



FÍSICA APLICADA

DE L'ASSAIG A LA PLAÇA

TREBALL DE RECERCA

Pseudònim: Castellera

Premis UVic

FÍSICA APLICADA
DE L'ASSAIG A LA
PLAÇA

Castellera
2n de Batxillerat

Departament de Física i Química

5 de desembre de 2018

**“Torre de muscles
castell de cors!
Amunt els homes
i el seu esforç!**

**Si cau la torre,
la remuntem.
Visca el coratge
d'un poble ferm!”**

-Joana Raspall

AGRAÏMENTS

L'elaboració d'aquest treball només ha estat possible gràcies a l'ajut i el suport que m'han donat persones de diferents àmbits al llarg del procés i que han facilitat la finalització d'aquest.

En primer lloc, vull donar les gràcies a l'Anna Masmartí, exalumna d'aquest centre, per respondre tots els dubtes que he tingut referent a l'estructura i per estar sempre disposada a ajudar-me.

Seguidament, a Gabriel Collado, llicenciat en física, per brindar-me els seus coneixements per als càlculs que superaven el nivell de física que tenia en començar la part pràctica.

A la Nadina, llicenciada en matemàtiques, pel seu ajut en el procés d'assoliment de conceptes a l'hora de la realització dels càlculs necessaris.

Especialment, vull agrair a la Sheila Hardie que m'hagi cedit totes les seves fotografies per a complementar les explicacions donades. És un orgull per a mi poder exposar un recull del seu repertori en aquest document.

A la família, inclòs en Marc Jodar, pel seu suport incondicional al llarg de l'elaboració del meu treball de recerca.

Als Vaillets de l'Empordà, que han estat sempre disposats a fer les proves que he necessitat per recollir dades i realitzar la part pràctica.

I finalment, però no amb menys importància, els meus més sincers agraïments a la tutora d'aquest treball. Sempre ha estat preparada per resoldre qualsevol dubte, per ajudar a estructurar el treball, per reconduir-lo i per corregir-lo quan ha estat necessari, i fins i tot, per trobar-se amb mi totes les vegades que han estat convenients. Però sobretot, per inculcar-me la passió per la ciència que sempre m'ha transmès al llarg dels quasi 6 anys que he estudiat en aquest centre i que segur han influït en l'elecció del batxillerat i en el que serà el meu futur com a professional.

En definitiva, i per acabar, a tot el professorat que ha resolt qualsevol qüestió o preocupació al llarg d'aquests mesos.

RESUM

El treball de recerca *De l'assaig a la plaça* el qual està aplicat a l'àmbit físic, tracta i analitza diferents aspectes d'aquesta ciència que succeeixen en el procés que es segueix per tal de realitzar certes estructures humanes, anomenades castells.

L'estudi consta d'una part teòrica i una pràctica. En la primera part, s'explica breument la història dels castells, des del seu naixement fins avui dia, així com la nomenclatura que s'utilitza dins el món casteller per tal de designar les diferents estructures i les posicions de les persones que en formen part durant el seu transcurs, i d'altra banda, les seves característiques físiques bàsiques. En la segona part, se separen les parts que succeeixen a l'assaig i les parts que ocorren a les mateixes manifestacions de les construccions. En ambdues divisions s'estudien diversos conceptes físics, alguns bastant bàsics i altres que superaven el nivell de coneixement que tenia en començar el treball, i per això ha estat indispensable el contacte amb llicenciats en física i matemàtiques. Les dades necessàries per a tots els càlculs són reals, ja que han estat recollides durant els assajos dels Vailets de l'Empordà (Castelló d'Empúries), i també, a partir de vídeos que posteriorment s'han analitzat.

A les conclusions del treball s'hi fa constar una recopilació dels resultats dels càlculs fets al llarg del treball i s'hi destaquen els aspectes més rellevants.

RESUMEN

El proyecto de investigación *Del ensayo a la plaza*, el cual está aplicado al ámbito físico, trata y analiza distintos aspectos de esta ciencia que ocurren en el proceso que se sigue para poder realizar ciertas estructuras humanas, nombradas "*castells*", castillos en catalán.

El estudio consta de una parte teórica y una práctica. En la primera parte, se explica brevemente la historia de los castells, des de su nacimiento hasta día de hoy, así como la nomenclatura utilizada dentro de la actividad para denominar las distintas estructuras y las posiciones de las personas que las

forman, y también sus características físicas básicas. En la segunda parte, se separan las partes que acontecen en los ensayos y las partes que sobrevienen en las propias manifestaciones de las construcciones. En ambas divisiones se estudian distintos conceptos físicos, algunos más básicos y otros que superaban el nivel de conocimiento que tenía en empezar el proyecto, y por ese motivo ha sido indispensable el contacto con licenciados en física y en matemáticas. Los datos necesarios para todos los cálculos son reales, puesto que han estado recogidos durante los ensayos de los “*Vailets de l’Empordà*” (Castellón de Ampurias), y también, a partir de vídeos posteriormente analizados.

En las conclusiones del trabajo se hace constar una recopilación de los resultados de los cálculos hechos a lo largo del trabajo y se destacan los aspectos más relevantes.

ABSTRACT

The research project, *From the essay to the square*, which applies to physics, treats and analyzes different aspects of that science that occur during the process needed to realize various kinds of human structures, called “*castells*”, castles in catalan.

The study consists of one theoretical part and one practical part. In the first one, it is briefly explained the *castells* history, since its beginning to now. It also describes the way different structures and how each person is called, together with the basic physical characteristics of *castellers*. In the second part, exist two separated subdivisions, one of them explains the essay part, when all the structures are practised, and the other one explains the showing part. In both sections are studied different physics concepts, some of them quite basic, and others requiered some contact with maths and physics graduates, as the knowledge required was higher that the one I had when I started this project.

All the needed facts used are real, because they have been collected in *Vailets de l’Empordà*’s essays, and also, in some videos which are later analyzed.

In the concluding part, there is a compilation of the results calculated during this working period and the most relevant aspects are featured.

ÍNDIX

0.0	Introducció	3
0.1	Motivació	3
0.2	Objectius	3
0.3	Metodologia.....	4
0.4	Valoració personal	5
1.	Marc teòric.....	6
1.2	La història dels castells	6
1.3	Nomenclatura dels castells	9
1.3.1	Els castellers.....	9
a.	La pinya	9
b.	El tronc.....	11
c.	El pom de dalt	11
1.3.2	Els castells.....	12
1.4	Característiques físiques dels castellers	13
2.	Part pràctica	18
2.1	Comença l'assaig.....	18
2.1.1	Columnes.....	18
2.1.2	La xarxa	20
2.1.3	El repartiment del pes	24
2.1.4	L'estabilitat dels castells	27
2.1.4.1	El centre de masses	28
2.1.4.2	La torre	28
2.1.4.3	El tres	33
2.1.4.4	El quatre	38
2.2	A la plaça	44
2.2.2	Energies.....	44
2.2.2.1	Energia potencial.....	45

2.2.2.2 Energia cinètica	47
2.2.3 Moviment de caiguda lliure	48
2.2.4 Comparativa amb un cas real	49
3. Conclusions.....	53
4. Referències	55
4.1 Referències bibliogràfiques.....	55
4.2 Webgrafia.....	55
ANNEXOS.....	I
ANNEX I: Colles fora del territori català	II
ANNEX II: Enquesta realitzada a castellers	III
ANNEX III: GLOSSARI	VIII
ANNEX IV: Unitats del sistema internacional.....	IX

0.0 Introducció

La física és una ciència que estudia i s'ocupa d'entendre com es comporta la matèria, l'energia i les forces de la natura que ens envolta i que regeixen les interaccions de les partícules que les formen. Tot i semblar una pràctica llunyana de la nostra vida quotidiana, el cert és que és imprescindible en aquesta, i no podria ser menys en el món casteller. Al llarg d'aquest treball, *De l'assaig a la plaça*, busco explicar el procés de preparació i execució dels castells a partir de l'estudi dels fenòmens físics que suporten aquestes estructures al llarg de la formació i el compliment d'aquestes.

0.1 Motivació

Fa prop de tres anys que vaig voler endinsar-me una mica més en la cultura catalana iniciant-me com a castellera, i des del primer moment, la meva fascinació per aquesta activitat va anar creixent cada vegada més. Em va passar el mateix amb les ciències, que des que vaig començar l'ESO van despertar una gran curiositat en mi.

Va ser ja a 4t d'ESO quan vaig començar a pensar en el tema d'aquest treball, volent fusionar dues de les meves aficions. Així doncs, he tingut el tema sempre clar des de principi de curs, tot i que ha anat presentant variacions.

A més, tinc molts contactes dins aquest món que podien fer fàcil la realització d'enquestes i/o parts pràctiques.

0.2 Objectius

Tot i que el tema del treball ha estat ben definit des del principi, el rumb d'aquest ha anat patint alteracions al llarg del procés de realització. Al principi de començar-lo, l'objectiu principal va ser utilitzar els conceptes estudiats a física de primer de Batxillerat i aplicar-los als castells per tal de

demostrar una de les seves utilitats reals. Malgrat això, he reconduït el tema en veure tota la desinformació que hi ha al voltant dels castells, centrant els meus objectius a observar i explicar a partir de la física tot el procés tant de la provatura que es duu a terme prèvia a les actuacions com de les mateixes manifestacions públiques dels castells. Així doncs, un objectiu clar del meu projecte de recerca és, mitjançant aquest treball, donar a conèixer el món casteller, els processos que impliquen i la seva nomenclatura, al lector, a partir de la física. Tanmateix, i seguint una mica amb el que havia estat el punt principal anteriorment, també vull aplicar conceptes estudiats durant el primer curs de Batxillerat.

Pel que fa als castells en si, una de les meves metes serà determinar quina de les diferents estructures és més estable, comparant-les entre si. També, per exemple, estudiar les velocitats de caiguda hipotètiques en cas que el castell no s'acabés de dur a terme, i tot seguit, estudiar què passa en un cas real partir del programa Tracker, una aplicació d'anàlisi i estudi del moviment de certs objectes a partir de vídeos. Pel que fa a objectius didàctics, em sembla motivador mostrar pràctiques sovint realitzades als assajos mitjançant, tan sols, la força pes i la força normal. I, per últim, seria interessant poder determinar la constant d'elasticitat (k) d'una xarxa, utilitzada als locals castellers.

A part, una meta secundària és informar-me sobre la història castellera fins al dia d'avui, la qual desconec.

0.3 Metodologia

Aquest treball de recerca es divideix en dues parts, una teòrica i una pràctica.

En la primera part, on s'explica la història dels castells, així com la nomenclatura i les característiques físiques bàsiques de les persones que en formen part, he hagut de realitzar una recerca molt àmplia a partir de llibres, pàgines web i documents filmats. També, hi ha hagut un procés de síntesi molt elaborat per tal de poder explicar de manera clara i entenedora tots els conceptes.

En la segona part d'aquest treball de recerca, he volgut seguir un fil conductor, en què s'expliqui a partir de conceptes físics el procés que es segueix per poder realitzar un castell. Tanmateix, aquesta part la podríem dividir en dues; en la primera part, utilitzo conceptes físics molt assequibles pel nivell que em pertoca i que majoritàriament s'han realitzat al llarg dels últims anys de l'ESO i del primer any de batxillerat. En la segona divisió de la part pràctica, hi ha hagut una recerca molt important pel que fa als mètodes físics que havia d'utilitzar per a l'estudi d'alguns conceptes, ja que alguns dels procediments sobrepassaven el grau de coneixement que tenia en començar la part pràctica. El fet de trobar la informació i procediment adequats per tal de fer-ho també ha estat possible pel contacte que he tingut amb llicenciats més especialitzats en el tema, esmentats als agraïments, i, evidentment, de la meva tutora. Com que el treball consta de diferents apartats els quals, tot i seguir un fil conductor, són independents els uns dels altres, per cada un s'ha hagut de realitzar un procediment diferent, sense establir una hipòtesi general. El mètode utilitzat és el mètode inductiu, caracteritzat per l'observació, la classificació, la comparació i la generalització.

0.4 Valoració personal

Un cop acabat l'esforç requerit per tal de finalitzar aquest treball de recerca, puc dir que ha estat un procés molt enriquidor en diferents aspectes.

He après, gràcies a l'ajut de diferents persones, a estructurar i sintetitzar un treball d'aquestes mesures per tal que tot quedés precís i entenedor, fet que segur em serà molt valuós en anys pròxims.

També, i entrant en l'àmbit casteller, aquest treball ha estat útil per valorar les diferents forces que actuen en els castells, que són moltes, i a analitzar-ne unes quantes. Haig de reconèixer, però, que alguns dels resultats em varen sorprendre.

L'últim punt a destacar, però no precisament menys important, és l'ensenyament que he rebut per poder recollir dades amb precisió i per poder fer el posterior tractament.

Així doncs, ha estat una experiència de bon grat, en part, gràcies a les persones que n'han format part i que l'han fet possible, ja esmentades anteriorment.

1. Marc teòric

Fa tres segles que els castells constitueixen un pilar important de la cultura catalana. Aquesta tradició consisteix a dur a terme construccions humanes de diversos pisos d'alçada, n'hi ha de molt variades i cadascuna requereix diferents consideracions per tal de dur-los a terme.

A les diferents agrupacions de castellers se les anomena colles, i es diferencien entre si pel color de la camisa, i, evidentment, pel nom. Cada colla té una seu on assagen les seves construccions i fan altres tipus d'activitats variades.

Aquesta activitat sempre és acompanyada d'una melodia de gralles. Cada colla sol tenir el seu toc¹, però són tots bastant similars.

Cal esmentar que cada colla és una entitat sense ànim de lucre on cap casteller disposa de beneficis econòmics, i totes les colles que actualment existeixen a Catalunya són regulades per la Coordinadora de Colles Castelleres de Catalunya (CCCC).

1.2 La història dels castells

Usualment es relaciona l'origen dels castells amb la terra catalana, malgrat això, aquesta activitat neix d'un antic ball autòcton de València i que en un principi era pagà fins més tard que es va començar a realitzar entorn processons religioses. L'últim d'aquests balls es realitzava amb l'aixecament d'una o diverses construccions humanes, que a poc a poc, i al llarg del temps, anaven agafant una alçada i importància major fins a convertir-se en una part

¹ TOC. Melodia de gralles i timbals que acompanyen un castell i que sol indicar-ne les diferents fases (començament, aleta i finalització, també en cas que caigui).

essencial de la dansa. A aquests grups se'ls coneixia com a Moixigangues i avui en dia encara n' existeixen algunes colles, malgrat que l'altura de les estructures no té una transcendència tan gran i, tanmateix, la manera de pujar-hi i la vestimenta és distinta.

Al llarg del segle XVIII, aquesta activitat va anar estenent-se pel nord fins a arribar al sud de Catalunya on eren practicades sobretot a Tarragona, al Penedès i al Garraf. I va ser allà, més concretament a Valls, on aquesta figura final es va independitzar del ball agafant una autonomia pròpia fins a acabar assemblant-se al que ara coneixem com a castells.

Al S. XIX, les colles vallenques², que eren les úniques que existien, es dividien en dues; la dels Pagesos i la dels Menestrals i ambdues es desplaçaven per tot Tarragona i el Penedès de juny a octubre participant a variades festes majors. L'evolució dels castells durant aquest període va ser molt positiva, tant que, fins i tot, els anys que varen transcórrer entre 1851 i 1893 determinen la primera època d'or de l'activitat castellera, ja que es va aconseguir dur a terme construccions de 9 pisos, fita mai assolida anteriorment.

Malauradament, després d'aquest període de glorificació va arribar una etapa de decadència, que va provocar la disminució de pisos en els castells i del nombre d'actuacions realitzades. Hi ha diferents causes que podrien justificar aquesta degradació castellera; la primera es relaciona amb la migració del camp a la ciutat per la cerca d'ocupació i a causa de la fil·loxera³, altres causes socials van lligades a la creixent importància que guanyen altres activitats lúdiques com el futbol, i la imposició de la sardana al territori.

Aquest declivi va durar de l'any 1894 fins al 1926. Malgrat això, al 27 s'inicia la renaixença, gràcies a l'aparició de colles no vallenques al Garraf i a Tarragona. L'aparició d'aquestes colles crea una certa competitivitat que fa créixer el moviment casteller i es tornen a assolir castells de 8 pisos. En aquesta època, també, és on les colles principien a diferenciar-se a través de la vestimenta.

² VALLENCES: Procedents de Valls.

³ FIL·LOXERA. Insectes que es trobaven a les vinyes i provocaven malalties.

Durant els anys de la guerra civil (1936-1939), l'activitat castellera, com totes les altres manifestacions de la cultura catalana, pateix un retrocés força pronunciat, però no prou consistent per a acabar amb ella. Posteriorment, i amb l'arribada de la dictadura de Francisco Franco, els castells deixen de ser vistos com a una dinàmica cultural i de ser símbols catalans per passar a ser simplement espectacles. Més tard, el règim obliga les colles d'una mateixa ciutat a fusionar-se per poder prosseguir amb el moviment casteller.

Entre els anys 50 i 60 es va recuperant la normalitat i es promou una rivalitat entre la colla de Valls i les colles de la resta de la comunitat.



Figura 1 Portada de l'ABC del 2 de setembre de 1970.
Font: Hemeroteca de l'ABC.

El 1969, neix la primera colla fora de la Zona Tradicional⁴, els Castellers de Barcelona. Durant la transició democràtica es reivindiquen altra vegada com a part de la cultura catalana, i, és en aquest context on continuen sorgint diferents colles noves com els Minyons de Terrassa (1979), que, també, és la primera colla a integrar totalment les dones⁵. És en aquesta època on sorgeixen molts dels valors que actualment s'hi defensen; com el fet de ser una activitat integradora i altruista.

La segona època daurada s'inaugura el 26 d'octubre de l'any 1981 quan la Colla Vella dels Xiquets de Valls carrega i descarrega el quatre de nou amb

⁴ La zona tradicional és Tarragona, El Garraf i Penedès.

⁵ Fet que va millorar els castells per les masses reduïdes en comparació als homes.

folre, sent el primer del S. XX i efectuat a la diada de Santa Úrsula. En aquest moment el món casteller pateix un moment àlgid, multiplicant-se les colles, rebent més atenció dels mitjans de comunicació i assolint, a partir del 1998, construccions de 10 pisos.

La Unesco reconeix els castells com a Patrimoni Immaterial de la Humanitat des de l'any 2010, fet que certifica el prestigi i l'extensió dels castells els darrers anys. Extensió que no només es dona en el territori català, sinó que l'oportunitat que han tingut diferents colles per viatjar ha implicat l'aparició de colles fora del territori català⁶.

1.3 Nomenclatura dels castells

La nomenclatura dels castells, és a dir, la manera com anomenem els diferents castells i les parts d'aquest, no és molt complexa, però si mai n'hem sentit a parlar, pot semblar-nos un pèl estranya.

1.3.1 Els castellers

En veure un castell, podem fàcilment diferenciar-ne tres components; la pinya, el tronc, i el pom de dalt. Les funcions de cada divisió són diferents, i requereixen diversitat de capacitats, i per tant, no tothom pot fer totes les posicions d'un castell, però tothom té un lloc dins d'aquest.

a. La pinya

La pinya és la part que se situa sobre el terra, el pis més baix. Les seves funcions consisteixen a aguantar l'estructura que hi ha sobre seu, evitar que es deformi, i alleujar/amortitzar les possibles caigudes. Tot i que la majoria de catalans podríem identificar-la fàcilment, dins d'aquesta hi podem trobar diferents posicions imprescindibles per a poder dur el castell a terme i que usualment queden en l'oblit.

⁶ Vegeu annex I

Podem distingir dues classes de pinya, l'oberta i la tancada. En l'oberta les persones que la formen no toquen el castell, sinó que tenen els braços alçats per si de cas el castell patís algun contratemps, en aquest cas, la pinya es tancaria. En la pinya tancada les persones que la formen sí que toquen el castell i sempre té una estructura interna específica (que més tard comentarem).

Quan s'assagen castells, se solen fer amb pinya oberta i els anomenem castells nets. Més tard els assagem amb pinya tancada i cal tenir en compte que se'ls hi suma un pis, ja que en tancar-se la pinya s'afegeixen els baixos, que són les persones que aguanten tot el pes sobre la seva esquena.



Figura 2 Fotografia que enfoca la part central de la pinya.
Foto de Sheila Hardie.

Dins la mateixa pinya, en diferenciem dues parts:

- **El nucli:** És la part que actua com a suport del baix, i el propi.

A. Els baixos: Suporten la resta dels castellers del tronc sobre la seva espatlla.

B. Les crosses: Es col·loquen sota l'aixella dels baixos per tal que els braços d'aquests no es moguin o s'enfonsin pel pes de l'estructura.

C. Els contraforts: Es col·loquen donant pit⁷ al baix per evitar que el pes els impulsi cap a darrere.

D. Les agulles: Solen col·locar-se dins el castell, davant el baix, per tal que no s'inclini cap endavant ni ell ni els segons, els quals agafen pel genoll.

Com són funcions complementàries del baix, han d'escoltar-lo i fer més o menys força segons el que sigui necessari.

- **L'equip de mans:** És la part que actua com a suport del tronc.

⁷ DONAR PIT. Expressió molt utilitzada al món casteller. Acció que es fa quan fas força amb el teu pit a l'esquena de la persona de davant per tal que tot quedi més compacte.

- A. Les primeres mans:** Van darrere de les persones del segon pis, agafant-los el cul per evitar que pel pes del castell s'assentin.
- B. Els laterals:** Es col·loquen entre la crossa i els contraforts, amb una doble funció: evitar que els segons es desplacin i que les crosses s'enfonsin.
- C. Els vents:** També poden ser anomenats daus. Se situen entre les crosses i eviten el desplaçament del segons i la deformació del castell.
- D. La resta de la pinya:** Organitzada en fileres fa força per ajudar totes les posicions esmentades anteriorment.

b. El tronc

El tronc el componen els diferents pisos que formen un castell, com més alt el castell, més pisos té. Es comença pels segons, que van sobre els baixos i són els primers que sobresurten de la pinya, i es segueix contant fins a dalt; terços, quarts, quintes, sisens i setens. De moment s'ha arribat fins a setens, perquè els tres últims pisos no els anomenem d'aquesta manera, sinó que formen part *del pom de dalt*.

c. El pom de dalt

Són els últims tres pisos del castell, sempre formats per canalla. És obligatori que portin casc sempre, per motius de seguretat⁸.

Figura 3. Pom de dalt dels Vailets de l'Empordà. Foto de Sheila Hardie.



A. Els dosos: Van sobre l'últim pis del tronc, i només aguanten l'acotxadora i l'enxaneta. Sempre està format per dos castellers.

B. L'acotxadora: Va sobre els dosos, acotxant-se bé perquè l'enxaneta pugui passar.

C. Enxaneta: És la nena o nen que corona el

⁸ Des de 2010, quan a la colla dels Capgrossos de Mataró va morir una nena en caure d'un castell.

castell fent l'aleta⁹. Amb el pas d'aquesta és quan es considera que el castell s'ha carregat¹⁰.

1.3.2 Els castells

Per establir la nomenclatura dels castells primer hem d'assolir dos conceptes bàsics; les rengles i els pisos.

Els pisos són la quantitat de persones que hi ha una sobre l'altre, per exemple, si tenim una persona sobre una altra, tindrem dos pisos. Cal tenir en compte que sota la pinya sempre s'hi troba un pis, els baixos, i no només podem comptar els pisos que veiem. Una altra consideració que cal fer és que l'enxaneta i l'acotxada contenen com a un pis cadascuna, és a dir, al pom de dalt sempre hi trobem tres pisos (dosos, acotxada i enxaneta).

Les rengles, en canvi, són la quantitat de persones que tindrà cada pis (deixant de banda el pom de dalt, que sempre tindrà dos dosos).

Sabent això, podem començar a anomenar els castells.

Primerament comencem dient el nombre de rengles, i després el nombre de pisos, connectant-los amb un "de". Podem posar-ho en pràctica:

Si tenim un castell de 6 pisos (el mínim que es pot fer amb pinya) i amb 3 rengles l'anomenarem tres de sis, que abreujat seria 3d6.



Si volguéssim saber quin castell veiem a la imatge començaríem a contar les rengles. En aquest cas en veiem tres. Després contaríem els pisos, que sumant els baixos sota la pinya, l'acotxada i l'enxaneta en sumen set.

Per tant, ens trobaríem davant un tres de set, que abreujat és un 3d7.

Figura 4. 3d7. Foto de Sheila Hardie

⁹ FER L'ALETA. Acció que fa l'enxaneta quan aixeca la mà al cim del castell per carregar-lo.

¹⁰ CARREGAR. Fet d'aconseguir realitzar un castell fins a dalt, però no s'ha pogut desmuntar.

Però hi ha altres nomenclatures per diversos castells:

- Els pilars: els formen una rengla, no es considera que hi hagi acotxadora i mai els anomenarem 1dx, sinó pilar de x. Considerant x els pisos que hi ha.
- Les torres: les formen dues rengles, i diem torre de x. També els podem anomenar 2dx,.

1.4 Característiques físiques dels castellers

Tothom, independentment del pes i de l'alçada, pot formar part d'una colla castellera, ja sigui formant part del tronc, de la pinya, o bé dels músics. Però generalment, per qüestions de facilitat i agilitat, els castellers de diferents posicions solen tenir característiques semblants entre si (és a dir, els baixos amb els baixos, els segons amb els segons, etc.). Aquesta és una part important a destacar perquè el castell es pugui dur a terme, ja que, per exemple, si l'enxaneta pesés més que els dosos, o simplement pesés massa, el castell podria caure.

És per això que s'ha realitzat una enquesta a molts castellers de diferents colles i posicions per tal de generalitzar uns intervals. En l'enquesta se'ls demana la posició o posicions que fan habitualment, l'alçada en metres i la massa en kg.

Una vegada hem rebut les respostes, les hem organitzat en diferents apartats del mateix full de càlcul, dividint-los segons la posició que ocupen. Les respostes ens serveixen també per a trobar una mitjana del pes de cada posició, que utilitzarem després pels castells hipotètics amb els quals treballarem quan realitzem la part física i de càlculs del treball.

Aspectes que comentarem:

Massa mitjana: Com hem comentat abans, s'ha fet una mitjana amb les dades obtingudes, a més a més, indicarem també la variació que hi pot haver.

Alçada mitjana: De la mateixa manera que amb la massa, s'ha realitzat una mitjana. En aquest cas, però, hi hem de considerar altres coses. En els castells,



Figura 5. 2d6 dels Vailets de l'Empordà. Foto de Sheila Hardie

l'alçada que volem utilitzar és de l'espatlla als peus, ja que els peus de la persona que estigui sobre nostre no estaran sobre el cap, sinó sobre les espatlles. Tot i que en el Renaixement es va idealitzar que la llargada del cos humà eren 8 caps aquesta no és una mesura gaire correcta. La proporció considerada adequada actualment és de 7 caps i mig. Sabent això, he creat una equació que divideixi l'alçada per set i mig i la multipliqui per sis i mig, i així he obtingut

l'alçada que serà útil per aquest treball.

En el cas de l'acotxadora i l'enxaneta no

caldrà fer això, ja que no suporten ningú dret sobre seu.

Si considerem que l'alçada fins a l'espatlla és a_i i que l'alçada normal és a , la fórmula quedaria així:

$$a_i = (a/7'5) \times 6.5$$

• Els baixos

Els baixos són les persones que aguanten la resta del tronc. Des de fora un castell no es veuen, ja que estan envoltats de la pinya, que alhora els ajuda a no aguantar tant pes. Solen ser persones fortes i corpulentes capaces d'aguantar molta massa sobre seu i amb molta resistència. De mitjana solen mesurar 1.44 metres (+/- 4 cm) i pesar 75. 4 kg (+/- 9 kg).



Figura 6. Pinya dels Vailets de l'Empordà abans de tancar-se. Foto de Sheila Hardie.

Aquesta és la imatge d'un baix amb la pinya envoltant-lo abans de tancar-se¹¹.

·Els segons

Als segons ja se'ls pot observar sobresortint de la pinya. Solen ser més alts que els baixos però també han de ser capaços d'aguantar molt pes sobre seu. L'alçada sol ser al voltant dels 1.51 m (+/- 5 cm) i el pes al voltant dels 80 kg. (+/- 2 kg).

·Els terços

Van sobre els segons, i és on, a partir dels quals, el pes i sobretot l'alçada solen disminuir. Habitualment el pes es troba entorn els 61 kg (+/- 10 kg) i l'alçada ronda els 1.46 metres (+/- 7 cm).

·Els quarts

Van sobre terços, però no tots els castells en tenen, ja que comença a ser una alçada considerable (un castell de 7). El pes i l'alçada segueixen disminuint, tal que l'alçada gira al voltant dels 1.38 metres (+/- 4 cm) i el pes dels 53.2 kg (+/- 5 kg).

·Els quintes

Anirien sobre els quarts en un castell de 8, ja comencen a ser molt i molt joves, normalment. No aguanten gaire pes així que tampoc han de ser molt musculosos, però si fa falta que siguin prou prims perquè el castell no pateixi. El pes sol ser de 49 kg (+/- 6 kg) i l'alçada d'1.37 m (+/- 5 cm).

· Els dosos

Són els que inicien el pom de dalt, i ja és obligatori que portin casc. Són, gairebé, els que menys pes aguanten. El pes sol voltar els 40 kg i l'alçada els 1.26 m.

·L'acotxada

¹¹ TANCAR PINYA. Mot que s'utilitza per indicar l'acte en el qual les persones de la pinya ocupen la seva posició i es preparen per treballar el castell.

Juntament amb l'enxaneta, no aguanten cap pes. Ha de ser la més petita de totes. Sol pesar uns 20 kg i mesurar un metre, variant de pocs centímetres.

-L'enxaneta

És més alta que l'acotxadora perquè ha de passar per sobre seu, però tampoc pot pesar gaire més, per no fer patir el castell quan pugi. El pes acostuma a rondar els 30 kg i solen mesurar 1.3 metres.

Llavors, atès a les dades que hem obtingut, farem tots els càlculs de la part pràctica amb la taula següent:

Posició	Massa en kg	Alçada fins a l'espatlla (m)
Baix	75.4	1.44
Segons	80	1.51
Terços	61	1.46
Quartes	53.2	1.38
Quintes	49	1.37
Dosos	40	1.26
Acotxador	20	1
Enxaneta	30	1.3

Figura 7. Taula de masses i alçades segons posició. Taula pròpia.

En els següents gràfics podem observar com varia l'alçada i el pes a mesura que anem pujant la posició:

Al primer gràfic podem veure que la massa va variant a mesura que la posició del castell és major. Veiem com en un primer moment ascendeix (ja que els segons solen ser més alts, i per tant més pesats que els baixos), però després

va descendint fins a l'acotxada, ja que cada vegada les persones són més petites fins a arribar a la mainada. Podem observar també que l'últim tall ascendeix, ja que l'enxaneta ha de ser més gran que l'acotxada per poder passar-hi per sobre.

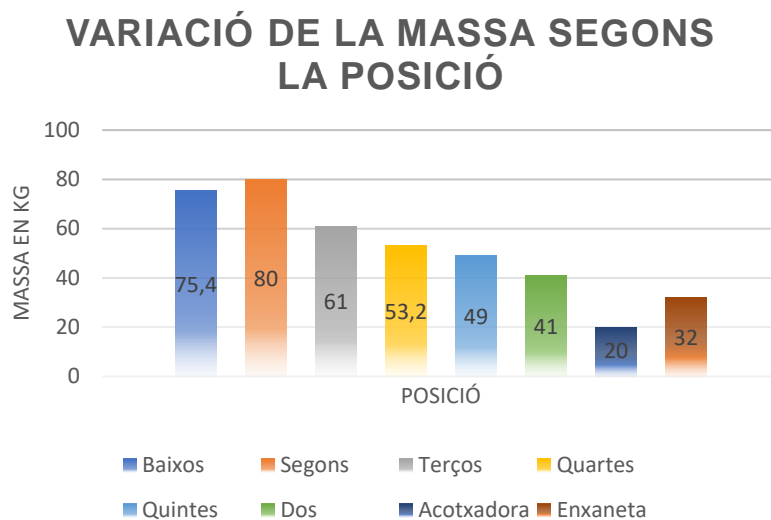


Figura 8. Gràfic sobre la variació de la massa segons la posició. Gràfic propi.

El gràfic de l'alçada fins a l'espatlla és similar pels aspectes que ja hem comentat anteriorment, que són la diferència d'alçada entre el baix i el segon, i entre l'acotxada i l'enxaneta.

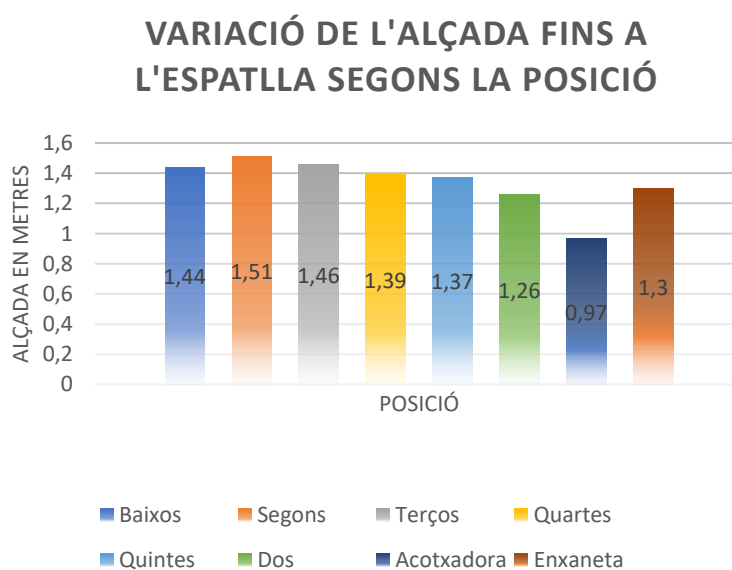


Figura 9. Gràfic sobre la variació de l'alçada segons posició. Gràfic propi.

2. Part pràctica

Durant la part física d'aquest treball, i com ja he comentat anteriorment, anirem fent un recorregut que anirà des de la preparació d'un castell fins a l'execució d'aquest. Aquestes estructures no es poden realitzar *a plaça*¹² sense assajar-les abans, provar-les diferents vegades, canviar maneres de treballar, etc. De fet, possiblement la part més important del procés d'assoliment del castell és aquesta, la preparació.

Així doncs, la realització d'un castell es podria dividir en dues parts; l'assaig i la plaça, que són les parts en què dividirem la part pràctica d'aquest treball. Cal dir que totes les unitats utilitzades al llarg del treball són les del S.I.¹³

2.1 Comença l'assaig

Tanmateix, així com hem diferenciat dues parts clares del procés casteller, l'assaig també el podem dividir en diferents parts.

2.1.1 Columnes

La primera part de l'assaig s'explicarà amb un concepte físic molt bàsic; la força pes i la força normal.

La força pes és una mesura que indica la força amb la qual la Terra atrau els objectes al seu centre¹⁴. Segons la llei fonamental de la dinàmica de Newton:

$$F = m \cdot a$$

On F és força i sempre es mesura en Newtons (en aquest cas pes, que anomenarem P), m és massa (mesurada en kilograms), i a és acceleració (mesurada en m/s^2). Considerant que l'acceleració d'un moviment vertical és la gravetat, que en el cas de la Terra és $9'81 m/s^2$, la fórmula quedaria així:

¹² ANAR A PLAÇA. Expressió castellera que es refereix al fet de fer un castell durant una actuació, ja amb la vestimenta tradicional, amb música i, normalment, un públic.

¹³ És un sistema d'unitats que s'utilitza en quasi tots els països del món per tal d'unificar l'expressió de totes les mesures científiques bàsiques. Consultar les unitats bàsiques a l'Annex IV.

¹⁴ En aquest cas, esmento només la Terra, ja que és l'únic planeta amb el qual treballaré el pes en aquest treball.

$$P = m \cdot g$$

Per exemple, el pes d'algú de massa 60 kg i amb gravetat 9'81 m/s² és una simple multiplicació que dona 588.6 N.

La força normal és sempre exercida per una superfície, i és aquella necessària perquè un objecte no la travessi, i és per això que en qualsevol superfície horitzontal la força normal (N) serà equivalent a la força pes (P), i per tant;

$$N = P = m \cdot g$$

Seguin l'exemple d'abans, la força que exerceix una superfície planera no inclinada és també de 588.6 N.

Amb aquesta explicació donem pas a les columnes, el primer exercici que es fa en un assaig. Consisteix a agafar-se d'unes columnes (d'aquí el nom) o bé escales i fer pujar unes persones les unes sobre les altres, en funció de la persona que estigui a baix, de la massa dels que pugen, etc. Es fa per practicar la pujada i també la compensació del pes. Això últim és l'acte d'intentar dividir bé el teu pes per tal que la força normal que ha de fer la persona que està sota teu sigui igual a cada espatlla, ja que una diferència notable podria provocar lesions.

En aquest cas, veuríem, que la persona que està a dalt (61.35 kg) està compensant bé, i per tant, la força normal de les espatlles del baix és igual.

$$P = m \cdot g \rightarrow P = 61.35 \times 9.81 = 601.84 \text{ N}$$

Ho dividim entre dos perquè es reparteix en dues espatlles.



Figura 10. Columna de dos. Foto pròpia.

$$P = \frac{601'84}{2} = 300.92 \text{ N} \rightarrow P = N$$

$$= 300.92 \text{ N.}$$



300.92 N és la força normal que ha de realitzar cada espatlla.

En canvi, aquí veiem que la força no està

ben compensada, per exemple, a la dreta hi aplica un 35% del pes i a l'esquerra el 65% restant.

$$P = m \cdot g \rightarrow P = 61.35 \times 9.81 = 601.84 \text{ N}$$

$$65\% \frac{601.84 \text{ N}}{100\%} = 391.20 \text{ N}$$

$$P = N = 391.20 \text{ N}$$



Figura 11. Columna de dos. Foto pròpia.

391.20 N és la força normal que fa amb l'espatlla esquerra.

$$P = m \cdot g \rightarrow P = 61.35 \times 9.81 = 601.84 \text{ N}$$

$$35\% \frac{601.84 \text{ N}}{100\%} = 210.65 \text{ N}$$

210.65 N és la força normal que fa amb l'espatlla dreta.

Veiem que la força normal que ha de realitzar amb l'espatlla esquerra és de 391.20 N i en canvi amb la dreta ha d'aplicar 210.65 N. Aquesta descompensació, en un castell, amb el pes de més que això implica, podria provocar una lesió i/o una caiguda.

2.1.2 La xarxa

El món casteller, al llarg dels anys, ha anat incorporant l'ús de noves tecnologies per a garantir la seguretat dels integrants de la colla, uns bons exemples el casc i la xarxa. La xarxa és una estructura elàstica que s'utilitza durant els assajos per tal de practicar certes construccions amb més seguretat. N'hi ha de diferents tipus, i amb diferent nombre de forats, el que farà que s'hi puguin assajar només pilars, o torres, o tresos, o quatres, etc. els forats es

poden anar obrint i tancant, per tant una xarxa que tingui 4 forats podrà fer tots els anteriors, i així regressivament.

Així doncs, el següent pas després de fer unes quantes columnes seria anar a la xarxa.

La xarxa ha de ser elàstica per evitar lesions, llavors, i per començar, és important definir què és l'elasticitat. Aquesta és una propietat física que posseeixen aquells materials que, després d'haver estat deformats per alguna força, tornen a la seva forma anterior.

Cada tipus de xarxa ha de tenir uns requisits particulars que s'ajustin a l'activitat per la qual ha estat fabricada. En concret, explicarem alguns requisits de l'estructura que es necessita per l'ús casteller, i ho farem de forma senzilla, treballant sobre un cas hipotètic.

Cal esmentar que ens basarem en la xarxa dels Vailets de l'Empordà (Castelló d'Empúries).



Figura 12. Xarxa dels Vailets de l'Empordà. Foto de Sheila Hardie.

L'alçada on la xarxa està collada és de 2.77 m, que és on considerarem $x=0$. Hem de tenir en compte que sota d'aquesta hi trobarem gent fent pinya, tal com s'observa a la fotografia, per si de cas sorgís algun imprevist. Hi ha persones que poden arribar a fer més de dos metres, i per tant, caldrà que l'estructura no sigui capaç de desplaçar-se més de 0.65 m, per tal d'evitar perills. A partir d'aquí intentarem establir la constant d'elasticitat que ha de tenir la xarxa per tal

que no perilli ningú. La constant d'elasticitat és una constant que té cada molla o xarxa i que depèn de la naturalesa del material del qual estigui fet.

Els càlculs els farem en funció d'un dels castells que es podrien assajar en aquesta ubicació a la realitat, per exemple, un 3d7net. Agafem el pes segons la informació recollida a la part teòrica, però només caldrà que calculem el pes de terços cap amunt, ja que els altres no cauran sobre la xarxa perquè tenen una altura inferior, així doncs:

$$M_T = (M_q \times 3) + (M_{qi} \times 3) + (M_d \times 2) + M_a + M_e$$

On M_T és la massa total de la part que sobresurt. Ara consultem les dades que ja teníem i les substituïm:

$$M_q = 53.15 \text{ kg} = \text{massa dels quarts}$$

$$M_{qi} = 49 \text{ kg} = \text{massa dels quints}$$

$$M_d = 41 \text{ kg} = \text{massa dels dosos}$$

$$M_a = 19.67 \text{ kg} = \text{massa de l'acotxada}$$

$$M_e = 32 \text{ kg} = \text{massa de l'enxaneta}$$

Per tant, la fórmula queda així:

$$M_T = (53.15 \times 3) + (49 \times 3) + (41 \times 2) + 19.67 + 32$$

$$M_T = 440.12 \text{ kg}$$

A part, considerem que l'estructura cau a partir del centre de masses, que és 2.89 m [vegeu apartat 2.1.4.3].

I ara, establim la constant d'elasticitat a partir d'energies; l'energia potencial gravitatòria (E_p) és l'energia que tenen els cossos quan tenen una alçada diferent de 0, i depèn només d'ella, mentre que l'energia potencial elàstica (E_{pe}) és l'energiaretinguda a conseqüència de la deformació d'un objecte estàtic.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{pe} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$$

Si fem el balanç total de la caiguda, ens queda així:

$$\Delta E_M = 0$$

$$E_{M_0} = E_M$$

$$E_p = E_p + E_{pe}$$

$$m \cdot g \cdot h_0 = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$$

Organitzem les dades que tenim:

$$m = 440.12 \text{ kg}$$

$$h_0 = 2.89 \text{ m}$$

$$h = -0.65 \text{ m}$$

$$x = 0.65 \text{ m}$$

Ara aïllem la component de la qual volem saber el valor, en aquest cas la k .

$$k = 2 \frac{m \cdot g \cdot (h_0 + h)}{x^2}$$

$$k = 2 \frac{440.12 \times 9.81 \times (2.81 + 0.65)}{0.65^2}$$

$$k = 70716.294 \text{ N/m}$$



Figura 13. Assaig d'un pilar a la xarxa. Foto de Sheila Hardie.

Per tant, la nostre xarxa, per complir les característiques demanades ha de tenir una constant elàstica de 118132.99 N/m, si fos més elàstica, no absorbiria tanta energia i acabaria provocant els mateixos cops a la pinya que amb la seva absència.

Cal dir també, però, que tampoc pot ser massa poc elàstica, ja que si no ho fos, el cop que es produiria

seria un cop sec (com amb el terra) i no tindria cap mena d'utilitat.

2.1.3 El repartiment del pes

Ara, amb la mitjana de les dades que vam obtenir a l'enquesta esmentada al principi del treball, estudiarem com es reparteix el pes en cada pis en la torre i el pilar, que són les dues estructures que més s'assagen a la xarxa.

La divisió del pes en el pilar és la més senzilla, simplement hem de fer la suma de les masses i multiplicar-les per la gravetat, de cada pis. Aquí podem veure una taula que descriu el pes que aguanta cada casteller en un pd4net (que sobre pinya seria un pd5):

Posició	Massa en kg	Pes que suporta (N)
Enxaneta	32	0
Dos	41	313.92
Quarta en posició de terça	53.15	716.13
Segona	79	1237.53

Figura 14. Divisió del pes en un pilar de quatre net (pd4net). Taula pròpia.

Aquest és l'exemple més senzill. Ara, ho farem en el cas d'una torre, on passa el mateix, però el pes de l'acotxadora i l'enxaneta es divideix entre dos:

Posició	Massa en kg	Pes que suporta (N)	Explicació
Enxaneta	32	0	No suporta pes, ja que és la persona que puja a dalt.
Acotxada	19.67	0	Tampoc suporta pes perquè l'enxaneta no es recolza en ella.

Posició	Massa en kg		Pes que suporta (N)	Explicació
Dos	41	41	253.44	La suma de la massa de l'acotxador i l'enxaneta és 51.67 kg, que repartida entre dos és 25.84, i que multiplicada per la gravetat és aquest resultat.
Terça	61.3 6	61.3 6	655.65	Sumem la massa que suporten els dosos més la massa d'aquests, multiplicats per la gravetat.
Segon	79.1	79.1	1257.59	Sumem la massa que suporten les terces més la massa d'aquests, multiplicats per la gravetat.

Figura 15. Divisió del pes en una torre de cinc neta (2d5net). Taula pròpia.

Quan ja hem fet proves a la xarxa, sortim d'ella i fem proves de castells amb més rengles fora. En aquest cas estudiarem el 3d6 net.

Posició	Massa en kg			Pes que suporta (N)	Explicació
Enxaneta	32			0	No suporta pes, ja que és la persona que puja a dalt.
Acotxadora	19.67			0	Tampoc suporta pes perquè l'enxaneta no es recolza en ella.
Dos	41	41		253.44	La suma de la massa de l'acotxador i l'enxaneta és 51.67 kg, que repartida entre dos és 25.84, i que multiplicada per la gravetat és aquest resultat.
Quarta	53.15	53.15	53.15	Quarta 1: 655.65 Quarta 2 i 3: 454.54	La quarta 1 és la rengla, és a dir, els dos de sobre seu té els dos peus sobre seu, per tant se suma la massa que suporta el dos i la seva, multiplicada per la gravetat. La quarta 2 i 3 tenen un peu del dos a sobre cada un, per tant, suporten el

Posició	Massa en kg			Pes que suporta (N)	Explicació
					pes de l'acotxadora i l'enxaneta més la d'un dos dividit per dos, tot multiplicat per la gravetat.
Terça	61.36	61.36	61.36	Terça 1: 1177.05 Terces 2 i 3: 975.94	Terça 1: El mateix que l'esmentat anteriorment més la massa de la quarta. Terces 2 i 3: El mateix que l'esmentat anteriorment més la massa de les quartes.
Segon	79.1	79.1	79.1	Segon 1: 1778.99 Segones 2 i 3: 1577.93	Segon 1: El mateix que l'esmentat anteriorment més la massa de la terça. Segons 2 i 3: El mateix que l'esmentat anteriorment més la massa de les terces.

Figura 16. Divisió del pes en un tres de sis net (3d6net). Taula pròpia.

Així doncs, veiem que en el tres el pes que han d'aguantar els pisos que no són pom de dalt és diferent entre ells, segons la rengla on estiguin col·locats. Ara veurem què passa en el quatre.

Posició	Massa en kg	Pes que suporta (N)	Explicació
Enxaneta	32	0	No suporta pes, ja que és la persona que puja a dalt.
Acotxadora	19.67	0	Tampoc suporta pes perquè l'enxaneta no es recolza en ella.

Posició	Massa en kg				Pes que suporta (N)	Explicació
Dos	41	41			253.44	La suma de la massa de l'acotxador i l'enxaneta és 51.67 kg, que repartida entre dos és 25.84kg, i que multiplicada per la gravetat és aquest resultat.
Quarta	53.15	53.15	53.15	53.15	327.25	La suma dels dosos és 51.67 kg, que repartida entre dos és 25.84kg, si això li sumem 41kg dels dosos, ho dividim en dos i ho multipliquem per la gravetat dona aquest resultat.
Terça	61.36	61.36	61.36	61.36	849.23	El mateix que l'esmentat anteriorment més la massa de la quarta.
Segon	79.1	79.1	79.1	79.1	1451.16	El mateix que l'esmentat anteriorment més la massa de la terça.

Figura 17. Divisió del pes en un quadre de sis net (4d6net). Taula pròpia.

Si comparem la divisió del pes en les quatre estructures, veiem que en el castell de quatre rengles és en el que les persones de cada pis suporten menys pes, ja que és en el que queda més dividit.

2.1.4 L'estabilitat dels castells

A partir d'aquest punt del treball, intentarem establir quin castell és més estable, entre la torre, el tres i el quatre. Això ho farem a partir dels centres de massa (\vec{r}_{CM}) que abreviadament s'escriu CM.

Compararem un 2d7, un 3d7, i un 4d7. Ho fem amb el mateix nombre de pisos perquè no influeixi en els resultats, així com, també utilitzarem les mateixes alçades i masses (per pisos). Cal dir que aquests castells encara no els hem fet sobre pinya, per tant són castells nets i això vol dir que aniran des de segons fins a l'enxaneta. És important dir també que considerarem que els castells són

estructures quietes per tal de possibilitar la realització dels càlculs, això però, és tan sols un cas hipotètic, ja que els castells solen patir moviments deguts a les forces que realitzen els castellers durant les baixades i pujades al mateix.

2.1.4.1 El centre de masses

El centre de masses és un punt d'aplicació on considerem que es concentren totes les masses d'un cos o conjunt de partícules. Seria com una partícula amb tota la massa del cos. En aquest treball, considerem que els castellers són masses puntuals que situem al mateix CM de cadascú (aproximadament al maluc) i buscarem el centre de masses de l'estructura a partir d'operacions amb els vectors tridimensionals que ubiquen aquestes masses puntuals (cada casteller) i les seves masses. El valor obtingut serà també un vector tridimensional que com més baix sigui (des del punt d'origen) més estable voldrà dir que és el castell. L'operació queda així:

$$\vec{r}_{CM} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{M}$$

On M és la massa total, m_i les masses parcials i \vec{r}_i són els vectors parcials.

Ho aniré il·lustrant amb el GeoGebra.

El primer pas per a fer això és recollir les dades amb persones reals. Com que seria complicat, i gairebé impossible, observar les posicions dels eixos en un castell muntat (observant casteller per casteller) el que fem és ubicar els pisos a terra, observar els eixos x i y , i més tard tenir en compte l'eix z (el de les alçades, que ja les tenim recollides).

2.1.4.2 La torre

Si comencem per la torre, haurem de buscar les dades de dos eixos en lloc de tres, ja que ubiquem als castellers just sobre l'eix x i per tant no es desplaça cap a l'eix y , així doncs, y serà 0 en tots els castellers. Hem de mesurar la distància entre els malucs pis per pis. Això vol dir que demanarem als castellers de cada pis que s'ubiquin a terra (agafats) i els mesurarem. Fins que arribem a

l'acotxadora i l'enxaneta, que com que la seva posició les obliga a ubicar-se al centre del castell considerarem que x i y són 0.

Mesurant-los hem aconseguit aquestes dades:

COORDENADES x DELS PUNTS DE MASSA EN UN 2d6net		
Posició	Distància entre ells (m)	Distància fins al centre (m)
Segons	0.72 m	0.36 m
Terços	0.70 m	0.35 m
Quarts	0.69 m	0.345 m
Dosos	0.58 m	0.29 m

Figura 18. Coordenades x dels punts de massa en un 2d6net. Taula pròpia.

Com que n'hi ha dos de cada, uns tindran les coordenades positives i les altres negatives, i com ja hem dit abans les y sempre tenen valor 0.

Per exemple dos segons tindran coordenades x i $y = (0.36, 0)$ i $(-0.36, 0)$

Ara ens falten les coordenades z . Per fer-les necessitem les dades d'alçada que vàrem recaptar al principi. Com hem dit abans, considerarem que els castellers són punts de massa, que ubiquem al maluc dels quals, per tant l'alçada dels punts de massa coincidirà amb l'alçada dels malucs. En el cas dels segons, simplement hem de dividir la seva alçada en metres entre dos, en el cas dels castellers que estan a major alçària, haurem de sumar l'altura de tots els castellers que es troben sota i altura del mateix casteller dividida entre dos (on hem dit que es troba el maluc) . Per l'acotxadora sumem totes les alçades, ja que el seu punt de massa coincideix amb el cap dels dosos, i a l'enxaneta li sumem uns 10 cm, ja que queda sobre l'acotxadora. Ara ja tenim totes les dades, al Geogebra els vectors queden distribuïts d'aquesta manera:

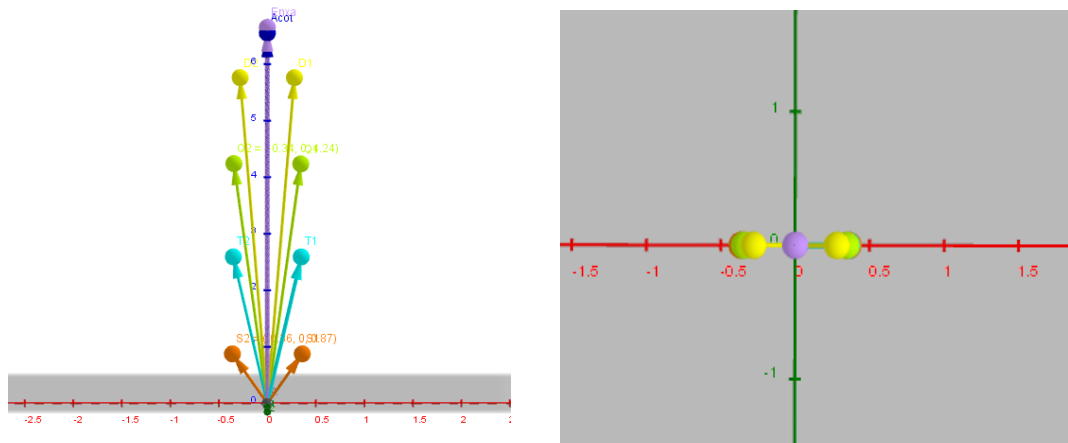


Figura 19. Vista lateral i superior dels vectors que ubiquen els punts de massa en un 2d6 net al Geogebra. Dibuix propi.

Ara que ja tenim les dades, l'equació que necessitem és la següent:

$$\vec{r}_{CM} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{M}$$

Podem anomenar els vectors de la següent manera, per ordre ascendent, amb la inicial de la posició que les correspon (ex; segons són S_1 i S_2):

$$\vec{S}_1 = (0.36, 0, 0.874)$$

$$\vec{S}_2 = (-0.36, 0, 0.874)$$

$$\vec{T}_1 = (0.35, 0, 2.59)$$

$$\vec{T}_2 = (-0.35, 0, 2.59)$$

$$\vec{Q}_1 = (0.345, 0, 4.235)$$

$$\vec{Q}_2 = (-0.345, 0, 4.235)$$

$$\vec{D}_1 = (0.29, 0, 5.759)$$

$$\vec{D}_2 = (-0.29, 0, 5.759)$$

$$\vec{Ac} = (0, 0, 6.535)$$

$$\vec{Enx} = (0, 0, 6.635)$$

També designem les masses:

$$M_s = 79.1 \text{ kg} = \text{massa dels segons}$$

$$M_t = 61.36 \text{ kg} = \text{massa dels terços}$$

$$M_q = 53.15 \text{ kg} = \text{massa dels quarts}$$

$$M_d = 41 \text{ kg} = \text{massa dels dosos}$$

$$M_a = 19.67 \text{ kg} = \text{massa de l'acotxadora}$$

$$M_e = 32 \text{ kg} = \text{massa de l'enxaneta}$$

Així, la fórmula quedarà de la subsegüent forma:

$$\vec{r}_{CM} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{M}$$

$$\vec{r}_{CM} = \frac{M_s(\vec{S}_1 + \vec{S}_2) + M_t(\vec{T}_1 + \vec{T}_2) + M_q(\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2) + M_d(\vec{D}_1 + \vec{D}_2) + M_a \cdot \vec{Ac} + M_e \cdot \vec{Enx}}{(M_s \cdot 2) + (M_t \cdot 2) + (M_q \cdot 2) + (M_d \cdot 2) + M_a + M_e}$$

Ja tenim totes les dades, però per fer més fàcil l'escriptura de l'equació primer treballarem amb els vectors pis per pis, fent factor comú amb les masses i tornant a designar els vectors.

Segons:

$$\vec{V}_s = M_s(\vec{S}_1 + \vec{S}_2)$$

$$79.1 \begin{bmatrix} (0.36, 0, 0.874) \\ +(-0.36, 0, 0.874) \end{bmatrix} =$$

$$79.1(0, 0, 1.748)$$

$$= (0, 0, 138.27)$$

Terços:

$$\vec{V}_t = M_t(\vec{T}_1 + \vec{T}_2)$$

$$61.36 \begin{bmatrix} (0.35, 0, 2.59) \\ +(-0.35, 0, 2.59) \end{bmatrix} =$$

$$61.36(0, 0, 5.18)$$

$$= (0, 0, 317.84)$$

Quarts:

$$\vec{V}_q = M_q(\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2)$$

$$53.15 \begin{bmatrix} (0.345, 0, 4.235) \\ +(-0.345, 0, 4.235) \end{bmatrix} =$$

$$53.15(0, 0, 8.47)$$

$$= (0, 0, 450.18)$$

Dos:

$$\vec{V}_d = M_d(\vec{D}_1 + \vec{D}_2)$$

$$41[(0.29, 0, 5.759)$$

$$+(-0.29, 0, 5.759) =$$

$$41(0, 0, 11.518)$$

$$= (0, 0, 472.238)$$

Acotxada:

$$\vec{V}_{ac} = M_{ac} \cdot \vec{Ac}$$

$$19.67(0, 0, 6.535)$$

$$= (0, 0, 128.54)$$

Enxaneta:

$$\vec{V}_{enx} = M_{enx} \cdot \vec{Enx}$$

$$32(0, 0, 6.635)$$

$$= (0, 0, 212.32)$$

Ara sumem totes les coordenades obtingudes:

$$\vec{V}_{TOTAL} = \vec{V}_s + \vec{V}_t + \vec{V}_q + \vec{V}_d + \vec{V}_{ac} + \vec{V}_{enx}$$

$$(0, 0, 138.27) + (0, 0, 317.84) + (0, 0, 450.18) + (0, 0, 472.238)$$

$$+ (0, 0, 128.54) + (0, 0, 212.32) =$$

$$(0, 0, 1719.388)$$

A partir d'aquí s'aplica la fórmula directa:

$$\vec{r}_{CM} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{M} = \frac{\vec{V}_{TOTAL}}{(M_s \cdot 2) + (M_t \cdot 2) + (M_q \cdot 2) + (M_d \cdot 2) + M_a + M_e}$$

$$\vec{r}_{CM} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{M} = \frac{(0, 0, 1719.388)}{(79.1 \cdot 2) + (61.36 \cdot 2) + (53.15 \cdot 2) + (41 \cdot 2) + 19.67 + 32} = \frac{(0, 0, 1719.388)}{520.89} = (0, 0, 3.3)$$

(0, 0, 3.3) és el centre de masses del 2d6 net, el seu dibuix al Geogebra queda així:

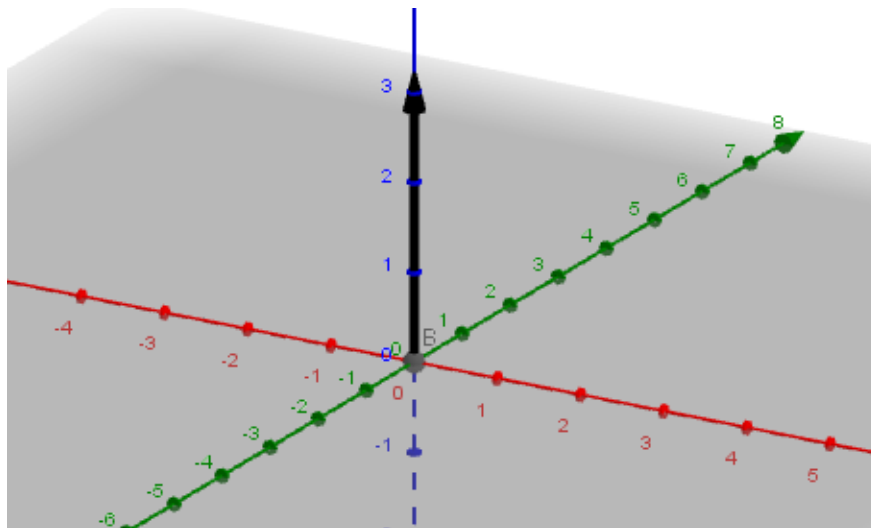


Figura 20. Centre de masses del 2d6 net al Geogebra. Dibuix propi.

2.1.4.3 El tres

Amb el castell de 3 rengles l'obtenció de les coordenades és més complexa. Demanarem a tres persones que s'agafin com si fessin de segons en un 3d7 (per això, ho demanarem a algú que tingui experiència en fer aquest castell).

Cal tenir en compte que aquí podem diferenciar les rengles d'un tres amb tres noms, la rengla, la buida i la plena. La plena se situa a l'esquerra de la rengla i la buida a la dreta. Així doncs, si partim d'aquí, ubicarem a la rengla sobre una línia recta, que serà el nostre eix x i farem punts a terra amb les posicions dels castellers per poder seguir prenent les dades sense la seva presència.

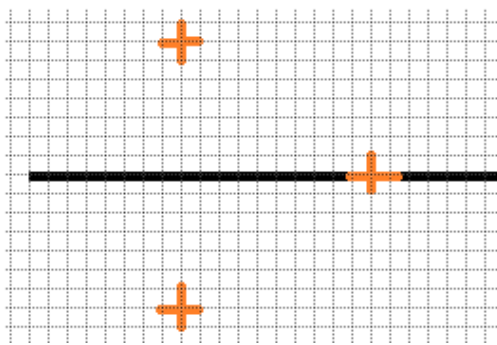


Figura 21. Marques situades en un pla. Dibuix pròpi.

Després, amb un metre, guixos i cinta adhesiva dibuixem les altures del triangle per tal de poder trobar el centre d'aquest, i així poder definir l'eix y.

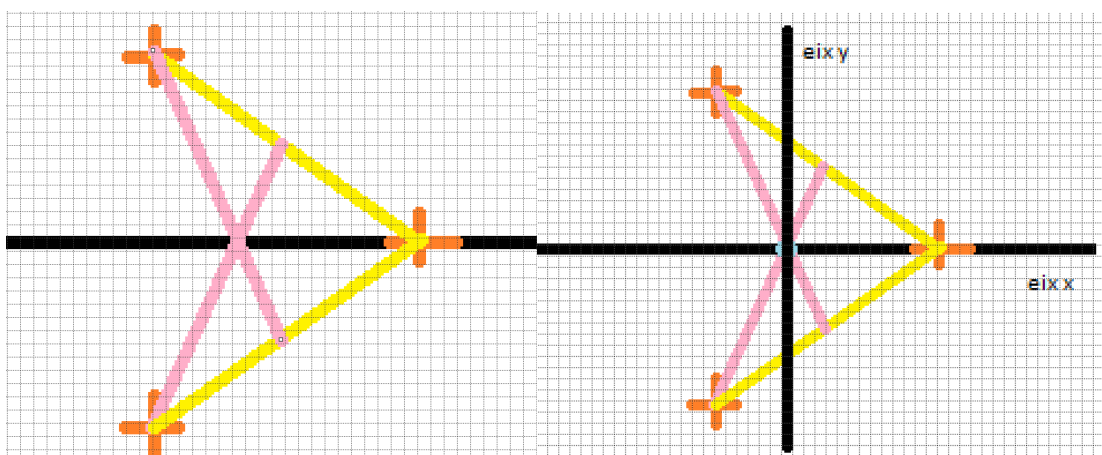


Figura 23. Altures marcades en el pla. Dibuix pròpi.

Figura 22. Eixos ja definits en el pla. Dibuix pròpi.

Ara, podem realitzar ratlles discontinües des dels eixos fins als punts que situaven als castellers i després amb el metre mesurar la distància. Així doncs, ja tenim les coordenades x i y.

Això ho hem de fer amb els diferents pisos (segons, terços, quarts i dosos). Com ja hem dit anteriorment, l'enxaneta i l'acotxada tindran x i $y = 0$. Les coordenades z les obtenim també com he esmentat anteriorment amb la torre. Ara, ja tenim les coordenades dels punts de massa del 3d6net, que són les següents i a les que hi donarem nom:

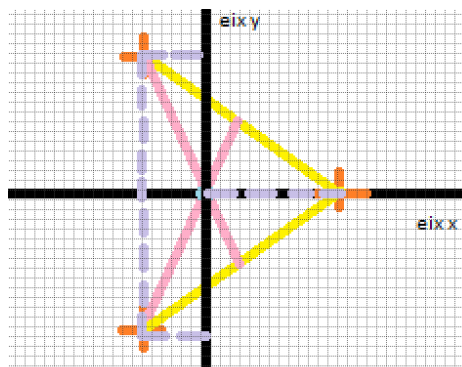


Figura 24. Línies discontinües dels punts als eixos. Dibuix pròpi.

Recordem les masses esmentades a l'apartat anterior:

$$M_s = 79.1 \text{ kg} = \text{massa dels segons}$$

$$M_t = 61.36 \text{ kg} = \text{massa dels terços}$$

$$M_q = 53.15 \text{ kg} = \text{massa dels quarts}$$

$$M_d = 41 \text{ kg} = \text{massa dels dosos}$$

$$M_a = 19.67 \text{ kg} = \text{massa de l'acotxadora}$$

$$M_e = 32 \text{ kg} = \text{massa de l'enxaneta}$$

Tenint totes les dades, ja podem fer els càlculs per a saber el centre de masses de l'estructura.

$$\vec{r}_{CM} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{M}$$

Substituint les dades l'equació quedarà de tal manera:

$$\vec{r}_{CM} = \frac{M_s(\vec{S}_1 + \vec{S}_2 + \vec{S}_3) + M_t(\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3) + M_q(\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3) + M_d(\vec{D}_1 + \vec{D}_2) + M_a \cdot \vec{Ac} + M_e \cdot \vec{Enx}}{(M_s \cdot 3) + (M_t \cdot 3) + (M_q \cdot 3) + (M_d \cdot 2) + M_a + M_e}$$

Per poder escriure bé l'equació, operarem primer amb els vectors de cada pis i després farem el sumatori complet. Multiplicarem les masses pels vectors i ens quedarà un vector únic. Traiem el factor comú directament.

Segons:

$$\begin{aligned} \vec{V}_s &= M_s(\vec{S}_1 + \vec{S}_2 + \vec{S}_3) \\ 79.1 [(0.49, 0, 0.874) \\ &+ (-0.24, -0.4, 0.874) \\ &+ (-0.24, 0.385, 0.874)] = \\ 79.1 (0.01, -0.015, 2.622) = \\ \mathbf{(0.791, -1.1865, 207.4002)} \end{aligned}$$

Quartes:

$$\begin{aligned} \vec{V}_q &= M_q(\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3) \\ 53.15 [(0.4, 0, 4.235) \\ &+ (-0.205, -0.416, 4.235) \\ &+ (-0.205, 0.394, 4.235)] = \\ 53.15 (-0.01, -0.022, 12.705) = \\ \mathbf{(-0.532, -1.169, 675.27)} \end{aligned}$$

Terços:

$$\begin{aligned}\vec{V}_t &= M_t(\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3) \\ 61.36 [(0.48, 0, 2.59) \\ &+ (-0.238, -0.39, 2.59) \\ &+ (-0.238, 0.405, 2.59)] = \\ 61.36 (-0.004, 0.015, 7.77) = \\ &(-0.245, 0.92, 476.76)\end{aligned}$$

Dosos:

$$\begin{aligned}\vec{V}_d &= M_d(\vec{D}_1 + \vec{D}_2) \\ 41[(-0.205, 0, 5.759) \\ &+ (0.4, 0, 5.759)] = \\ 41 (0.195, 0, 11.518) = \\ &(7.995, 0, 472.238)\end{aligned}$$

Acotxada:

$$\begin{aligned}\vec{V}_{ac} &= M_a \cdot \vec{AC} \\ 19.67 (0, 0, 6.535) = \\ &(0, 0, 128.543)\end{aligned}$$

Enxaneta:

$$\begin{aligned}\vec{V}_{enx} &= M_a \cdot \vec{AC} \\ 32 (0, 0, 6.635) = \\ &(0, 0, 212.32)\end{aligned}$$

Aquests vectors ara els sumem:

$$\begin{aligned}\vec{V}_{TOTAL} &= \vec{V}_s + \vec{V}_t + \vec{V}_q + \vec{V}_d + \vec{V}_{ac} + \vec{V}_{enx} \\ (0.791, -1.1865, 207.4002) &+ (-0.245, 0.92, 476.76) \\ + (-0.532, -1.169, 675.27) &+ (7.995, 0, 472.238) + (0, 0, 128.543) \\ + (0, 0, 212.32) &= (8, -1.436, 2, 172.53)\end{aligned}$$

Llavors ja podem utilitzar la fórmula:

$$\begin{aligned}\vec{r}_{CM} &= \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{M} = \\ &= \frac{\vec{V}_{TOTAL}}{(M_s \cdot 3) + (M_t \cdot 3) + (M_q \cdot 3) + (M_d \cdot 2) + M_a + M_e}\end{aligned}$$

$$\vec{r}_{CM} = \frac{(8, -1.436, 2,172.53)}{(79.1 \cdot 3) + (61.36 \cdot 3) + (53.15 \cdot 3) + (41 \cdot 2) + 19.67 + 32} =$$

$$\frac{(8, -1.436, 2,172.53)}{237.3 + 184.08 + 159.45 + 82 + 19.67 + 32} = \frac{(8, -1.436, 2,172.53)}{750.5} =$$

$$(0.01066, -0.0019134, 2.89)$$

Aquest és el centre de masses del 3d6net. Dibuixat amb el Geogebra seria així:

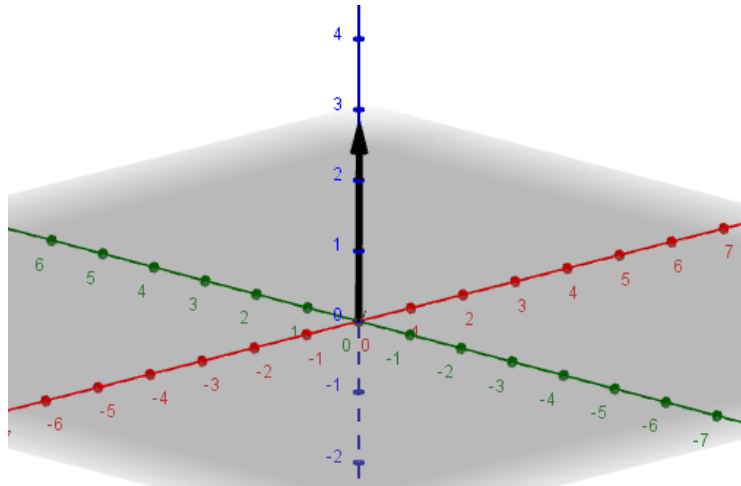


Figura 27. Vector del centre de masses d'un 3d6net al Geogebra. Dibuix propi.

2.1.4.4 El quatre

Al quatre seguirem un procediment similar que amb el tres.

Per aconseguir les dades demanarem a cada pis que es col·loquin amb la forma d'un castell amb quatre rengles. A terra hi haurà una cinta que simbolitzarà l'eix x, on se situaran dos dels castellers. Per buscar l'eix y mirarem la distància que hi ha entre els dos castellers i a la meitat hi farem una marca, que serà on haurem de col·locar, perpendicularment, l'eix y.

Si el castell ha estat ben quadrat¹⁵, en ubicar la cinta on hi ha la marca, perpendicularment a l'eix x, l'eix y concordarà amb la posició dels altres dos castellers.

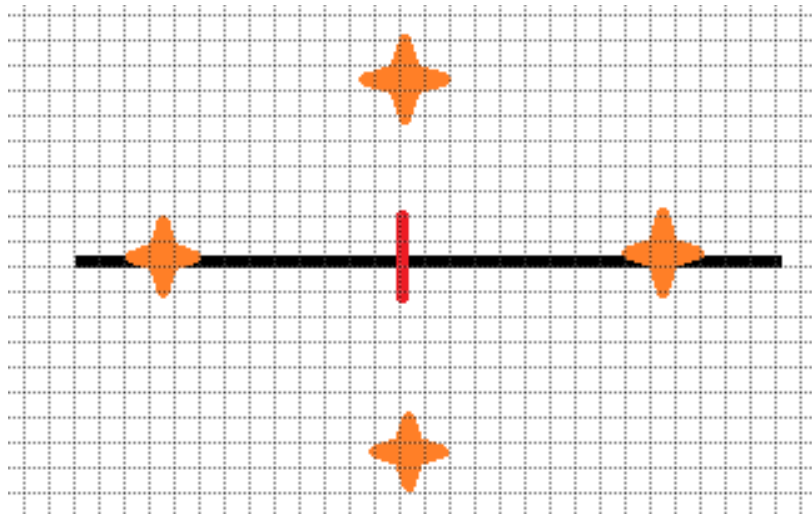


Figura 28. Marques situades en un pla. Dibuix propi.

A partir d'aquí, mirarem la distància que hi ha fins al centre i amb les altures que ja teníem anotades definirem els vectors tridimensionals que situen aquests castellers i els anomenarem.

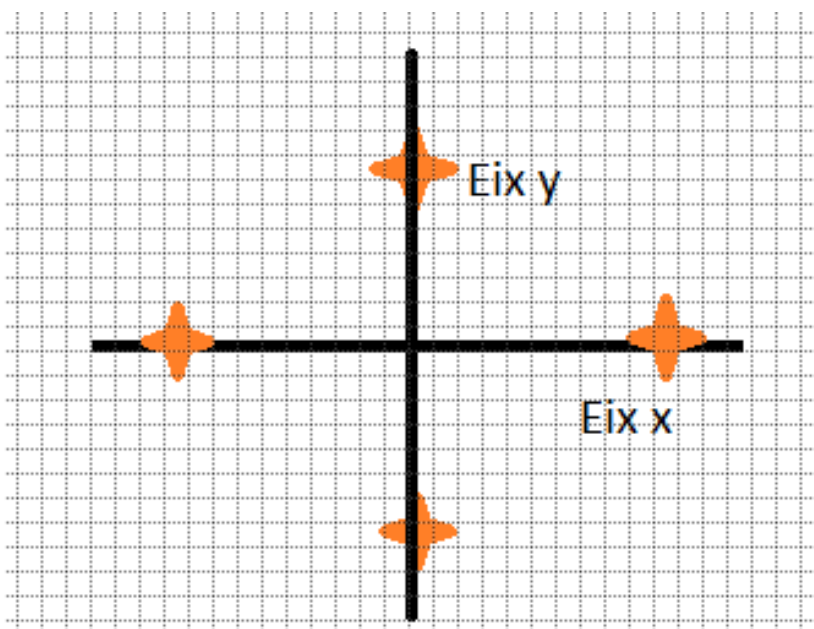


Figura 29. Marques situades en un pla amb els dos eixos de coordenades. Dibuix propi.

¹⁵ "Quadrar un castell" expressió castellera que dona nom a l'acte d'intentar col·locar els baixos d'un castell amb unes mesures predeterminades i amb certa proporció per tal del bon desenvolupament del castell

Aquí veiem una taula amb les coordenades dels punts de massa dels castellers en un 4d6net, segons el procediment esmentat anteriorment.

COORDENADES DELS PUNTS DE MASSA DELS CASTELLERS EN UN 4d6net		
Posició	Nom	Coordenades (x, y, z)
Segons	\vec{S}_1	(0.515, 0, 0.874)
	\vec{S}_2	(-0.515, 0, 0.874)
	\vec{S}_3	(0, 0.505, 0.874)
	\vec{S}_4	(0, -0.535, 0.874)
Terços	\vec{T}_1	(0.5, 0, 2.59)
	\vec{T}_2	(-0.5, 0, 2.59)
	\vec{T}_3	(0, 0.495, 2.59)
	\vec{T}_4	(0, -0.5, 2.59)
Quartès	\vec{Q}_1	(0.5, 0, 4.235)
	\vec{Q}_2	(-0.5, 0, 4.235)
	\vec{Q}_3	(0, 0.48, 4.235)
	\vec{Q}_4	(0, -0.495, 4.235)
Dosos	\vec{D}_1	(0.2, 0.23, 5.759)
	\vec{D}_2	(-0.22, -0.22, 5.759)
Acotxadora	\vec{Ac}	(0, 0, 6.535)
Enxaneta	\vec{Enx}	(0, 0, 6.635)

Figura 30. Taula de les coordenades i posicions dels punts de massa en un 4d6net. Taula pròpia.

Segons:

$$\vec{V}_s = M_s(\vec{S}_1 + \vec{S}_2 + \vec{S}_3 + \vec{S}_4)$$

$$\begin{aligned} &79.1 [(0.515, 0, 0.874) \\ &\quad + (-0.515, 0, 0.874) \\ &\quad + (0, 0.505, 0.874) \\ &\quad + (0, -0.535, 0.874)] = \\ &79.1 (0, -0.03, 3.496) = \\ &\mathbf{(0, -2.373, 276.5336)} \end{aligned}$$

Terços:

$$\vec{V}_t = M_t(\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 + \vec{T}_4)$$

$$\begin{aligned} &61.36 [(0.5, 0, 2.59) \\ &\quad + (-0.5, 0, 2.59) \\ &\quad + (0, 0.495, 2.59) \\ &\quad + (0, -0.5, 2.59)] = \\ &61.36 (0, 0.005, 10.36) = \\ &\mathbf{(0, 0.3068, 635.6896)} \end{aligned}$$

Acotxada:

$$\vec{V}_{ac} = M_a \cdot \vec{Ac}$$

$$\begin{aligned} &19.67 (0, 0, 6.535) = \\ &\mathbf{(0, 0, 128.543)} \end{aligned}$$

Dosos:

$$\vec{V}_d = M_d(\vec{D}_1 + \vec{D}_2)$$

$$\begin{aligned} &41[(0.2, 0.23, 5.759) \\ &\quad + (-0.22, -0.22, 5.759)] = \\ &41(-0.02, 0.01, 11.518) = \\ &\mathbf{(-0.82, 0.41, 472.238)} \end{aligned}$$

Quartets:

$$\vec{V}_q = M_q(\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3 + \vec{Q}_4)$$

$$\begin{aligned} &53.15 [(0.5, 0, 4.235) \\ &\quad + (-0.5, 0, 4.235) \\ &\quad + (0, 0.48, 4.235) \\ &\quad + (0, -0.495, 4.235)] = \\ &53.15 (0, -0.015, 16.95) = \\ &\mathbf{(0, -0.797, 900.361)} \end{aligned}$$

Enxaneta:

$$\vec{V}_{enx} = M_a \cdot \vec{Ac}$$

$$\begin{aligned} &32 (0, 0, 6.635) = \\ &\mathbf{(0, 0, 212.32)} \end{aligned}$$

Aquests vectors ara els sumem:

$$\overrightarrow{V_{TOTAL}} = \overrightarrow{V_s} + \overrightarrow{V_t} + \overrightarrow{V_q} + \overrightarrow{V_d} + \overrightarrow{V_{ac}} + \overrightarrow{V_{enx}}$$

$$\begin{aligned} & (0, -2.373, 276.5336) + (0, 0.3068, 635.6896) + (0, -0.797, 900.361) + \\ & (-0.82, 0, 472.238) + (0, 0, 128.543) + (0, 0, 212.32) \\ & = (-0.82, -2.8632, 2625.685) \end{aligned}$$

I ja podem aplicar la fórmula:

$$\begin{aligned} \vec{r}_{CM} &= \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{M} = \frac{(-0.82, -2.8632, 2625.685)}{(4 \cdot 79.1) + (4 \cdot 61.36) + (4 \cdot 53.15) + (2 \cdot 41) + 19.67 + 32} \\ &= \frac{(-0.82, -2.8632, 2625.685)}{908.11} = (0.0009, 0.00315, 2.891) \end{aligned}$$

Aquest és, més aproximadament, el nostre centre de masses: (0,0,2.891), que representat amb el Geogebra queda així:

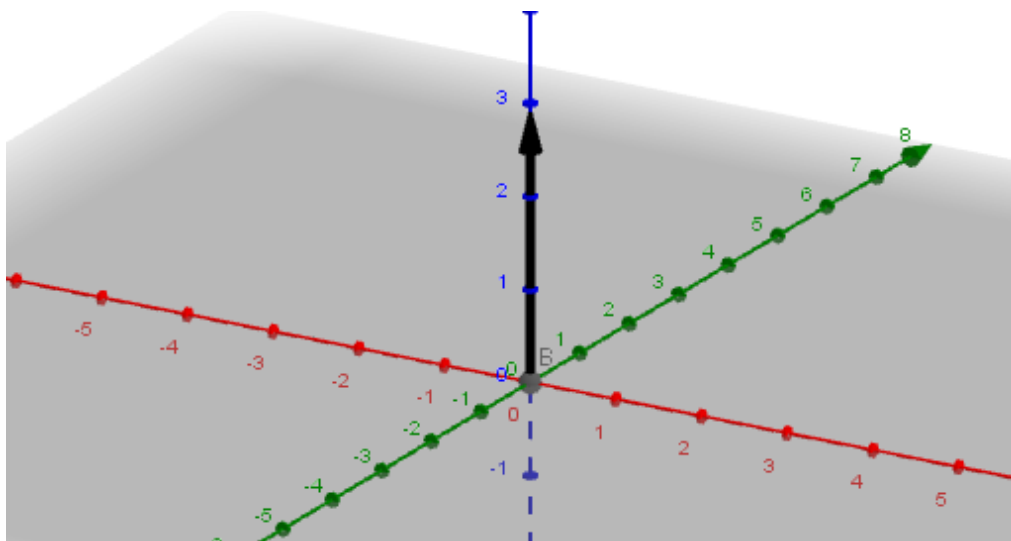


Figura 32. Representació gràfica a partir del Geogebra del vector tridimensional que situa el centre de masses del 4d6net. Dibuix propi.

Aquí podem veure una comparació de les tres estructures:



Figura 33. Representació gràfica dels centres de massa del 2d6net, 3d6net, i 4d6net, amb el Geogebra. Dibuix propi.

Com ja vàrem dir, l'estructures que tingués el centre de masses més a prop del punt d'origen (0, 0, 0) seria el que és més estable. L'esfera de color groc representa el CM del 2d6net, la lila el del 4d6net i la lila la del 3d6net. La menys estable amb diferència és la torre, ja que el centre de masses queda molt més amunt que la resta. El 3d6net i el 4d6net queden bastant similar, quedant lleugerament més a baix el CM del 3d6net. Tot i això, podríem dir que ambdues són igual d'estables, considerant que hem utilitzat les mateixes masses pels castellers de cada pis. Per tant, si les masses fossin diferents, segurament hi hauria variacions, però no hauríem pogut comparar els resultats.

2.2 A la plaça

A partir d'aquí, l'assaig ja ha acabat i ara toca dur els castells a plaça i fer-los davant d'un públic. Havent observat, a l'apartat anterior, la seva estabilitat, la idea principal era observar els fenòmens que patia el més estable una vegada són ja sobre la pinya. Com dues de les estructures han sortit d'estabilitat quasi igual, estudiarem ambdues construccions.

2.2.2 Energies

Les energies d'un cos es poden definir per la capacitat que posseeixen per realitzar un treball, i la seva magnitud és el Joule (J). L'energia que més s'utilitza en física és la mecànica (E_m), que és la suma de l'energia potencial gravitatòria (E_p) i l'energia cinètica (E_c).

2.2.2.1 Energia potencial

En aquest apartat no caldrà diferenciar entre tipus de castells però sí caldrà esmentar quants pisos tenen (en aquest cas serà un castell de set pisos) perquè calcularem l'energia potencial que posseeix una persona en cada pis, utilitzant les mesures ja estipulades a la part teòrica d'aquest treball, per tant, el resultat seria el mateix en ambdós casos. L'equació de l'energia potencial és la següent:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

On m és la massa del cos, g és la gravetat i h és l'altura.

L'altura 0 la considerarem a la pinya, ja que en caure l'estructura, aquesta actuarà amortitzant la caiguda, i les persones que formen el castell no arribaran a tocar el terra. Per tant, els baixos i els segons no tindran energia potencial i és a partir d'aquests que la començarem a calcular.

Recordem les masses necessàries:

$$M_t = 61.36 \text{ kg} = \text{massa dels terços}$$

$$M_q = 53.15 \text{ kg} = \text{massa dels quarts}$$

$$M_d = 41 \text{ kg} = \text{massa dels dosos}$$

$$M_a = 19.67 \text{ kg} = \text{massa de l'acotxada}$$

$$M_e = 32 \text{ kg} = \text{massa de l'enxaneta}$$

I calculem les altures fent el sumatori de les alçades de les persones que tenen una posició inferior a la que busquem:

$$H_t = 1.51 \text{ m} = \text{altura dels terços}$$

$$H_q = 2.97 \text{ m} = \text{altura dels quarts}$$

$$H_d = 4.35 \text{ m} = \text{altura dels dosos}$$

$$H_a = 4.55 \text{ m} = \text{altura de l'acotxada}$$

$$H_e = 4.75 \text{ m} = \text{altura de l'enxaneta}$$

La gravetat, evidentment, serà la mateixa per tots els castellers; 9.81 m/s^2 .

Llavors, i a partir de la fórmula, podem fer una taula amb les diferents energies potencials obtingudes:

Energia potencial en un castell de set		
Posició	Substitució a la fórmula Energia potencial= $m \cdot g \cdot h$	Valor de l'energia potencial
Terces	$E_p = 61.36 \cdot 9.81 \cdot 1.51$	908.93 J
Quartes	$E_p = 53.15 \cdot 9.81 \cdot 2.97$	1548.56 J
Dosos	$E_p = 41 \cdot 9.81 \cdot 4.35$	1749.61 J
Acotxadora	$E_p = 19.67 \cdot 9.81 \cdot 4.55$	877.98 J
Enxaneta	$E_p = 32 \cdot 9.81 \cdot 4.75$	1491.12 J

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Figura 34. Taula dels valors de l'energia potencial en un castell de set segons la posició. Taula pròpia.

Podem veure que l'energia potencial va creixent fins a dosos, ja que l'alçada cada vegada és major encara que el pes vagi disminuint. En canvi, l'energia potencial de l'acotxadora queda més reduïda perquè el seu pes és bastant més inferior als altres, ja que ha de ser la persona més petita del castell per motius ja comentats.

Aquí podem veure un gràfic comparatiu dels diferents valors de les energies potencials segons la posició.

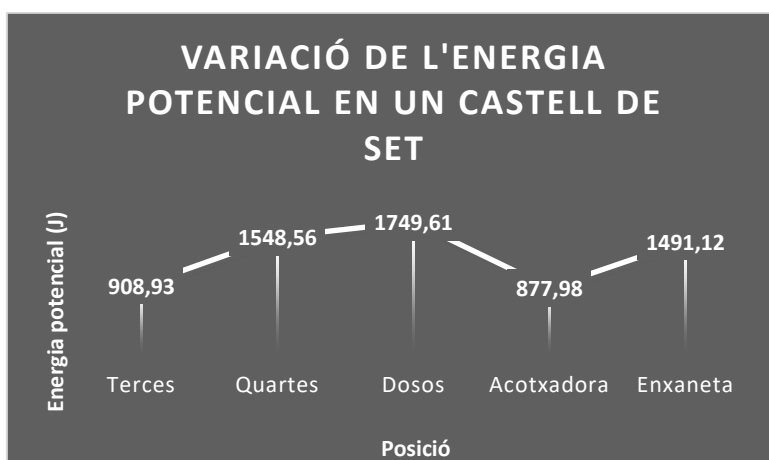


Figura 35. Gràfic sobre la variació de l'energia potencial en un castell de set. Gràfic propi.

2.2.2.2 Energia cinètica

Per treballar amb l'energia cinètica necessitem alguna mena de moviment, ja que la seva fórmula és la següent, on m segueix sent la massa i v és la velocitat.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Per tant, interpretarem que el castell cau i observarem la variació d'energia cinètica i potencial de l'enxaneta, interpretant que durant les caigudes no pateix cap mena de xoc, tot i que més tard veurem que sí. De fet, el que farem serà trobar la velocitat a la qual suposadament arriba l'enxaneta a la pinya a partir de l'energia mecànica.

Quan no hi ha fregament, es diu que l'energia mecànica és igual a 0, i per tant la fórmula queda d'aquesta manera:

$$E_m = 0$$

$$(E_{c_f} - E_{c_0}) + (E_{p_f} - E_{p_0}) = 0$$

Com que abans que es produeixi la caiguda no hi ha moviment, no tenim energia cinètica inicial, i com que al final de la caiguda l'enxaneta queda sobre la pinya (que hem considerat nivell 0) tampoc tenim energia potencial final, i per tant, reescrivim la fórmula:

$$E_{c_f} - E_{p_0} = 0$$

$$E_{c_f} = E_{p_0}$$

A partir d'aquí, podem aïllar la velocitat:

I ara substituïm amb les dades que ja teníem:

$$E_{c_f} = E_{p_0}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h$$

$$\frac{1}{2} \cdot v^2 = g \cdot h$$

$$v = \sqrt{g \cdot h \cdot 2}$$

$$v = \sqrt{g \cdot h \cdot 2}$$

$$v = \sqrt{9'81 \cdot 4'75 \cdot 2}$$

$$v = \sqrt{93.195}$$

$$v = 9.65 \text{ m/s}$$

Segons això, la velocitat amb la qual l'enxaneta arriba a la pinya és de 9.65 m/s. Després veurem, però, que aquesta aproximació no és gaire precisa.

2.2.3 Moviment de caiguda lliure

Una altra manera de fer una aproximació no gaire precisa és amb el moviment de caiguda lliure, i més tard podrem comparar els diferents resultats.

El moviment de caiguda lliure és un moviment rectilini uniformement accelerat que es deu a la força de la gravetat, hi ha diverses fórmules però només utilitzarem la següent:

$$v^2 - v_0^2 = -2 \cdot g \cdot \Delta y$$

On v és la velocitat, g és l'acceleració (que al ser un moviment de caiguda lliure és la gravetat) i y és l'alçada.

Ja hem dit anteriorment que l'alçada parteix des de la pinya, i com que parlem de l'enxaneta l'alçada on es troba inicialment és 4'75m. Les altres magnituds ja les tenim així que ara només ens falta substituir.

$$v^2 - v_0^2 = -2 \cdot g \cdot \Delta y$$

$$v^2 = -2 \cdot g \cdot \Delta y + v_0^2$$

$$v = \sqrt{-2 \cdot g \cdot \Delta y + v_0^2}$$

$$v = \sqrt{-2 \cdot 9'81 \cdot (-4.75)}$$

$$v = 9'65 \text{ m/s}$$

9'65 m/s torna a ser la velocitat hipotètica a la qual l'enxaneta arriba a la pinya, malgrat això, i com ja s'ha comentat, aquesta aproximació no és correcte.

2.2.4 Comparativa amb un cas real

El Tracker és un programa que ens serveix per analitzar vídeos on hi apareix un cert moviment. El programa ens ajuda a esbrinar conceptes com els que busquem en aquest apartat del treball i ens en fa diferents gràfiques. En aquest cas, la incògnita que cerquem és la velocitat en la qual, durant una caiguda, l'enxaneta o l'acotxada arriben a la pinya. Cal dir que les caigudes entre els castells sempre són diferents i, per tant, els resultats podrien patir variacions si ho analitzéssim a partir de diferents caigudes, per variables com l'altura, el pes, etc.

En aquest cas, com hem treballat amb el moviment de caiguda lliure i les energies d'un castell de set, analitzarem també una filmació amb aquesta altura.

Més tard compararem els resultats obtinguts amb el Tracker, els quals s'acosten més a la realitat, amb els càlculs que hem fet anteriorment amb les energies i el moviment de caiguda lliure. Primerament, hem de descarregar un vídeo amb el qual s'hi pugui treballar. S'ha de veure la totalitat del castell i no ha de presentar massa píxels. En el meu cas, la filmació seleccionada és un 4d7 dels Castellers del Maresme.

El primer que hem de fer és obrir el vídeo al programa i retallar la part que volem analitzar, en aquest cas, la caiguda.

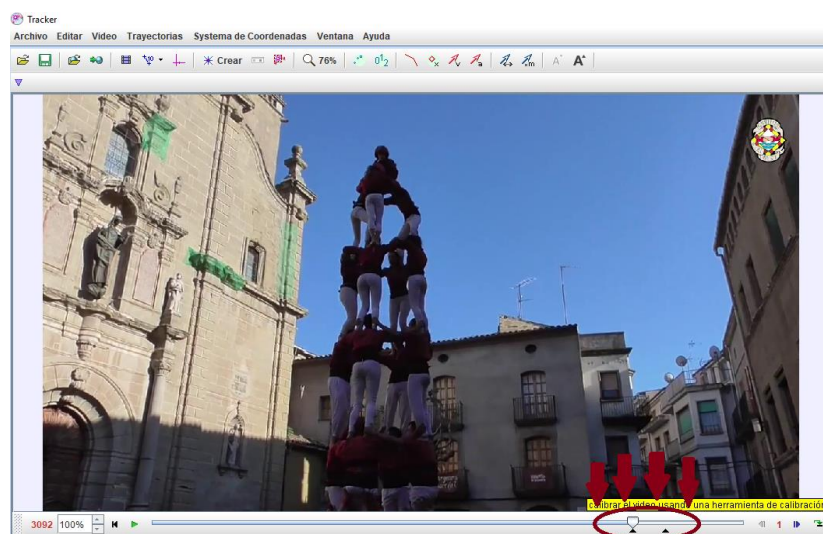


Figura 36. Captura I del programa Tracker. Foto pròpia.

Ara, per tal d'obtenir uns bons resultats, marquem uns eixos de coordenades (senyalats amb rosa) i senyalem l'altura en un fotograma en què el castell es vegi sencer (des de la pinya) per després veure com va variant y durant la caiguda (marcats en blau).

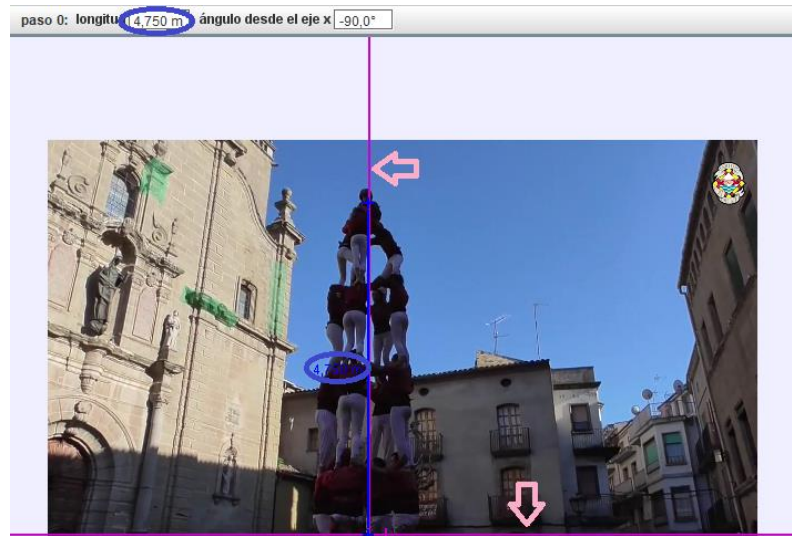


Figura 37. Captura II del programa Tracker. Foto pròpia.

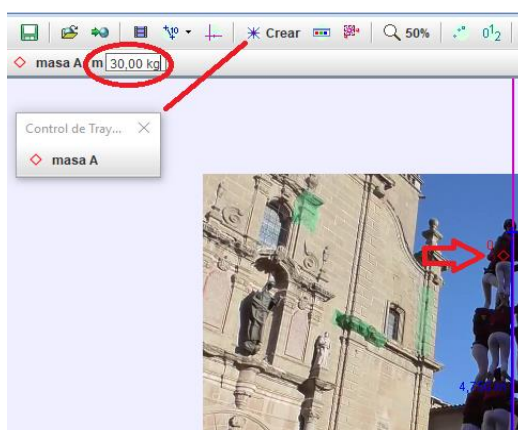


Figura 38. Captura III del programa Tracker. Foto pròpia.

A partir d'ara, creem una massa A, i hi indiquem els 30 kg de l'enxaneta. A poc a poc, anirem fotograma per fotograma marcant el cos de l'enxaneta fins que es trobi a la pinya, i de mica en mica s'anirà dibuixant el dibuix de la seva trajectòria. Una vegada hem marcat tota la trajectòria del cos podem observar els gràfics que fa el mateix programa.

Aquesta és la gràfica velocitat-temps:

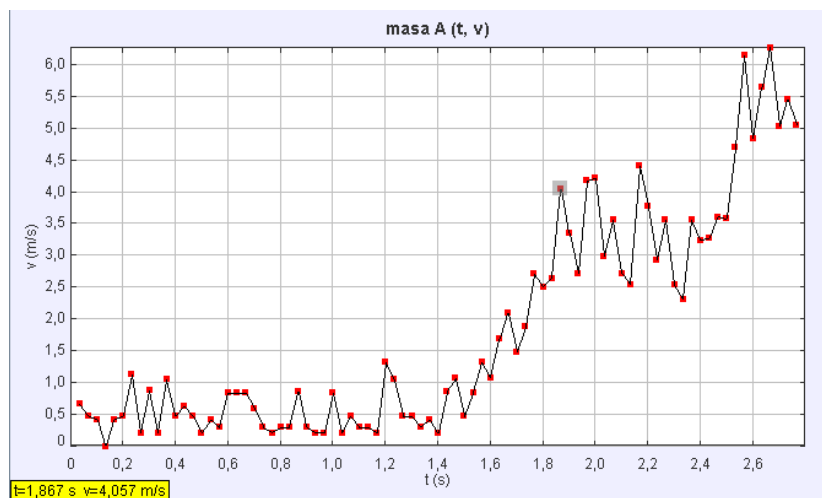


Figura 39. Captura del gràfic velocitat-temps de la massa A. Foto pròpia.

Si observem la velocitat final, veiem que està entre els 5 i els 6 m/s, i no als 9.65 m/s que apuntaven les altres fórmules. Això és degut al fet que no és una caiguda neta, sinó que s'hi produeixen xocs. En cada xoc la velocitat presenta variacions que fan que el valor final quedi més reduït que en cas que no hi hagués. La gràfica de la velocitat segons el moviment de caiguda lliure i segons les energies seria de la següent manera:

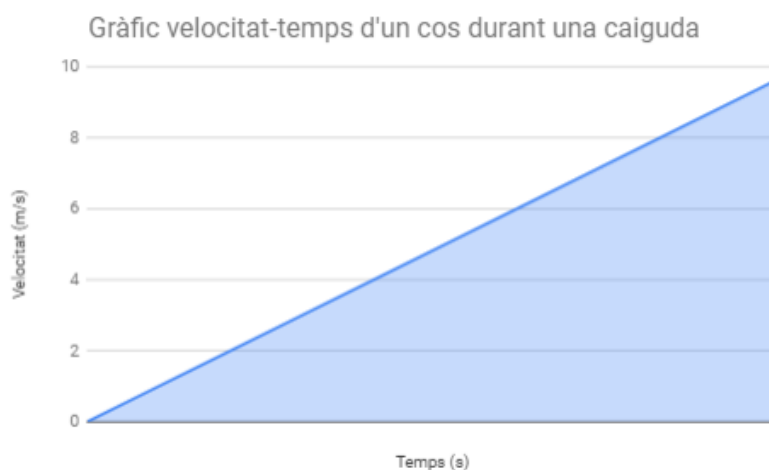


Figura 40. Gràfic velocitat-temps durant una caiguda. Gràfic propi.

Si comparem els gràfics, podem veure que l'aproximació de les dues altres vies per a calcular la velocitat no és adient per obtenir un resultat pròxim a la realitat, ja que no s'hi tenen en compte els xocs.

En l'alçada també hi trobem variacions:

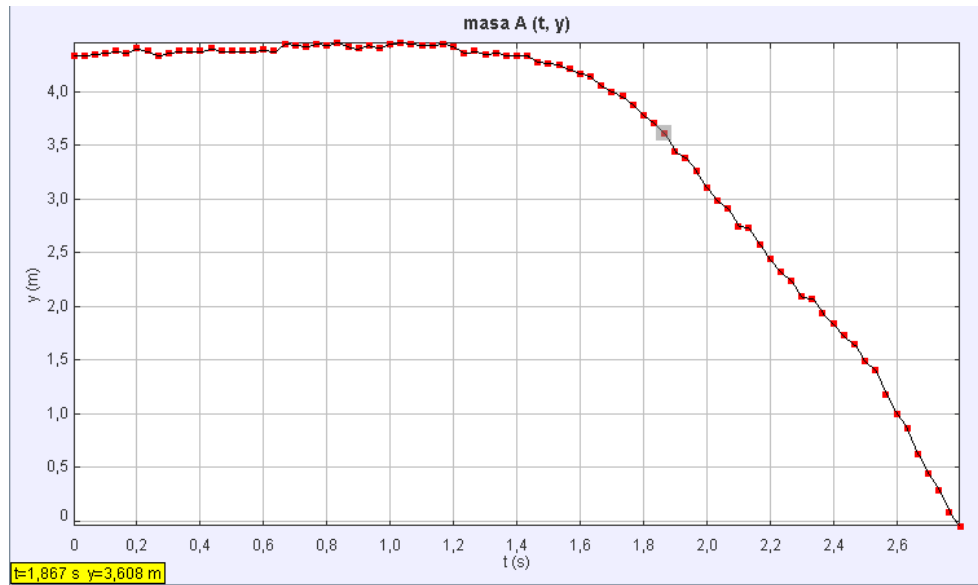


Figura 41. Captura del gràfic alçada-temps durant una caiguda. Foto pròpia.

Aquest seria el gràfic de l'alçada real al llarg del temps de l'enxaneta i podem observar que la seva gràfica dibuixa una paràbola

Així doncs, i per finalitzar aquest apartat, és fàcil concloure que el fet que hi hagi xocs és favorable i perquè disminueix la velocitat amb la qual s'arriba a la pinya, el que podria provocar lesions. Cal dir també, però, que cada caiguda és diferent i que en alguns casos els xocs podrien provocar mals majors que si no existissin. Tot i això, trobo necessari mencionar que només en un 3% dels casos les estructures castelleres cauen.

3. Conclusions

Amb l'execució d'aquest treball de recerca, he pogut assolir quasi tots els objectius proposats al començament d'aquest, a més d'altres que no estaven previstos. Això m'ha permès l'adquisició de noves percepcions castelleres i, també, ha comportat un major assoliment de conceptes dins l'àmbit científic.

Pel que fa a la part teòrica, el projecte m'ha autoritzat a conèixer millor les arrels dels castells i les colles que els duen a terme, tant els moments de gloriificació com els de decadència (sobretot durant els anys de dictadura), així com, també, he conegut les característiques físiques bàsiques dels castellers i castelleres, gràcies a una enquesta realitzada digitalment i que va arribar a moltes colles diferents, objectiu que no m'havia proposat inicialment. **(Vegeu annex II).**

He comprovat, mitjançant nous conceptes físics i matemàtics assolits al llarg del treball, que el castell més inestable és la torre, fet que intuïtivament ja imaginava, i que tant el castell de tres rengles com el de quatre tenen una estabilitat similar, succés que si va provocar certa sorpresa, a causa del fet que els resultats s'oposaven lleugerament a la meva percepció personal.

Una meta parcialment assolida té a veure amb la constant d'elasticitat, si bé no he pogut calcular la constant d'una xarxa real per falta d'estris, he estat capaç d'establir unes dades hipotètiques amb les que se n'ha determinat una constant, a partir de la qual s'expliquen els requisits de l'estructura.

Un altre objectiu adquirit ha estat comprovar la velocitat de caiguda de les enxanetes o acotxadores en el moment de caiguda sobre la pinya. S'ha pogut establir una comparació entre uns casos hipotètics (a partir del moviment de caiguda lliure i l'estudi d'energies) i un cas real (a partir de l'anàlisi d'un vídeo). És cert també, però, que m'hauria agradat haver pogut analitzar més casos reals per establir un resultat de la velocitat més concloent, ja que, encara que s'hagi pogut comparar amb els altres moviments, ha faltat material que

permetés establir un nombre aproximat de metres recorreguts per segon, i que s'aproximés a totes les caigudes des d'una alçada concreta.

Malgrat això, i tot i no ser una de les propostes principals al llarg del treball, he pogut conèixer amb profunditat el funcionament d'una eina que ens permet l'anàlisi de vídeos, el Tracker, i que ha estat molt útil per la part pràctica.

A part, aquest treball podria tenir una posterior continuïtat, en cas que d'aquí a un temps els meus coneixements físics esdevinguin més amplis.

- Una possible prolongació podria estar enfocada a canviar les posicions dels cossos que formen una de les estructures repetidament i realitzar un estudi a través de l'observació dels canvis que provocaria això a un castell, fins a determinar una postura òptima.
- Una altra represa del treball estaria encaminada a determinar altres forces que actuen sobre aquestes estructures no mencionades en aquest treball.

L'aprenentatge més important que he obtingut d'aquesta recerca, ha estat adonar-me'n de la quantitat de forces que regeixen l'estabilitat i l'execució d'unes estructures de les quals, sovint, no ens plantejem el funcionament, si més no, dins el món casteller.

Tots els càlculs realitzats al llarg del treball han significat un meta-aprenentatge que segur em serà útil al llarg del curs que em queda per realitzar, i els posteriors estudis universitaris que realitzaré. En definitiva, ha estat un treball enriquidor en diferents aspectes.

4. Referències

4.1 Referències bibliogràfiques

Oriol Chumillas. (2005). Els castellers. Barcelona: Euma.

Raquel Sans i Patricia Martínez del Hoyo. (2013). QUARTS DE NOU: tot el que cal saber del món casteller. Badalona: Ara llibres.

Xavier Brotons i Joan Beumala. (1997). Castellers. Barcelona: Columna. Joan Bofarull. (2007).

L'origen dels castells. ANÀLISI TÈCNICA I HISTÒRICA. Valls: Cossetània Edicions.

4.2 Webgrafia

Història dels castells [Internet]. Tarragona: Associació cultural tarragonina d'amics/gues castellers/es; [citada el 15 de febrer de 2018].

Disponible a: <http://blocs.tinet.cat/actac/el-origens-dels-castells/historia-dels-castells>

Per a la part històrica del treball.

Colles Castelleres de Catalunya – Història [Internet]. (s.d). [citada el dia 15 de febrer del 2018].

Disponible a: <http://castellscat.cat/es/historia/>

Per a la part històrica del treball.

Las torres humanas que desafían la física [Internet]. Barcelona: Núria Jar (La Vanguardia); 02 de juny de 2016 [actualitzada el mateix dia, citada el 21 de febrer de 2018].

Disponible a:

<https://www.lavanguardia.com/vida/20161202/412314950318/torres-humanas-castells-desafio-fisica-leyes-peso-altura.html>

Per la nomenclatura de la part teòrica del treball.

Castellers: torres humanas de tradición y pasión [Internet]. (s.d.). [citada el 07 de març de 2018].

Disponible a: <https://www.veintemundos.com/magazines/wp-content/themes/vm/print/veintemundos51/print.pdf>

Per la nomenclatura de la part teòrica del treball.

El curioso origen de los castellers [Internet] (s.d.). [citada el 07 de març de 2018].

Disponible a: <https://www.muyinteresante.es/cultura/arte-cultura/articulo/el-curioso-origen-de-los-castellers-811423223054>

Per la part històrica del treball.

Redacció de documents: connectors [Internet]. (s.d.). [citada el 21 de març de 2018].

Disponible a:

http://justicia.gencat.cat/web/.content/home/serveis/llenguatge_juridic/de_quines_eines_disposo/criteris_linguistics_gene/mots_connectors.pdf

Per la part lingüística del treball.

Una tradició bicentenària que viu el seu millor moment [Internet]. (s.d.). [citada el 28 de març de 2018].

Disponible a: <http://www.cccc.cat/els-castells/apartat-1333124039-cat>

Per la part històrica del treball.

Els inicis castellers: Menestrals, pagesos, obrers i carlins [Internet]. Barcelona: Carles Hèrida; 9 de juny de 2015. [citada l'1 d'abril de 2018].

Disponible a: <https://carlesheredia.wordpress.com/2015/06/09/els-inicis-castellers-menestrals-pagesos-obrers-i-carlins/>

Per la part històrica del treball.

Historia [Internet]. Valls: HT:eventos; (s.d.). [citada el 4 d'abril de 2018].

Disponible a: <http://www.ht-eventos.com/index.php/colla-vella-dels-xiquets-de-valls/historia/?lang=es>

Per la part històrica del treball.

Història [Internet]. Valls: Colla Vella de Valls; (s.d.). [citada el 4 d'abril de 2018].

Disponible a: <http://www.collavella.cat/historia/>

Per la part històrica del treball.

Les tres lleis de Newton [Internet]. Lleida; 10 de febrer de 2017. [citada el 9 d'abril de 2018].

Disponible a: <http://insjoanoro.cat/projectes2doro1617/2017/02/10/les-3-lléis-de-newton/>

Conceptes físics.

Les lleis de Newton [Internet]. (s.d.) [citada el 9 d'abril de 2018].

Disponible a: <http://insjoanoro.cat/projectes2doro1617/2017/02/10/les-3-lléis-de-newton/>

Conceptes físics.

L'origen dels castells [Internet]. Barcelona: Joan Bofarull; 5 de novembre de 2007. [citada el 16 de març de 2018].

Disponible a: <http://www.laxarxa.com/altres/noticia/l-origen-dels-castells>

Per la part històrica del treball.

Unidades y medidas [Internet]. Ángel Franco García. [citada el 20 d'abril de 2018].

Disponible a:

http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/_unidades/unidades/unidades_1.html

Conceptes físics.

Els castellers [Internet]. (s.d.). [citada el 21 d'abril de 2018].

Disponible a:

<http://www.xtec.cat/escolaelgarrofer/comenius/documentacio/castellers.pdf>

Nomenclatura dels castells.

Què són els castells? [Internet]. Barcelona; Castellers de Barcelona: (s.d.). [citada el 5 de maig de 2018].

Disponible a: <https://www.castellersdebarcelona.cat/que-son-els-castells/>

Història i nomenclatura dels castells.

Guia castellera per a principiants: parts d'un castell [Internet]. Barcelona; xarxanet: 16 de juliol de 2014. [citada el 6 de juny de 2018]

Disponible a: <http://xarxanet.org/cultural/noticies/guia-castellera-per-a-principiants-les-parts-d-un-castell>

Nomenclatura dels castells.

Manual de pinyes [Internet]. Maresme; Castellers del Maresme: (s.d.). [citada el 6 de juny de 2018]. p.5

Disponible a:

http://www.castellersaltmaresme.cat/files/Manual_de_pinyes.pdf

Nomenclatura dels castells.

Origen i història dels castellers [Internet]. Pineda de mar; Escola Antoni Doltra: 22 d'abril de 2015. [citada l'11 de juny de 2018].

Disponible a: <https://es.slideshare.net/antonidoltrasuperior/origen-i-historia-dels-castellers>

Història dels castells.

El pes i la força normal [Internet]. (s.d.). [citada el 8 d'agost de 2018].

Disponible a:
http://agora.xtec.cat/iesmontmelo//moodle/pluginfile.php/22281/mod_resource/content/2/112_el_pes_i_la_fora_normal.html

Explicació física.

Propietats mecàniques dels materials [Internet]. (s.d.). [citada el 8 d'agost de 2018].

Disponible a: <https://sites.google.com/site/patriciaortegagranados/u4-forces-i-estructures/4-2--propietats-mecaniques-dels-materials>

Explicació física.

Força elàstica (Llei de Hooke) [Internet]. Carla Grau: 2015. [citada el 8 d'agost de 2018].

Disponible a: <https://sites.google.com/a/santantoni.epiaedu.cat/la-fisica2/dinamica/forca-elastica-la-llei-de-hooke>

Explicació física.

Llei de Hooke [Internet]. Va de ciència: 7 de novembre 2011. [citada el 9 d'agost de 2018].

Disponible a: <http://vdciencia.blogspot.com/2011/11/llei-de-hooke.html>

Explicació física.

La preparació física dels castellers [Internet]. Reus; Daniel Castillo: 9 d'abril de 2011. [citada el 9 d'agost de 2018].

Disponible a: <http://www.cccc.cat/data/files/pdf/casteller-tronc-superior.pdf>

Nomenclatura dels castells.

El concepte del quoficient de càrrega [Internet]. Joan Bofarull; 7 de novembre de 2007. [citada el 9 d'agost de 2018].

Disponible a: <http://www.webcasteller.cat/2010/11/el-concepte-de-quoficient-de-carrega/>

Explicació física.

El risc dels castells [Internet]. Coordinadora de colles castelleres de Catalunya; gener de 2011. [citada el 9 d'agost de 2018].

Disponible a: https://castellersdetortosa.cat/documents/dossier_risc_castells.pdf

Conceptes físics.

Centres de gravetat de superfícies planes [Internet]. Josep Joaquim Rodes Roca: 18 de febrer de 2013. [citada el 9 d'agost de 2018].

Disponible a: <https://blogs.ua.es/jjrr2011/2013/02/18/tema-3-2/>

Explicació física.

Fonaments físics de les estructures [Internet]. (s.d.). [citada el 9 d'agost de 2018].

Disponible a: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20716/1/Tema4val_JCMM.pdf

Explicació física.

Manual de supervivència del casteller [Internet]. Valls; Jaume Roset i Llobet: juny de 2000. [citada el 14 d'agost de 2018].

Disponible a :

<https://books.google.es/books?id=uECUDdYV5mIC&pg=PA19&lpg=PA19&dq=centres+de+gravetat+castells&source=bl&ots=6wAhfW8kJN&sig=DN2jmmkv518m2D43y40E9-sdo3w&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiG-47m4ezcAhUR1RoKHZJDDegQ6AEwA3oECAgQAQ#v=onepage&q&f=true>

Explicació física.

Energia potencial [Internet]. (s.d.). [citada el 15 d'agost de 2018].

Disponible a:

http://www.iesdmjac.educa.aragon.es/departamentos/fq/temasweb/FQ4ESO/FQ4ESO%20Tema%206%20Energia/11_energia_potencial.html

Explicació física.

El centre de gravetat o de masses [Internet]. Pere Garcia Janeres; (s.d.). [citada el 29 d'agost de 2018]

Disponible a:

<http://www.xtec.cat/~pgarcia/ictineo/6%20centre%20masses.pdf>

Explicació física.

Treball i energia [Internet]. Joan Aragonés i Jordi Carvajal; (s.d.). [citada el 2 d'octubre de 2018]

Disponible a:

<http://www.edu365.cat/eso/muds/ciencies/problemes/treball/treball.htm>

Explicació física.

4.3 Fonts d'imatge

Figura 1 Portada de l'ABC del 2 de setembre de 1970. Font: Hemeroteca de l'ABC.	8
Figura 2 Fotografia que enfoca la part central de la pinya. Foto de Sheila Hardie.....	10
Figura 3. Pom de dalt dels Vailets de	11
Figura 4. 3d7. Foto de Sheila Hardie.....	12
Figura 5. 2d6 dels Vailets de l'Empordà. Foto de Sheila Hardie.....	14
Figura 6. Pinya dels Vailets de l'Empordà abans de tancar-se. Foto de Sheila Hardie.....	14
Figura 7. Taula de masses i alçades segons posició. Taula pròpia.....	16
Figura 8. Gràfic sobre la variació de la massa segons la posició. Gràfic propi.	17
Figura 9. Gràfic sobre la variació de l'alçada segons posició. Gràfic propi.....	17
Figura 10. Columna de dos. Foto pròpia.	19
Figura 11. Columna de dos. Foto pròpia.	20
Figura 12. Xarxa dels Vailets de l'Empordà. Foto de Sheila Hardie.	21
Figura 13. Assaig d'un pilar a la xarxa. Foto de Sheila Hardie.	23
Figura 14. Divisió del pes en un pilar de quatre net (pd4net). Taula pròpia. ...	24
Figura 15. Divisió del pes en una torre de cinc neta (2d5net). Taula pròpia....	25
Figura 16. Divisió del pes en un tres de sis net (3d6net). Taula pròpia.	26
Figura 17. Divisió del pes en un quadre de sis net (4d6net). Taula pròpia.....	27
Figura 18. Coordenades x dels punts de massa en un 2d6net. Taula pròpia..	29
Figura 19. Vista lateral i superior dels vectors que ubiquen els punts de massa en un 2d6 net al Geogebra. Dibuix propi.....	30

Figura 20. Centre de masses del 2d6 net al Geogebra. Dibuix propi.	33
Figura 21. Marques situades en un pla. Dibuix pròpi.....	34
Figura 22. Eixos ja definits en el pla. Dibuix propi.	34
Figura 23. Altures marcades en el pla. Dibuix propi.	34
Figura 24. Línies discontinúes dels punts als eixos. Dibuix propi.....	34
Figura 25. Taula de les coordenades i posicions dels punts de massa. Taula pròpia.	35
Figura 26. Vista diagonal i de planta dels vectors que ubiquen els castellers en un 3d6net a partir del Geogebra. Foto pròpia.....	35
Figura 27. Vector del centre de masses d'un 3d6net al Geogebra. Dibuix propi.	38
Figura 28. Marques situades en un pla. Dibuix propi.....	39
Figura 29. Marques situades en un pla amb els dos eixos de coordenades. Dibuix propi.	39
Figura 30. Taula de les coordenades i posicions dels punts de massa en un 4d6net. Taula pròpia.	40
Figura 31. Vista diagonal i superior dels vectors que situen els centres de massa dels castellers d'un 3d6net, fet amb el Geogebra.	41
Figura 32. Representació gràfica a partir del Geogebra del vector tridimensional que situa el centre de masses del 4d6net. Dibuix propi.	43
Figura 33. Representació gràfica dels centres de massa del 2d6net, 3d6net, i 4d6net, amb el Geogebra. Dibuix propi.....	44
Figura 34. Taula dels valors de l'energia potencial en un castell de set segons la posició. Taula pròpia.	46
Figura 35. Gràfic sobre la variació de l'energia potencial en un castell de set. Gràfic propi.....	46
Figura 36. Captura I del programa Tracker. Foto pròpia.	49
Figura 37. Captura II del programa Tracker. Foto pròpia.	50

- Figura 38.** Captura III del programa Tracker. Foto pròpia. 50
- Figura 39.** Captura del gràfic velocitat-temps de la massa A. Foto pròpia. 51
- Figura 40.** Gràfic velocitat-temps durant una caiguda. Gràfic propi..... 51
- Figura 41.** Captura del gràfic alçada-temps durant una caiguda. Foto pròpia. 52

ANNEXOS

ANNEX I: Colles fora del territori català

Nom	Lloc i any de fundació
Colla castellera de les quatre barres	Argentina (1997)
Colla Castellera del Casal Virolai de Querétaro	Mèxic (1998)
California Kids	California, Estats Units (2005)
Castellers de Cerro Navia	Xile (2007)
Castellers de Lo Prado	Xile (2007)
Castellers de Mont-real	Canadà (2007)
Castellers do Brasil	Brasil (2008)
Castellers de Talca	Xile (2009)
Xiquets de Hangzhou	Xina (2010)
Xiquets de l'Alster	Alemania (2013)
Xiquets Copenhaguen	Dinamarca (2013)
Koales de Melbourne	Austràlia (2014)
Castellers de París	França (2015)
Castellers of London	Regne Unit (2015)
Castellers de Sydney	Austràlia (2016)
Colla Castellera d'Edinburgh	Escòcia (2016)
Los gatos	Madrid, Espanya (2018)

ANNEX II: Enquesta realitzada a castellers

Respostes sense agrupar:

Data	Posició	Massa en kg	Alçada en metres
21/07/2018 17:13:37	Terça	55	1,65
21/07/2018 17:15:13	Pinya	107kg	1.83cm
21/07/2018 17:15:15	Pinya, Segon, Terça	68	160
21/07/2018 17:15:34	Pinya	73	1.65
21/07/2018 17:17:14	Pinya, Terça	57	1.72
21/07/2018 17:17:31	Pinya, Segon, Terça	65	1,75
21/07/2018 17:17:33	Pinya	90	1.68
21/07/2018 17:17:42	Pinya	95	2.01
21/07/2018 17:17:57	Pinya	65	165
21/07/2018 17:18:17	Dos, Acotxada, Enxaneta	32	1.30
21/07/2018 17:19:32	Pinya	130	1,92
21/07/2018 17:20:14	Pinya	74	1'66
21/07/2018 17:20:31	Pinya	65	1,59
21/07/2018 17:21:42	Quarta	60	1,64
21/07/2018 17:21:48	Pinya	78	1,68
21/07/2018 17:23:50	Baix	75	1,58
21/07/2018 17:24:39	Pinya	60kg	1'69
21/07/2018 17:40:10	Pinya	82	1'83

21/07/2018 17:40:20	Pinya	66	1,7
21/07/2018 17:40:41	Pinya	90	1'85
21/07/2018 17:41:35	Pinya	110	1'86
21/07/2018 17:45:18	Pinya	82	1,76
21/07/2018 17:45:24	Pinya, Baix	60	1.60
21/07/2018 17:46:23	Pinya	90	1.91
21/07/2018 17:46:47	Segon	90	1'80
21/07/2018 17:48:13	Quarta	60	1.65
21/07/2018 17:48:43	Pinya, Segon	95	1,78
21/07/2018 17:49:00	Pinya, Segon	88	1,84
21/07/2018 17:49:37	Pinya, Segon	87	1,76
21/07/2018 17:51:09	Pinya	90	1, 84
21/07/2018 17:51:39	Pinya	101	1,87
21/07/2018 17:53:24	Quarta	55	1'55
21/07/2018 17:53:51	Terça	42'3	1'58
21/07/2018 17:56:23	Pinya	52	1, 67
21/07/2018 17:56:44	Pinya	80	1.8
21/07/2018 17:58:31	Terça	66	1,77
21/07/2018 17:59:31	Baix, Segon, Terça	62	1,68
21/07/2018 17:59:40	Baix, Segon	88	1'72
21/07/2018 18:02:25	Pinya	49 kg	1'63m

21/07/2018 18:03:06	Pinya	61	1,72
21/07/2018 18:07:43	Pinya	56	159
21/07/2018 18:09:19	Pinya	59	1.51
21/07/2018 18:18:58	Pinya	53	154
21/07/2018 18:29:12	Pinya	75	1'80
21/07/2018 18:33:36	Pinya	47	1'63
21/07/2018 18:35:14	Quarta	58	1,67
21/07/2018 18:35:32	Baix	72 kg	1'63
21/07/2018 18:38:20	Pinya	55	1,63 cm
21/07/2018 18:42:08	Pinya	105	190
21/07/2018 18:45:00	Baix	95	162
21/07/2018 18:46:54	Pinya, Baix	85	1,62
21/07/2018 18:47:15	Pinya	118	194
21/07/2018 18:48:00	Pinya	75	1,85
21/07/2018 18:49:13	Pinya	52k	1'72
21/07/2018 18:50:06	Pinya	73	1,74
21/07/2018 18:52:53	Pinya	85kg	1,81
21/07/2018 18:54:13	Pinya	74	1,76
21/07/2018 18:55:58	Pinya	70	1'62
21/07/2018 18:56:22	Pinya	43	163
21/07/2018 18:56:43	Baix	78	1,7

21/07/2018 19:01:40	Pinya	70	1,75m
21/07/2018 19:03:54	Pinya	64	1,74
21/07/2018 19:04:13	Pinya	57	1,6
21/07/2018 19:04:45	Pinya	75	1,83
21/07/2018 19:28:49	Pinya	52	1,6
21/07/2018 19:28:51	Terça, Quarta	48	1'62 m
21/07/2018 19:33:50	Baix	69	1,63
21/07/2018 19:34:07	Pinya	75	1,8
21/07/2018 19:34:59	Quarta	58	1.57
21/07/2018 19:41:07	Pinya, Quarta, Quinta	46	1'59
21/07/2018 19:45:08	Pinya, Segon	78	1,86
21/07/2018 19:51:58	Terça, Quarta	48	1,56
21/07/2018 19:56:10	Pinya	59	1,63
21/07/2018 19:58:29	Quarta	47	1,6
21/07/2018 20:00:43	Pinya, Baix	85	1.72
21/07/2018 20:02:44	Pinya	60	1,68
21/07/2018 20:03:04	Pinya	75	1,8
21/07/2018 20:10:42	Pinya	60-65 aprox	1,75
21/07/2018 20:12:16	Pinya	75	1'70
21/07/2018 20:16:31	Pinya	60	1,65
21/07/2018 20:44:08	Pinya	54	169

21/07/2018 20:45:53	Acotxadora	18	115
21/07/2018 20:46:40		9	90
21/07/2018 20:50:52	Baix, Segon	70	1'70 m
21/07/2018 22:35:25	Pinya	78	1,86
21/07/2018 22:48:54	Pinya, Quarta, Dos	50	1,6
21/07/2018 22:53:57	Terça	67	1,76
22/07/2018 0:04:56	Pinya	70	1,75m
22/07/2018 0:17:05	Terça	67	1,76
22/07/2018 0:22:22	Pinya, Quinta	44	1'52
22/07/2018 9:19:28	Segon	100	1,78
22/07/2018 10:34:05	Terça, Quarta	55	1,6
22/07/2018 10:35:10	Terça	67	1,72
22/07/2018 10:38:53	Pinya, Terça	65	172
22/07/2018 10:50:39	Pinya, Segon	90	1.80
22/07/2018 11:05:26	Pinya, Segon	64,5	1,76
22/07/2018 11:13:42	Terça	66	1,7
22/07/2018 11:13:58	Quarta	60	1'68
22/07/2018 11:23:52	Pinya	46	1'55
22/07/2018 11:32:08	Quarta	53	1,6
22/07/2018 11:35:01	Pinya	67	164
22/07/2018 11:44:38	Pinya	60	165
22/07/2018 11:45:07	Pinya	89	1,82
22/07/2018 12:06:38	Quinta	48	1,51

22/07/2018 12:09:05	Quarta	53	156
22/07/2018 12:19:14	Baix	66	1'69
22/07/2018 12:23:39	Pinya, Segon, Terça	62	163
22/07/2018 14:11:41	Terça	68	1'72
22/07/2018 15:21:25	Terça	67	1,76
22/07/2018 15:22:12	Pinya	95	1,7
22/07/2018 19:19:02	Pinya	75	1,83

ANNEX III: GLOSSARI

ANAR A PLAÇA. Expressió castellera que es refereix al fet de fer un castell durant una actuació, ja amb la vestimenta tradicional, amb música i, normalment, un públic.

CARREGAR. Fet d'aconseguir realitzar un castell fins a dalt, però no s'ha pogut desmuntar.

DONAR PIT. Expressió molt utilitzada al món casteller. Acció que es fa quan fas força amb el teu pit a l'esquena de la persona de davant per tal que tot quedi més compacte.

FER L'ALETA. Acció que fa l'enxaneta quan aixeca la mà al cim del castell per carregar-lo.

FIL·LOXERA. Insectes que es trobaven a les vinyes i provocaven malalties.

SISTEMA INTERNACIONAL: És un sistema d'unitats que s'utilitza en quasi tots els països del món per tal d'unificar l'expressió de totes les mesures científiques bàsiques.

TANCAR PINYA. Mot que s'utilitza per indicar l'acte en el qual les persones de la pinya ocupen la seva posició i es preparen per treballar el castell.

TOC. Melodia de gralles i timbals que acompanyen un castell i que sol indicar-ne les diferents fases (començament, aleta i finalització, també en cas que caigui).

VALLENCES. Habitants de Valls.

ZONA TRADICIONAL. La zona tradicional és Tarragona, El Garraf i el Penedès.

ANNEX IV: Unitats del sistema internacional

Mesures bàsiques del SI	
Magnitud física	Unitat bàsica al SI
Longitud	Metres (m)
Massa	Kilograms (kg)
Temps	Segons (s)
Corrent elèctrica	Ampers (A)
Temperatura	Kelvin (K)
Quantitat de substància	Mol (mol)