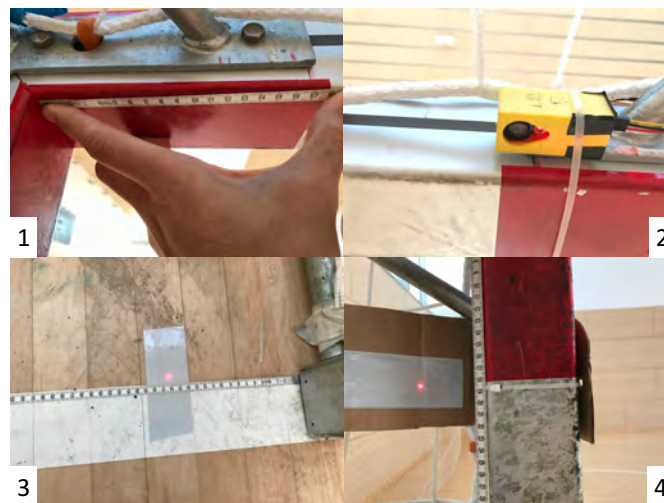


Figura 5.16 - Muntatge el dia de la prova. 1. Distància col·locació làser. 2. Làser col·locat al travesser. 3. Distància emissor làser vertical. 4. Distància emissor làser vertical.

Font: Elaboració pròpia

Es van fer blocs de llançaments, prèviament les pilotes van ser inflades a una pressió que donés una circumferència de 58cm, per respectar el càlcul fet a la iteració 3. En total es van fer 222 llançaments. Un bloc de llançaments es va realitzar al mig de la porteria amb l'objectiu de veure que passava quan cap làser era tallat. Els altres llançaments es varen fer utilitzant el programa i el procés normal (figura 5.17). Els llançaments van ser enregistrats amb un Iphone 7, per a un posterior anàlisi.

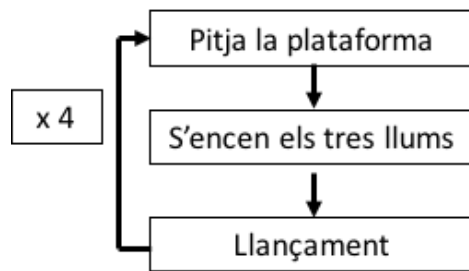


Figura 5.17 - Seqüència de llançaments.
Font: Elaboració pròpia.

Un cop que va finalitzar els llançaments, es va copiar l'informe resultant del programa Arduino en una fulla de Word i es va fer el posterior visionat de les diferents variables seleccionades (taula 5.4) amb la graella davant per anotar les coincidències entre el que diu d'Arduino i el que surt al vídeo.

Taula 5.4 - Variables observades al visionat.
Font: Elaboració pròpia.

Variables	
Llançament	Làser 2n contacte
Gol	Temps 1er
Pal porteria	Temps 2n
Pal posteriors	Zona (h,i)
Algun pal	Zona encerta?
Temps reacció	Comentaris
Làser 1er contacte	



Figura 5.18 - Muntatge per realitzar el test.
Font: Elaboració pròpia.

Quan parlem d'automatització, un dels punts més delicats és el resultat mentider, el que es coneix com a fals positiu i fals negatiu (taula 5.5).

- Fals positiu: el sistema indica que una pilota ha tallat un làser però en realitat ha sigut un fallat o tard.
- Fals negatiu: el sistema indica fallat o tard però en realitat ha tallat un làser.

També tenim dintre d'aquesta equació, els que són veritat positiu i els que són veritat negatiu.

- Veritat positiu: El sistema diu que ha tallat un làser i és veritat que ha tallat un làser.
- Veritat negatiu: El sistema diu que no ha tallat un làser (fallat o tard) i és veritat que no ha tallat cap làser.

Taula 5.5 - Falsos negatius i positius.
Font: Elaboració pròpia.

		Anàlisi Vídeo	
		Talla làser Z=1-8	Fallat o tard Z=0
Arduino	Talla làser Z=1-8	Verdader positiu	Fals positiu
	Fallat o tard Z=0	Fals negatiu	Verdader negatiu

Un cop definit com analitzariem les dades, presentem els resultats en cadascuna de les 4 possibilitats, però primer fem un resum de tots els llançaments:

Dels 222 llançaments s'han pogut analitzar 179 (taula 5.6), la resta, 43 llançaments, els s'han descartat perquè existia un error de connexió. Aquest error de connexió es va detectar perquè el Arduino ens diu que el temps de reacció és 0. Ja que això és impossible vàrem detectar que un dels làsers estava mal connectat i va ser corregit.

Taula 5.6 - Resum llançaments i situacions.
Font: Elaboració pròpia.

Situació	Nº(%)	Situació	Nº(%)
Gol fora zona làser	48 (27)	Pal i gol	13(7)
Gol	32 (18)	Pilota en mig	5(3)
Lectures residuals	31 (17)	No coincideix zona	2(1)
Pal i fora	31 (17)	Gol en bot	1(1)
Fora porteria	16 (9)		
TOTAL ANALITZATS		179 (100)	
Mal connectat		43(19)	
TOTAL		222	

Tenim a la taula, el tant per cent que correspon a cada situació. Destacar el 0% de falsos negatius.

Taula 5.7 – Numero de llançaments(%).
Font: Elaboració pròpia.

		Anàlisi Vídeo		SUMA
		Talla làser Z=1-8	Fallat o tard Z=0	
Arduino	Talla làser Z=1-8	82 (46)	38 (21)	120
	Fallat o tard Z=0	0(0)	59 (33)	59
SUMA		82	97	179

1. Verdader positiu: Analitzant els llançaments que Arduino ens diu que algun làser ha estat tallat i que el vídeo ens diu que ha tallat algun làser, comprovem que la lectura que diu Arduino i la que surt al vídeo és correcta.

Tenim que el total de llançaments són 82, això fa un 46% del total de llançaments. D'aquests llançaments, en 9, Arduino s'ha equivocat en la lectura i en 73 ha fet una lectura correcta. Això representa un 11% d'error en la lectura.

Taula 5.8 – Llançaments Verdaders positius.
Font: Elaboració pròpia.

NO			SI			TOTAL(%)
Situació	Nº	%	Situació	nº	%	
Pal i gol	4	5%	Gol	33	40%	
Lectures errònies	3	4%	lectures residuals	30	37%	
Gol	1	1%	Pal i gol	9	11%	
Pilota enmig	1	1%	gol bot	1	1%	
TOTAL	9	11%	TOTAL	73	89%	82(46)

2.Falsos positius: Arduino ha indicat que una pilota ha tallat un làser però en realitat en el vídeo és veu un fallat o tard.

Taula 5.9- Llançaments falsos positius.
Font: Elaboració pròpia.

Situació	Nº	%
Pal i fora	24	63%
Gol fora zona làser	9	24%
Pilota en mig	3	8%
Rebot pilota	1	3%
No coincideix zona	1	3%
TOTAL	38	
% Sobre total llançament	21	

Els falsos positius representen un 21% del total de llançaments realitzats en la prova. D'aquest 21% el 63% han estat llançaments que han donat al pal i han sortit fora i l'altre gran grup són llançaments que estan fora de la zona dels làsers. S'ha vist que els 9 llançaments que han estat fora de la zona làser han donat error en el mateix làser (làser 0) i Arduino ha indicat tall a la zona 8.

3. Verdader negatiu: Arduino diu que no s'ha tallat un làser (fallat o tard) i és veritat que no s'ha tallat cap làser.

Taula 5.10- Llançaments veraders negatius.
Font: Elaboració pròpia.

SI		
Situació	nº	%
Gol fora zona làser	37	63%
Fora porteria	15	25%
Pal i fora	7	12%
TOTAL	59	100%
% Sobre total llançament	33	

En aquest grup coincideixen totes les lectures de vídeo amb les de Arduino, per això tan sols hi ha un grup de Si. Aquest grup representa el 33% dels llançaments. D'aquest grup, la gran majoria són llançaments fora de la zona del làser, és a dir, dintre de la porteria, però que no han tallat cap làser. L'altre gran grup són llançaments fora de la porteria.

4.Falsos negatius: Arduino indica fallat o tard però en realitat ha tallat un làser. Aquest grup representa un 0%, això és molt significatiu.

Probabilitat i estadística:

Sensibilitat	P(T Tallat	1,00	Fals+	P(T Fallat	0,39
Especificitat	P(F Fallat	0,61	Fals-	P(F Tall	0,00

Per realitzar aquesta estadística hem realitzat la prova de especificitat i sensibilitat. La sensibilitat es la probabilitat que la prova detecti un tall del làser i en realitat si que ha succeït aquell tall del làser. La especificitat és, la capacitat del nostre programa per donar

pilotes fallades com pilotes que realment han sigut bones, proporció de pilotes tallades correctament identificades.

Els falsos positius es la probabilitat de que el programa doni un tall del làser però en realitat era un fallat o tard.

Els falsos negatius, és la probabilitat de que doni un fallat o tard i en realitat la pilota ha tallat el làser.

5.2.3 Discussió

Arrel del test realitzar, cal destacar el tant per cent de falsos negatius (0%), això és molt bona senyal, ja que Arduino mai ha dit fallat tard en ocasions que s'ha tallat un làser. Indica que el comportament dels làsers és correcte i sempre ha detectat les pilotes que han passat a través del feix.

És important comentar que durant el test, ens vàrem fixar en que, al tenir el làsers lligats a la estructura de la porteria, les pilotades que rebotaven en la xarxa i picaven en els pals posteriors, transmetien vibracions a la porteria que podien afectar a la lectura dels làsers. Per això, creiem que en el cas dels veritat positius, existeix aquest 11% d'error. Revisant les anotacions em comprovat que hi ha temps de contacte que no són normals. La pilota agafa una velocitat de $27\text{mm}\cdot\text{ms}^{-1}$ i $19\text{mm}\cdot\text{ms}^{-1}$, per tant hauria d'estar en contacte amb el làser entre 9,48ms i 6,64 ms; aquest supòsit és si el contacte es produeix en el màxim diàmetre de la pilota (18,4cm); que correspondria a llançaments de 100km/h i 70km/h, velocitat a la que acostumen a realitzar els llançaments jugadors professionals.

Aquesta mateixa conclusió serveix per a justificar l'elevat nombre de falsos positius, la majoria han estat llançaments que han donat al pal, la vibració ha activat el làser, fent pensar al Arduino que la pilota tallava el làser i donant una lectura errònia, que en realitat no ha existit. A més en un dels vídeos es pot apreciar com la cinta reflectant esta en una estructura feble i els seus moviments també poden induir al làser a lectures errònies.

Hem observat que el làser que més lectures errònies donava era el làser 0, aquesta làser estava connectat a la part de la porteria que més es movia.

Per finalitzar, trobem que els veritat negatius han estat tots certs. Pilotes que no han tallat el làser i Arduino correctament ha dit que no havien tallat el làser.

Del test del sistema, s'extreu que podem detectar quan existeix una mala connexió, en el cas de la prova, no es va detectar in situ, i per això em descartat els llançaments abans de realitzar l'anàlisi.

6 CONCLUSIONS DE LA CREACIÓ I VALIDACIÓ DE L'EINA

Arrel de la realització dels dos treballs de camp, aquest Treball de Final de Grau n'extreu les següents conclusions:

Un cop realitzada la recerca de l'existència d'un dispositiu per entrenar sense porter i no trobar cap sistema comercialitzat, creiem en base a la bibliografia consultada, la necessitat de la creació d'aquest sistema.

El sistema d'entrenament sense porter possibilitarà l'entrenament del llançament d'handbol en situacions on els llançadors no sàpiguen prèviament la localització final del llançament. Això permetrà una nova forma d'entrenament que encara no és possible en aquest esport.

Els elements emprats en el disseny del sistema han procurat seguir la filosofia de l'Associació Chronojump, maquinari de baix cost i programari lliure i obert. Aquesta filosofia de treball ha permès un aprenentatge a l'autor del TFG en àmbits que no són els habituals al seu grau en CAFE, ja que hi ha hagut una gran vessant tecnològica. Per aquesta raó, el programa està penjat al següent enllaç, amb el nom de Laser4Handball:

<https://git.gnome.org/browse/chronojump/tree/arduino>

La prova de validació no ha donat els resultats esperats, ja que els falsos positius són molt elevats, recordem que són un 21% dels llançaments analitzats. Creiem que aquest resultat tant elevat és degut a les vibracions que els làsers rebien al estar muntats en la pròpia porteria. Aquest fet queda evidenciat perquè el làser 0 que era el que més rebia aquestes vibracions, ha estat el que més errades ha donat. Cal indicar que l'espia làser, sempre que hi ha hagut una lectura, vibració, tall de pilota, pilota en mig, la ha indicat, per tant podem validar el sistema de l'espia làser.

El fet que el TFG tenia una part d'experimentació amb noves tecnologies poc habituals per l'Associació Chronojump, ha permès un descobriment per a la pròpia associació que permetrà possibles futures aplicacions en nous projectes.

Com a conclusions finals, els objectius plantejats inicialment han estat coberts. Òbviament calen millores en el sistema, però l'objectiu de crear un sistema d'entrenament sense porter ha estat assolit i l'objectiu principal de la prova de validació, que era veure si els làser eren capaços de detectar la pilota, també ha estat assolit gracies a l'espia làser.

7 CRITERIS DE QUALITAT

Aquest TFG ha gaudit del suport de l'Associació Chronojump en el apartat tecnològic. L'experiència d'aquesta associació a nivell de validació de nous dispositius és àmpliament avalada en articles de referència dintre de la bibliografia del món de l'esport (Blas, Carreras, Suárez, Padullés, & Hernández, 2016; de Blas Foix, 2012).

Al tractar-se d'una tecnologia poc utilitzada hem realitzat proves pròpies per assegurar la qualitat de les mesures: zona interferència de dos làsers, alineació dels làsers, material reflectant i compilació en Arduino.

Un criteri de qualitat és la creació de la funció espia làser en el programari, ens indica quan els làsers estan activats i ens serveix per detectar lectures errònies en comparació amb el vídeo. Aquesta eina ha estat la utilitzada per la prova de validació.

Com a criteri de qualitat a la prova del sistema, els llançaments han estat realitzats per un jugador d'handbol professional.

El principal criteri de qualitat ha estat garantit per la supervisió de cada fase per les comunitats d'experts en cada àmbit d'aquest TFG (programari i maquinari).

8 ASPECTES ÈTICS

El principi ètic d'aquest TFG és el de Beneficència. Amb la creació del sistema d'entrenament sense porter es busca la incorporació d'un nou sistema inexistent en el mercat, que busca la millora del rendiment en el llançament en handbol, en situacions fins ara desconegudes per els jugadors. Estudis com el de (Castillo et al., 2002) demostren una millora del rendiment després d'aplicar un sistema semblant en futbol.

La creació d'aquest sistema també busca l'Autonomia del jugador, l'handbol a diferència d'altres esports com el bàsquet, sempre ha patit la manca d'un sistema d'entrenament autònom. En el bàsquet pots realitzar cistelles sense la necessitat de companys, en l'handbol pots realitzar llançament a porteria, però és una situació molt allunyada de la realitat. Amb aquest sistema, es cerca la possibilitat d'entrenar el llançament de forma autònoma per part del jugador d'handbol.

En tot moment el TFG ha perseguit la veracitat, reflectint els resultat reals de les proves realitzades en tot el treball.

9 APLICABILITAT, LIMITACIONS I LÍNIES FUTURES DE L'ESTUDI

Aquest TFG ha obert una nova porta a un nou sistema d'entrenament del llançament d'handbol. El sistema serà capaç de mesurar si la zona de llançament era la correcta o no, donant les opcions d'una puntuació i si s'ha fallat.

Una de les limitacions principals ha estat la temporal. Un cop realitzada la prova de validació, i amb els resultats obtinguts, seria necessari corregir alguns aspectes i tornar a realitzar la prova. Això no ha estat possible, ja que la data d'entrega del TFG no ho ha permès.

Com que la programació del software es va fer en previsió d'un suposat escenari en la prova de test, i va ser provat en condicions de laboratori, això ha ocasionat que la prova de test hagi donat un percentatge d'error superior al prevists. Una part dels llançaments van ser descartats per una mala connexió. Això fa que s'hagi perdut una part de la mostra, degut a que, la prova de camp o test, la va realitzar una única persona que mentre llançava no tenia davant la computadora del Arduino, fet que va ocasionar la no detecció de l'error al moment.

Les línies de futur serien:

- Realitzar un suport extern per la col·locació dels làsers i cinta reflectora, al qual no afecti les vibracions dels impactes.
- Millores de programari en la detecció de les zones imparells que impliquen la detecció de dos làsers.

- Ampliar el sistema amb una pantalla d'informació externa, que proporcioni informació al llançador de la puntuació que esta obtenint.
- Realitzar una validació millorant els problemes detectats en la prova de validació.

10 REFLEXIONS FINALS

Amb la realització d'aquest TFG l'alumne a gaudit d'un procés d'aprenentatge i adquisició de nous coneixements que no són pròpies d'un graduat en CAFE. Això no hagués estat possible sense la col·laboració i ajut rebuda per part de l'Associació Chronojump, que han obert les portes del seu laboratori i han fet sentir l'alumne com un més.

A la infinita paciència del Sr. Xavier Padullés, que ha ajudat en totes les consultes relacionades amb l'electrònica del treball i ha col·laborat en tot moment aportant els seus coneixements en l'àmbit de tecnologia i esport. A la Marta Miró per l'ajut amb els seus coneixements d'enginyeria per a la realització de la protecció del làser i el suport tècnic en el laboratori. I per últim, però no menys important, al meu tutor de TFG Dr. Xavier de Blas, que m'ha guiat per trobar una temàtica de TFG que combines dues de les meves passions, la tecnologia i l'esport.

Crec que la creació d'aquest TFG pot ser una bona aportació innovadora per al món de l'handbol i dels esports de sala, i que aporta un nou sistema d'entrenament que pot millorar el rendiment dels esportistes.

Aquest TFG ha intentat reflectir els meus coneixements adquirits durant els 4 anys de grau, intentant transmetre la meva passió per l'handbol, i ajudant a millorar aquest esport que ha estat vital en la meva vida.

11 FONTS D'INFORMACIÓ

- 4Attention. (2017). Robokeeper | 4attention. Retrieved May 5, 2017, from <http://robokeeper.com/>
- Antón García, J. L. (1990). *Balonmano: fundamentos y etapas del aprendizaje: un proyecto de escuela española*. Gymnos. Retrieved from https://books.google.es/books?id=7Ql8AAAACAAJ&dq=Balonmano.+Fundamento+s+y+etapas+de+aprendizaje&hl=es&sa=X&redir_esc=y
- Arrizen. (2013). Arduino Nano | arrizen. Retrieved May 4, 2017, from <https://arrizen.wordpress.com/2013/05/01/arduino-nano/>
- Banzi, M. (2008). *Getting started with Arduino. Igarss 2014*. Sebastopol: O'Reilly. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Bárceñas González, D., & Román Seco, J. de D. (1991). *Balonmano : técnica y metodología*. Madrid: Gymos.
- Bayer, C. (1986). *La Enseñanza de los juegos deportivos colectivos*. Barcelona: Hispano Europea, S.A.
- Bayios, I., & Boudolos, K. (1996). Accuracy and throwing velocity in handball. *XXIV ISBS Symposium 2006, Salzburg, 1*, 42–45.
- Bayios, I., Georgiadis, G., & Boudolos, K. (1998). An innovative device for measuring the accuracy of throwing in handball.
- Bigtronica. (2017). Arduino Nano - BIGTRONICA TIENDA. Retrieved May 5, 2017, from <http://bigtronica.com/tarjetas/9-arduino-nano-5350212000097.html>
- Blas, X. De, Carreras, J., Suárez, F., Padullés, X., & Hernández, F. (2016). Xarxes , accelerometria i anticipació en l'esport dins l'entorn lliure Chronojump. *Aloma*, 34(2), 37–48.
- Boudolos, K., & Bayios, I. A. (2001). Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(2), 229.
- Bretagne, T. (1980). Lance missiles du sport. *Equipe Magazine*, 15(10), 4–7.

- Caballero, C., Luis, V., Sabido, R., & Caballero Sánchez, C. (2012). Efecto De Diferentes Estrategias De Aprendizaje Sobre El Rendimiento Y La Cinemática En El Lanzamiento Del Armado Clásico En Balonmano. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 28, 83–100.
- Castillo, J. M., Oña, A., Raya, A., & Martínez, M. A. (2002). Aplicación de un sistema automatizado para lanzadores de penalty en fútbol. *European Journal of Human Movement*, ISSN 0214-0071, N^o. 8, 2002, Págs. 73-94, (8), 73–94.
- Chronojump. (2009). Construcción Plataforma Modular Circuito – Chronojump. Retrieved May 4, 2017, from <http://chronojump.org/es/construction-modular-circuit-platform/>
- Contaval. (2016). ¿Qué tipos de sensores fotoeléctricos existen? Retrieved May 4, 2017, from <http://www.contaval.es/que-tipos-de-sensores-fotoelectricos-existen/>
- Costa, I. A. (2013). Los modelos de planificación del entrenamiento deportivo del siglo XX. *Revista Electrónica de Ciencias Aplicadas Al Deporte*, 6(22). Retrieved from <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/367/116-370-1-PB.pdf?sequence=1>
- CSD. (2017). Las Federaciones Deportivas Españolas recibirán en 2016 una subvención de más de 46 millones de euros — Portal del Consejo Superior de Deportes. Retrieved May 4, 2017, from <http://www.csd.gob.es/csd/documentacion/01GabPr/Novedades/las-federaciones-deportivas-espanolas-recibiran-en-2016-una-subvencion-de-mas-de-46-millones-de-euros/view>
- Dalter. (2017). lona punteria, lona punteria porteria futbol sala - DALTER.com, más de 20 años dedicados a hacerte más fácil y divertida tu actividad física. Retrieved April 25, 2017, from <http://www.dalter.com/tienda/Catalog/show/accesorio-lona-de-punteria-porteria-futbol-sala-42085>
- de Blas Foix, X. (2012). *Tesis doctoral Proyecto Chronojump-Boscosystem . Herramienta informática libre para el estudio cinemático del salto vertical* . Facultat de Psicologia i Ciències de l'Educació i de l'Esport Blanquerna.

<https://doi.org/B.21999-2012>

- Elecfreaks. (2017). FreaksX, ELF drone, Octopus bricks 4 Channel 5V Relay Module BK_RL4_01 FreaksX, ELF drone, Octopus bricks. Retrieved May 4, 2017, from <http://www.elecfreaks.com/estore/4-channel-5v-relay-module-bk-rl4-01.html>
- Elksports. (2017). COMPRAR LONA DE ENTRENO. Retrieved May 2, 2017, from <http://www.elksport.com/producto/balonmano/porterias/lona-de-entreno.html>
- Garcia Alvarez, J. A. (2014). QUÉ ES UN LED. Retrieved May 4, 2017, from http://www.asifunciona.com/fisica/ke_led/ke_led_2.htm
- García Herrero, J. A., Moreno Hernández, F. J., & Cabero Morán, M. T. (2011). Efectos del entrenamiento en variabilidad sobre la precisión del lanzamiento de siete metros en balonmano. Effects of training under variability of practice conditions on the accuracy of penalty throw in handball. *E-Balonmano.com: Journal of Sports Science. Revista de Ciencias Del Deporte*, 7(2), 67–77. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=67090385&lang=pt-br&site=ehost-live>
- Gonsálvez Botella, J. (2015). *Metodología del entrenamiento del portero de balonmano: el pase del portero en contraataque. Lecturas: Educación física y deportes, ISSN-e 1514-3465, N.º. 203, 2015*. EFDeportes.com. Retrieved from <http://www.efdeportes.com/efd203/entrenamiento-del-portero-de-balonmano-el-pase.htm>
- Gorostiaga, E., Ibañez, J., Ruesta, M. T., Granados, C., & Izquierdo, M. (2009). Diferencias en la condición física y en el lanzamiento entre jugadores de balonmano de elite y amateur. *E-Balonmano.com*, 5(2), 57–64.
- jecrespom. (2017). Estructura de un sketch en Arduino | Aprendiendo Arduino. Retrieved May 4, 2017, from <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2015/03/24/estructura-de-un-sketch-en-arduino/>
- Jimenez Olmedo, J. M., Espina Agullo, J. J., & Manchado, C. (2017). Análisis histórico de la efectividad de los lanzamientos a portería de balonmano masculino Historical analysis of throwing effectiveness in male handball. *Retos*, 2041(32), 228–232.

- Karadenizli, Z. I., Inal, H. S., Meriç, B., Aydın, M., & Bulgan, Ç. (2014). Accuracy and Velocity of the Elite Female Turkish Handball Players. *International Journal of Sports Science*, 4(1), 21–26. <https://doi.org/10.5923/j.sports.20140401.04>
- Lago Peñas, C., & López Graña, P. (2002). El entrenamiento de la velocidad en balonmano. *Lecturas: Educación Física Y Deportes*, (102). Retrieved from <http://www.efdeportes.com/efd28a/velocbm.htm>
- Lozano Jarque, D. (2014). *Tesis doctoral. Análisis del comportamiento táctico ofensivo en alto rendimiento en balonmano*. Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña-Lleida.
- Ortega-becerra, M. (2013). Influence of the Throwing Direction on Biomechanics of Movement. *E-Balonmano.com*, 9(2), 59–70.
- Párraga Montilla, J. A. (1999). Efectos de la variación del tiempo de aparición de estímulos visuales sobre la precisión y los parámetros biomecánicos en el lanzamiento en balonmano. Retrieved from <http://mendeley.csuc.cat/fitxers/69120b2c9e1d34a7430b98d5d739aa64>
- Párraga Montilla, J. A., Sanchez, A., & Sicilia, A. O. (2001). Importancia de la velocidad de salida del balón y de la precisión como parámetros de eficacia en el lanzamiento en salto a distancia en balonmano. *Apunts. Educacion Fisica Y Deportes*, 66, 44–51.
- Perez Godoy, P. (2013). *Trabajo final de Grado: Técnica de entrenamiento visual en optometría deportiva*. Universitat politecnica de catalunya. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2117/89477>
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2012). Definición de iteración - Qué es, Significado y Concepto. Retrieved May 6, 2017, from <http://definicion.de/iteracion/>
- Poulton, E. (1957). On prediction in skilled movements. *Psychological Bulletin*. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/journals/bul/54/6/467/>
- Prokajac, B. (1980). Difference between initial ball velocities when using a sidearm throw in fieldball. *Revista Física Cultura*.
- Que baloncesto. (n.d.). FitLight Archives - Que Baloncesto. Retrieved May 2, 2017,

from <http://quebaloncesto.com/fitlight/>

Rivilla, J., Martínez, I., Navarro, F., & Sampedro, J. (2011). Diferencias en la distancia de lanzamiento y velocidad de balón según el puesto específico en jugadores de balonmano sub-18. *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 7(22), 14–23. <https://doi.org/10.5232/ricyde2011.02202>

Rivilla García, J. (2009). *Estudio del lanzamiento en balonmano en función del grado de especificidad e implicación cognitiva. Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Madrid.

Rivilla García, J., Martínez, I., Grande, I., & Sampedro, J. (2011). Precision y velocidad de lanzamiento en función de la oposición y nivel competitivo en balonmano. *Kronos*, 10(2), 33–40. Retrieved from <http://abacus.universidadeuropea.es/handle/11268/3093>

Rodríguez, M. (2013). Funcionamiento de los tres tipos de relés más usados. Retrieved May 4, 2017, from <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/funcionamiento-de-los-tres-tipos-de-reles-mas-utilizados/>

Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., Bayios, I. A., & Boudolos, K. (2015). Self-Paced and Temporally Constrained Throwing Performance by Team-Handball Experts and Novices without Foreknowledge of Target Position. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(1), 41–46.

Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., Boudolos, K., & Bayios, I. A. (2014). Electromyographic Activation Patterns during Handball Throwing By Experts and Novices. *Journal of Athletic Enhancement*, 3(2). <https://doi.org/10.4172/2324-9080.1000142>

Ruiz, J., García, A., & Casimiro, A. (2001). *Iniciación Deportiva Basada en Deportes Colectivos*. Madrid: Gymnos.

Sánchez, F. (1991). Análisis del contenido del juego. *García, J.(Coor.), Balonmano. Madrid, Comité Olímpico*.

Serrien, B., Clijsen, R., Blondeel, J., Goossens, M., & Baeyens, J.-P. (2015). Differences in ball speed and three-dimensional kinematics between male and female

- handball players during a standing throw with run-up. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 7, 27. <https://doi.org/10.1186/s13102-015-0021-x>
- Singer, R. N. (1980). *Motor Learning and Human Performance* (3rd ed). New York: McMillan.
- Skiz. (2017). Quickster QB Trainer | Football Athletic Training Gear. Retrieved May 5, 2017, from <https://www.skiz.com/football/quickster-qb-trainer/QKS-QB01.html>
- Solà Santesmasés, J. (2009). *Comportament motor humà*. Girona: Documenta Universitaria.
- Trainers4me. (2017). Pitching Machines - Baseball Training Machine - Trainers4Me. Retrieved May 5, 2017, from <https://trainers4me.com/Pitching-Machines-Baseball-Training-Machine/>
- van den Tillaar, R. (2003). Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing by experienced team handball players. *Percept Mot Skills.*, 97(3), 731.
- van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2007). A three-dimensional analysis of overarm throwing in experienced handball players. *Journal of Applied Biomechanics*, 23(1), 12–19. <https://doi.org/10.1123/jab.23.1.12>
- Wagner, H., Pfusterschmied, J., Klous, M., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2012). Movement variability and skill level of various throwing techniques. *Human Movement Science*, 31(1), 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.05.005>
- Wikipedia. (2017a). Desarrollo ágil de software. Retrieved May 6, 2017, from https://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_ágil_de_software
- Wikipedia. (2017b). Laser. Retrieved May 4, 2017, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Láser>
- Wikipedia. (2017c). Led. Retrieved May 4, 2017, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Led>
- Wikipedia. (2017d). Relé. Retrieved May 4, 2017, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Relé>

12 ANNEXOS

Programari:

/*

Laser4Handball: Measure handball throwing on a goal by lasers (using Arduino and leds).

Copyright (C) 2017 Xavier de Blas xaviblas@gmail.com

Copyright (C) 2017 Xavier Padullés support@chronojump.org

Copyright (C) 2017 Victor Tremps victord@blanquerna.url.edu

This program is free software: you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or (at your option) any later version.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program. If not, see <<http://www.gnu.org/licenses/>>.

*/

/*

This is an implementation of a goal where the player sees three lights on at corners and have to throw to opposite corner.

Detection of the ball is done by four lasers.

When player enters on a platform, three lights are opened at the same time, but the delay between entering and opening of lights is random.

Player has a limited time to throw.

Present program is not good for measure ball speed because contact time with the laser can be on the middle of the ball or at the side, so laser "contact" time is not an accurate measure of ball speed.

Present program can be good for training and for motivation. Implementation have been tested on handball.

This program is not ended because there's a need of a better detectZone after the lasersSpy.

*/

```
int pinPlatform = 2;
```

```
int pinLaser[4];
```

```
int pinLed[4];
```

```

//unsigned int num;
unsigned int timeStart[4];

//
bool exists(unsigned int num)
{
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    if (num == timeStart[i]) {
      return true;
    }
  }
  return false;
}

void createOrder()
{
  unsigned int num;

  //default value at timeStart:
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    timeStart[i] = 10;
  }

  //assign a random value
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    do {
      num = random(0, 4);
    }
    while (exists(num) == true);

    timeStart[i] = num;
  }

  Serial.println("Wait seconds");
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    Serial.print(timeStart[i]);
  }
  Serial.println("-----");
}

void setup()
{
  pinMode(A0, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

```

```
//is different every time
//reading from a inexistent analogport
randomSeed(analogRead(0));
```

```
pinLaser[0] = 5;
pinLaser[1] = 6;
pinLaser[2] = 7;
pinLaser[3] = 8;
```

```
pinLed[0] = 9;
pinLed[1] = 10;
pinLed[2] = 11;
pinLed[3] = 12;
```

```
pinMode(pinPlatform, INPUT);
for (int i = 0; i < 4; i ++){
  pinMode(pinLaser[i], INPUT);
  pinMode(pinLed[i], OUTPUT);
}
```

```
//turnoff lights
offLeds();
}
```

```
//detect cut zone of the ball
```

```
int detectZone()
```

```
{
```

```
  boolean l0 = false;
  boolean l1 = false;
  boolean l2 = false;
  boolean l3 = false;
```

```
  if (digitalRead(pinLaser[0]) == HIGH) {
    l0 = true;
  }
```

```
  if (digitalRead(pinLaser[1]) == HIGH) {
    l1 = true;
  }
```

```
  if (digitalRead(pinLaser[2]) == HIGH) {
    l2 = true;
  }
```

```
  if (digitalRead(pinLaser[3]) == HIGH) {
    l3 = true;
  }
```

```
  if (digitalRead(pinLaser[3]) == HIGH) {
    l3 = true;
  }
```

```
  if (digitalRead(pinLaser[3]) == HIGH) {
    l3 = true;
  }
```

```
  /*
```

```
  visual layout of the zones
```

```
  l: (L)aser; m: llu(m)
```

```

    l2 l3
    -----
    |m1|   |m2|
l1| |3 4 5| |
  | |   | |
  | |2 6| |
  | |   | |
l0|m0|1 8 7|m3|

```

0 means: no cut

-1 means: error, more than two lasers cut

*/

```

if ( l0 && !l1 && l2 && !l3)
    return 1;
else if (!l0 && !l1 && l2 && !l3)
    return 2;
else if (!l0 && l1 && l2 && !l3)
    return 3;
else if (!l0 && l1 && !l2 && !l3)
    return 4;
else if (!l0 && l1 && !l2 && l3)
    return 5;
else if (!l0 && !l1 && !l2 && l3)
    return 6;
else if ( l0 && !l1 && !l2 && l3)
    return 7;
else if ( l0 && !l1 && !l2 && !l3)
    return 8;
else if (!l0 && !l1 && !l2 && !l3)
    return 0;

```

return -1;

}

/*

light is the corner (0-3)

z1, z2 are the cutzones: zone1 i 2

if the ball cut one laser it will be 1 poitn,

if the ball cut two lasers it will be 2 point

it prints the points

*/

void printPoints(unsigned int led, int z1, int z2)

{

unsigned int points = 0;

if (led == 0)

```

{
  if (z1 == 1 || z2 == 1 ) {
    points = 2;
  } else if (z1 == 2 || z1 == 8 || z2 == 2 || z2 == 8) {
    points = 1;
  }
}
else if (led == 1)
{
  if (z1 == 3 || z2 == 3 ) {
    points = 2;
  } else if (z1 == 2 || z1 == 4 || z2 == 2 || z2 == 4) {
    points = 1;
  }
}
else if (led == 2)
{
  if (z1 == 5 || z2 == 5 ) {
    points = 2;
  } else if (z1 == 4 || z1 == 6 || z2 == 4 || z2 == 6) {
    points = 1;
  }
}
else if (led == 3)
{
  if (z1 == 7 || z2 == 7 ) {
    points = 2;
  } else if (z1 == 6 || z1 == 8 || z2 == 6 || z2 == 8) {
    points = 1;
  }
}
}

if (points == 2) {
  Serial.println("Good! 2 points!!!");
} else if ( points == 1) {
  Serial.println("1 point!");
} else {
  Serial.println("0 points");
}
}

/*
we want to know what are the lasers reading
we spy the lasers during 1000 ms
rates e0,1,2,3 are the status of each laser
*/
int lasersSpy()

```



```

{
//declaring rates
unsigned long spyTimeStart;
unsigned long timeNow;

boolean e[4];
for (int i = 0; i < 4; i ++ ) {
  e[i] = false;
}

for (int i = 0; i < 4; i ++ ) {
  if (digitalRead(pinLaser[i]) == HIGH) {
    e[i] = true;
  }
}

/*
when it is produced the firts the lasersSpy() start.If there ara some on/off the
lasersSpy() will said.
therefore lasersSpy() prnt changes when the first laser is on, and will be working
1000ms (at least one off will be detected)
*/
spyTimeStart = millis();
timeNow = millis();

while (timeNow - spyTimeStart < 1000)
{
  for (int i = 0; i < 4; i ++ ) {
    if (digitalRead(pinLaser[i]) != e[i]) {
      e[i] = !e[i];
      spyPrint(i, timeNow - spyTimeStart, e[i]);
    }
  }
  timeNow = millis();
}
Serial.println("Spy ends");
}
//Print the information of espialaser (laser/time/Status(on/off)
void spyPrint(int laserNum, unsigned long time, boolean newStatus)
{
  Serial.print("Laser / ms / new status: ");
  Serial.print(laserNum);
  Serial.print(" / ");
  Serial.print(time);
  Serial.print(" / ");
  Serial.println(newStatus);
}

```

```

//turn on a random light
//led on is LOW
unsigned int OpenThreeLights()
{
    unsigned int num = random(0, 4); //between 0 and 3 (3 included)

    for (int i = 0; i < 4; i++) {
        if(num == i) {
            digitalWrite(pinLed[i], HIGH);
        } else {
            digitalWrite(pinLed[i], LOW);
        }
    }

    return num;
}

void offLeds()
{
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
        digitalWrite(pinLed[i], HIGH);
    }
    Serial.println("Lights off!");
    delay(200);
}

//it starts generating the random order for the time that lights will be turn on
void loop()
{
    createOrder();

    for (int i = 0; i < 4; i++)
    {
        Serial.print("\n---- Try: ");
        Serial.println(i);

        //if the platform is presses, set free
        if (digitalRead(pinPlatform) == HIGH) {
            Serial.println("\nExit the platform: ");
            while (digitalRead(pinPlatform) == HIGH) {
                //waiting player exits
                offLeds();
                delay(1000);
            }
        }
    }
}

```

```

//Now player can start
Serial.println("\nEnter the platform: ");
//while platform is not pressed... (LOW means 'not pressed')
while (digitalRead(pinPlatform) == LOW) {
  //waiting player enters
}

//wait a while (definite in timeStart)
Serial.println("Wait... these milliseconds:");
Serial.println(timeStart[i] * 1000);
delay(timeStart[i] * 1000);

//turn on three lights
Serial.println("Three lights on!");
unsigned int threeLedsOnTime = OpenThreeLights();
unsigned long timeStartLeds = millis();

//failOrLate is when the ball doesn't touch any laser or laser is LOW
boolean failOrLate = false;

int zone1 = 0;
//while the laser is LOW (without contact: LOW)
while (zone1 <= 0 && failOrLate == false)
{
  zone1 = detectZone();
  //waiting for be pressed

  unsigned long timeNow = millis();
  if (timeNow - timeStartLeds > 3000) {
    Serial.print(" !!dins fallat o tard!!, timeNow: ");
    Serial.print(timeNow);
    Serial.print("; timeStartLeds: ");
    Serial.print(timeStartLeds);
    failOrLate = true;
  }
}

if (failOrLate) {
  Serial.println("FALLAT o TARD!");
  //activar el pinLaserDetect to not have a problem at next iteration

  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    digitalWrite(pinLaser[i], HIGH);
  }
}
//print the results (reactiontime=tempreaccio, Points)

```

```
else {
  unsigned long reactionTime = millis() - timeStartLeds;
  Serial.print("Reaction time: ");
  Serial.println(reactionTime);

  //delay(10);
  Serial.print("1st Detected: ");
  Serial.println(zone1);
  //Serial.print("2nd Detected: ");
  //Serial.println(zone2);

  //printPoints(threeLedsOnTime, zone1, zone2);
  lasersSpy();
}

delay(50);

offLeds();
}
}
```