



Els Castells: Física, valor i seny

Pol Conesa Almansa
Dirigit per: Jordi Moreno
2n batxillerat A
Curs 25/26
Institut Tarragona





RESUMEN

A través de mi investigación, quiero que la gente comprenda que los castillos no son fáciles de construir. En mi trabajo de investigación, quiero demostrar algunas hipótesis sobre la física en este ámbito, así también explicar parte de la historia de esta increíble tradición.

Después de una recerca extensa sobre la física aplicada en los castells y los principios que dominan su estabilidad, he realizado tres prácticas para poner a prueba estos conocimientos teóricos.

Tres prácticas, las cuales están relacionadas con lo que hemos visto durante el curso, que serían: la cinemática, en ella analizando un castell y su movimiento, las fuerzas oblicuas, demostrándolo a partir de cálculos y finalmente la energía potencial de un castell de diez pisos.

ABSTRACT

Through my research, I want people to understand that castells are not easy to build. In my research work, I want to demonstrate some hypotheses about physics in this field, as well as explain part of the history of this incredible tradition.

After extensive research on the physics applied to castells and the principles that govern their stability, I have carried out three practical experiments to test this theoretical knowledge.

Three experiments, which are related to what we have seen during the course, which are: kinematics, analysing a castell and its movement; oblique forces, demonstrating this through calculations; and finally, the potential energy of a ten-storey castell.



ÍNDEX

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓ.....	5
1.1. MOTIVACIÓ DEL PROJECTE.....	5
1.2 OBJECTIUS DEL PROJECTE TREBALL DE RECERCA.....	5
CONTEXTUALITZACIÓ DELS CASTELLS.....	6
2.1 QUE SON ELS CASTELLS.....	6
2.1.1 TIPUS DE CASTELLS.....	6
2.2 LA COLLA CASTELLERA.....	9
2.3 ORIGEN DELS CASTELLS.....	10
2.3.1 EVOLUCIÓ AL LLARG DEL TEMPS.....	11
2.3.2 INFLUÈNCIES CULTURALS I SOCIALS.....	13
2.4 COLLA CASTELLERA DELS XIQUETS DE TARRAGONA.....	14
2.4.1 FUNDACIÓ I EVOLUCIÓ DE LA FÍSICA EN EL MÓN CASTELLER.....	14
2.4.2 ORGANITZACIÓ DE LA COLLA.....	20
CASTELLERS DINS LA COLLA.....	22
3.1. PARTS D'UN CASTELL.....	22
3.2 ROLS DELS CASTELLERS.....	26
CAP DE COLLA.....	26
PRESIDENT.....	27
CAP DE CANALLA.....	27
CAP DE PINYES.....	28
TRONC.....	29
CANALLA.....	30
FOLRE/MANILLES.....	31
ASPECTES FÍSICS DINS ELS CASTELLS.....	32
4.1 APLICAR ELS CONEIXEMENTS DE 1r DE BATXILLERAT DE FÍSICA.....	32
4.2 PLANTEJAR MOMENT DE FORCES.....	32
4.3. PLANTEJAMENT D'HIPÒTESI.....	34
4.3.2. ESTUDI DE LES FORCES OBLIQUES DE LA PINYA AMB UNA BALANÇA.....	34
4.3.2. ANÀLISI CINEMÀTIC DEL CASTELL 2D8F.....	38
GRÀFICA POSICIÓ X RESPECTE AL TEMPS FINS A LA CARREGADA.....	38
GRÀFICA POSICIÓ X RESPECTE AL TEMPS FINS A LA DESCARREGADA.....	39
GRÀFICA POSICIÓ Y RESPECTE AL TEMPS FINS LA CARREGADA.....	39
GRÀFICA POSICIÓ Y RESPECTE AL TEMPS FINS A LA DESCARREGADA.....	40
4.3.3. ENERGIES POTENCIALS I CINÈTIQUES.....	40



4.3.3.1. COMPARACIÓ D'ENERGIA POTENCIAL AMB PUNTUACIÓ DELS CASTELLS.....	46
5. CONCLUSIONS.....	47
6. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	49
7. ANNEX.....	51



INTRODUCCIÓ

1.1. MOTIVACIÓ DEL PROJECTE

Aconseguir un tema per al meu treball de recerca no va ser fàcil, ja que en un principi no anava amb una idea clara. Vaig estar pensant sobre coses que m'agraden: com els esports i la física, finalment vaig estar mirant exemples i parlant amb companys sobre treballs dels anys anteriors. Indecís, vaig pensar a fer-lo sobre les lesions en el tenis, perquè és l'esport que practico des de petit i era un tema que tenia curiositat per investigar, però realment no era el que més em cridava l'atenció. Jo volia fer un treball que em motivés a buscar dades, investigar, no només per fer-lo i oblidar-ho sinó per aprendre sobre algun tema que estigués realment interessat. Vaig continuar pensant amb coses que m'agraden del dia a dia i intentant relacionar-ho amb també alguna matèria que em crides l'atenció, perquè tenia clar que volia tirar més cap a números i estadística que cap a lletres. Anaven passant els dies i veia que els meus companys de classe tenien ja clar el seu tema principal i jo em quedava enrere continuant pensant el meu treball definitiu. Finalment, i desesperat vaig parlar amb un amic meu que em va proposar fer-ho sobre algun tema de castells, ja que jo estic implicat en la colla dels Xiquets de Tarragona, llavors em van venir al cap una multitud d'idees. A més a més, és una activitat cultural que podia relacionar amb la física fàcilment, perquè en els castells s'hi aplica un esforç físic, i aquest implica una força, tema que hem estat treballant durant el curs, aleshores em vaig posar a treballar

1.2 OBJECTIUS DEL PROJECTE TREBALL DE RECERCA

Els objectius principals d'aquest projecte són:

1. Aplicar els coneixements de física que hem estat treballant durant tot l'any a 1r de batxillerat encara que gràcies a la reunió amb el físic i investigador del departament d'enginyeria i també casteller Roger Cabré, vull intentar transmetre i explicar com a extra el que ell em va explicar sobre el moment de forces explicant en què consisteixen. Però principalment em centraré en els temes donats a classe aquest any:
2. La cinemàtica amb una aplicació informàtica la qual em fa veure els moviments de l'enganxa.
3. La dinàmica i Forces obliques demostrant-ho amb un angle d'inclinació a l'hora de fer força per part de la pinya.
4. Les energies potencials i cinètiques depenent de les dades
5. L'energia potencial que té un castell de 10 pisos



CONTEXTUALITZACIÓ DELS CASTELLS

2.1 QUE SON ELS CASTELLS

Tal com s'hi descriu al diccionari, els castells: 'són les torres humanes que es construeixen des de fa més de dos-cents anys al Camp de Tarragona i al Penedès, com a resultat de l'expansió de la Muixeranga valenciana.' Donada aquesta definició i basant-me en la meua experiència personal fent castells, us podria dir que un castell es un conjunt de nens, nenes, homes, dones, companys i tota mena de gent que us podeu imaginar que amb comú tenen quatre valors: la força, equilibri, valor i seny per poder aixecar torres humanes i intentant-se superar-se cada dia per intentar que siguin el més alt possible

En aquesta explicació pot haver-hi moltes preguntes, ja que si heu vist alguna vegada castells tindreu molts dubtes com per exemple: per què es diu 3d8?, com saben qui ha d'anar a cada lloc?, per què criden o fan senyals mentre pugen?, els de baix no es fan mal amb tant de pes a sobre?

Responent a la primera pregunta, abans de tot s'ha de saber de quin castell s'està parlant en cada cas, ja que hi ha diferents tipus de castells. Un exemple molt clar es el 5d8. Per què se li posa el nom de 5? El primer número sempre indica quantes persones hi aniran a cada pis (en aquest cas 5) i si agafem el segon, indica el nombre de pisos del castell (en aquest cas 8). Llavors el 5d8 serà un castell de vuit pisos i cada pis es compondrà de 5 persones.

Aquests pisos s'estructuren d'una determinada forma: primer va la pinya, seguidament el tronc, que pot tenir més pisos depenent de l'alçada del castell i per acabar el pom de dalt que consta dels dossos, acotxador/a i enxaneta

2.1.1 TIPUS DE CASTELLS

Dins el món casteller hi ha diferents tipus de castells, aquests es poden classificar en simples o compostos

SIMPLES

- **PILAR:** El pilar es el castell format per una persona a cada pis, aquesta l'estructura és la més habitual i base dels castells, ja que si es domina el pilar



els altres castells no deixen de ser pilars amb gent agafada. Normalment, els pilars es fan al final de l'actuació. Actualment, el millor pilar mostrat a plaça es el pilar de 9 amb folre manilles i puntals fet pels Castellers de Vilafranca

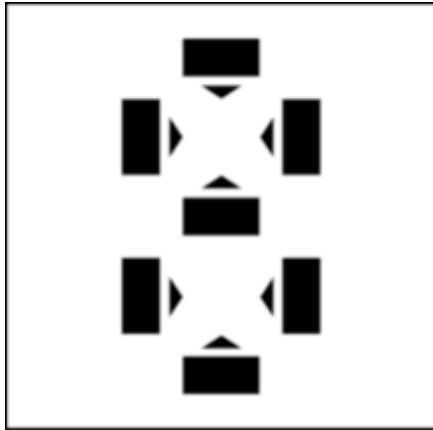
- **DOS O TORRE:** Es un castell que està format per dues persones cara a cara en cada pis. Aquest castell té molta inestabilitat ja que només hi pugen dues persones aleshores la gent que puja ha de tenir molt equilibri. Hi ha diferents tipus de dos: 2d8 amb folre, 2d9 amb folre i manilles i el 2d8 net, sent aquestes dues últimes les possibles estructures més complicades per fer el dos
- **TRES:** És un castell de tres rengles, és a dir tres persones per pis. En aquestes hi ha una més 'important' normalment se la identifica amb el nom de rengla, en aquesta un dels dos dorsos posarà els seus dos peus damunt de l'espatlla del casteller que tingui a sota, en canvi, l'altre dorsos col·locarà un peu a l'espatlla de la rengla de la dreta i l'altra espatlla de la rengla de l'esquerra
- **QUATRE:** És l'últim castell simple i com bé indica el seu nom consta de quatre rengles, quatre castellers en cada pis. Com a l'estructura del tres, els dorsos col·loquen un peu sobre cada espatlla del casteller de sota. En aquest castell els castellers que pugen al tronc i són al mateix pis amb els seus braços agafen el turmell dels castellers del costat del pis superior



Fotografia 1: 2d8 net Joves de Valls
<https://www.instagram.com/p/DN-zPR5DCCC/>

COMPOSTOS

- **CINC:** Com bé es sap és un castell compost ja que no només és un castell sinó que podríem dir que en son dos, que està format per un tres i un dos. Aquest castell conta de cinc castellers a cada pis, quatre dorsos, dos acotxadors i una enxaneta, que ha de fer la feina de coronar el dos i seguidament el tres, per tant, ha de fer dues aletes. El castell no es pot considerar carregat fins que l'enxaneta ha fet les dues aletes, si no es el cas aquest quedarà en intent. El seu màxim es el 5 de 9 amb folre



Fotografia 2: Base del 7
https://ca.wikipedia.org/wiki/Llista_d%27estructures_castelleres#Set

SET: El set es un castell bastant recent, executat per primer cop per la colla castellera Margeners de Guissona l'any 2009 a Sùria, a poc a poc va anar agafant protagonisme a la colla vilafranquina, fins a actualment poder portar a plaça el 7 de 9 amb folre. Aquesta estructura està formada per un quatre, que seria la part central i un tres que encaixa amb les rengles del quatre. El pom de dalt es similar al del cinc, ja que són quatre dossos dos acotxadors i una enxaneta que ha d'escalar els dos poms per poder carregar el

castell. A diferència del cinc hi ha colles que aquest castell el fan amb dues enxanetes (una que fa l'aleta al tres, i l'altre al quatre)

- **NOU:** Aquest castell amb poca freqüència es veu a plaça ja que es un castell molt complex i hi puja molta gent, per això s'hi necessita molta canalla. La seva estructura es basa en un tres central al qual se li afegeixen tres torres a cada una de les seves rengles. Aquest castell consta de sis dossos, tres acotxadors i normalment tres enxanetes, però també es pot fer amb una que coroni els tres poms. El 9 de 8 es considera el castell de gamma extra més baix, o sigui el més assequible o fàcil per les colles i el que val menys puntuació d'aquest grup, però el seu màxim es el 9 de 9 amb folre, castell de gamma superior, 'prèmium' mai descarregat per cap colla però carregat tres vegades pels Castellers de Vilafranca en les diades de Tots Sants 2023, Concurs 2024, St. Fèlix 2025

Després de les bases de tots els castells possibles hi ha una sèrie de variants que són els castells aixecats per sota, que no són habituals de veure, i els castells amb agulla

- **AIXECATS PER SOTA:** Els castells aixecats per sota solen ser d'estructura simple ja que en comptes que la canalla pugi fins dalt, aquest es aixecat des de la pinya fent que els últims pisos siguin els que primer es veuen. En aquest tipus de castells normalment es fa amb el pilar, el dos i el tres, i en poques ocasions s'ha vist el quatre aixecat per sota. Aquest fet que es vegi



tan poc fa que els castells d'aquest tipus siguin difícils pel fet que s'ha de tindre una pinya ferma ja que es la que farà tot el treball del castell

- **CASTELLS AMB AGULLA:** Són castells que tenen la mateixa estructura que els bàsics, però la diferència és que quan es va fent el castell s'aixeca un pilar dins el mateix castell. Quan l'enxaneta ha coronat el castell exterior ha de baixar per la rengla i l'acotxador entra dins del pilar a fer d'enxaneta. Mentre el castell es va desmuntant el pilar es comença a veure i no es carrega el castell fins que el tres exterior ha estat del tot desmuntat. Llavors el pilar interior s'ha de desmuntar per considerar-lo descarregat. Castells amb agulla només existeixen el tres, quatre, cinc i el set, aquests tenen un màxim que són el 3 de 9 amb agulla, 4 de 9 amb agulla 5 de 8 amb agulla i 7 de 8 amb agulla.

2.2 LA COLLA CASTELLERA

Una colla castellera és una agrupació en la qual es reuneixen els castellers i castelleres, per fer construccions humanes, dit en altres paraules... castells. Cada colla castellera parteix d'un nivell mínim de pisos per fer als castells i, a mesura que va millorant la seva tècnica, i creix en nombre de participants, poden arribar a fer castells de nou i deu pisos. Les colles castelleres es rivalitzen entre elles per veure quina pot descarregar el castell més alt, i així ho demostren cada dos anys al Concurs de Tarragona, que s'organitza a la Tàrraco Arena.

Totes les colles castelleres tenen un nom que les identifica. El fet de tenir-ho és per una cosa ben lògica, ja que reforça el sentiment de domini dels seus membres i alhora els distingeix dels components d'un altre colla. El color de la camisa, és juntament amb el nom, el tret més distintiu i reconegut d'una colla castellera. Les colles acostumen a triar el color de la seva camisa per alguna raó determinada

La resta de la vestimenta és igual per a totes les colles, i es correspon de:

- Pantaló: Ha de ser blanc i prou resistent, ja que alguns castellers, per poder pujar, s'agafen d'ell.
- Faixa: Majoritàriament negra per als castellers de tronc, encara que depèn de la colla la canalla porta un altre color, però l'amplada i la llargada varia



depenent de l'alçada i constitució de cada casteller. Aquesta protegeix la zona lumbar dels castellers i serveix d'ajut als castellers per pujar.

- **Mocador:** El tradicional és vermell amb punts blancs, però cada colla en té un de diferent color. Aquest té diverses funcions: a la pinya serveix per posar-lo als canells i poder agafar-se a ells per fer força cap amunt; al tronc serveix per posar-lo al genoll dret i donar un punt d'ajut als castellers dels pisos inferiors.
- **Casc:** l'acotxador, l'enxaneta i dossos l'han de dur per seguretat, tant a l'assaig com a plaça. Està fet amb poliestirè expandit i dissenyat especialment per a aquesta activitat.

2.3 ORIGEN DELS CASTELLS

Els castells, que avui dia són símbol de cultura i identitat catalana, tenen els seus orígens al segle XVIII.

Tot i que ara són una tradició plenament catalana, el seu origen està relacionat amb una dansa que venia del País Valencià: la “muixeranga” d'Algemesí.



Fotografia 3: Muixeranga d'Algemesí
<https://es.wikipedia.org/wiki/Muixeranga>

La muixeranga és una dansa popular valenciana que inclou figures humanes semblants a castells, però dins un context religiós i festiu.

A finals del segle XVIII, aquesta tradició es va estendre a la zona del Camp de Tarragona, especialment a Valls, que és considerada el quilòmetre 0 dels castells.

Amb el temps, a Valls es va perdre aquest aspecte religiós de la dansa, i es va potenciar la part més espectacular: l'alçament de torres humanes cada cop més altes i complexes a les places.

El primer castell registrat acompanyat de la gralla va ser l'any 1770 a l'Arboç. Seguidament, el 2 de febrer de 1801, durant les Festes Decennals de la Verge de la Candela de Valls,



es van realitzar en aquesta ciutat les primeres torres, encara que no es concreta quina de les dues colles les va dur a terme. Hi ha referències tant orals com escrites de l'any 1805 i de 1815 de l'existència de la *Colla dels Pagesos* i la *Colla dels Menestrals*, que són les actuals colles castelleres de Valls.

Històricament, l'activitat castellera ha patit alts i baixos destacats com per exemple la Guerra del Francès i la Primera Guerra Carlina, però en un període més tranquil es va alçar el primer castell de vuit (1819)

Posteriorment, van aparèixer dues colles a Tarragona, gràcies al fet que les dues colles de Valls actuessin a les places no només de la seva ciutat sinó als pobles veïns per festes majors

2.3.1 EVOLUCIÓ AL LLARG DEL TEMPS

INICIS: A poc a poc aquesta tradició va anar agafant rivalitat entre les colles, així doncs es va fer que les construccions siguin cada vegada més difícils. Fent els primers tresos de vuit i el pilar de 7 l'any 1835.

ÈPOCA D'OR (1851-1889): La primera època d'esplendor dels castells no es dona per començada fins al 1851, durant les festes de Santa Tecla de Tarragona és descarregat per primera vegada a la història el 3 de 9 amb folre. L'espectacular augment en l'alçada de les construccions va anar modificant la posició dels dos nois que les culminaven, que inicialment es posaven drets, tal com encara fan les moixerangues valencianes.

Durant tot aquest temps, Vilafranca, Tarragona i Valls, i les seves poblacions properes, formen una mena de triangle on es fan el nombre més gran d'actuacions i les de més nivell, ja que assoleixen castells com el pilar de 8, 4 de 9 amb folre...

L'època castellera segueix en augment durant més de deu anys a ritme imparable perquè es continuaven fent castells més alts i amb més dificultat com el 3 de 8 aixecat per sota o el 2 de 8 amb folre. Aquesta època esplendorosa dels castells es va acabar a les festes de Santa Tecla de l'any 1889, amb un gran nombre de castells de màxima dificultat de vuit i nou pisos



DECADÈNCIA (1889-1926): L'any 1889 l'activitat castellerà va anar a menys. La pràctica dels castells s'havia anat reduint i el nivell de les construccions cedrien fins als més baixos de la seva història, els castells de màxima dificultat eren: el quatre i el tres de set. A Tarragona no hi va haver cap actuació castellerà entre el 1913 i el 1921. Al període de 1923-1924 van tornar a actuar els Xiquets de Valls i amb motiu d'aquesta diada es van iniciar les converses per crear una nova colla: els **Xiquets de Tarragona**

RENAIXENÇA (1926-1981): Amb l'aparició de les dues noves colles, i especialment per la del Vendrell, es reanima la rivalitat, fet que propicia un augment de la competitivitat que repercutirà en la qualitat dels castells. El 1929, tant les colles del Vendrell com les de Tarragona havien igualat el nivell de castells de les colles de Valls. Després de reprendre la tradició es van tornar a fer castells com el 4d8 2d6 3d7aps, però la Guerra Civil va aturar el procés de recuperació i van desintegrar-se temporalment totes les colles existents. Per sort l'any 1939 es va continuar fent castells i es van tornar a formar les colles a Valls, Tarragona i el Vendrell. Hi ha molta rivalitat entre les 2 colles de valls i la del Vendrell per aconseguir els millors castells (4d8, 3d8, 5d8, pd6...)

SEGONA ÈPOCA D'OR (1981-1993): Gràcies a la incorporació de les dones en el món casteller s'ha vist que la força no és la principal habilitat requerida per fer les estructures, ja que la tècnica té el paper més important i els castellers treballen junts **en funció de l'alçada i el pes**. La introducció de la dona donarà pas a un gran creixement en les estructures. L'any 1981 es van veure el primer 4d9f i 5d8 descarregats a la plaça de la vila de Valls. En els següents anys altres colles com Minyons, Vilafranca, Jove i Joves assoleixen els castells de 9. Minyons de Terrassa aconsegueix descarregar el primer 2d9fm de la història

ÈPOCA DE PLATÍ (1993-Actualitat): En aquesta època el fet casteller es caracteritza per l'expansió territorial, l'increment de la popularitat i el ressò als mitjans de comunicació i l'assoliment de noves construccions de gamma extra. Fent-ho amb construccions extremadament difícils (3d10fm, 4d10fm, 2d8sf 3d9fa...)



2.3.2 INFLUÈNCIES CULTURALS I SOCIALS

Els castells no són només un espectacle sinó que també formen part del patrimoni cultural català i estan reconeguts per la UNESCO com a patrimoni cultural immaterial de la humanitat. Aquests sempre han tingut unes influències culturals i socials

Influència cultural

- **Identitat i tradició**

Representen valors col·lectius establerts a Catalunya: treball en equip, esforç compartit i orgull per la cultura pròpia i també són una manera visible de transmetre la història i la identitat catalana de generació en generació.

- **Expressió artística**

Tot i que són físicament exigents, també tenen un component estètic: les formes, l'alçada, l'entrada i sortida de la gent que puja... fins i tot la música de la *gralla* que acompanya cada moment del castell.

- **Festes populars**

Els castells són protagonistes en moltes festes majors, i això ajuda a mantenir viva la cultura tradicional en un context festiu i comunitari.

INFLUÈNCIA SOCIAL

Els castells no només són per fixar-se en ells i elogiar a les colles, sinó que també són una experiència col·lectiva:

- **Treball en equip i cooperació**

No hi ha castells sense colla, i la colla funciona com una comunitat on tothom sigui fort, petit, gran o jove té un paper important i imprescindible per assolir els castells.

- **Inclusió social**

Les colles són espais on persones de totes les edats, gèneres, orígens i condicions socials poden participar, trencant barreres i afavorint la unió social.



- **Transmissió intergeneracional**

Hi participen des de nens petits (*canalla*) fins a gent gran, i això crea vincles entre generacions.

- **Solidaritat i confiança**

Per pujar en un castell cal confiar plenament en els companys que tens sota i al voltant teu. Aquesta confiança es trasllada sovint fora de la plaça.

2.4 COLLA CASTELLERA DELS XIQUETS DE TARRAGONA

Com a actual casteller dels Xiquets Tarragona, ser part d'una colla castellera implica molts aspectes: compromís, treball en equip, responsabilitat... Tots aquests aspectes es consoliden amb accions, com per exemple anar als assajos, donar el màxim a les proves que es fan a l'assaig, inclús parlant amb la tècnica quan una cosa no va bé en un castell, ja sigui perquè ets massa alt pel lloc que t'han assignat o simplement perquè penses que haurien de fer canvis en les posicions de la pinya. A part d'aquests compromisos, cada colla castellera té una història, un origen diferent i una evolució que porta canvis físics a l'hora de fer castells, però no totes les colles van tindre els mateixos canvis al mateix moment. Algunes van anar més de pressa i van tindre aquests canvis més aviat i d'altres més lentament per aconseguir els seus objectius. Per això com a integrant dels Xiquets de Tarragona explicaré com han succeït aquests canvis a la meua colla, demanant dades a antics caps de colla i presidents, i investigant a llibres d'història dels castells. En aquest cas als Xiquets de Tarragona s'ha tingut molta sort ja que tenen una història llarga, pel simple fet que van ser la primera colla de Tarragona en aparèixer.

2.4.1 FUNDACIÓ I EVOLUCIÓ DE LA FÍSICA EN EL MÓN CASTELLER

Als Xiquets de Tarragona igual que ha passat en totes les colles hi ha hagut una evolució i no només parlo de l'evolució en l'àmbit casteller sinó que també en aspectes físics. Referint-me a la mida dels castells, les forces, pesos, pressions... Per això vull capficar-me dins d'una colla per aconseguir informació necessària per poder explicar-ho detalladament.



ORÍGENS:

Els orígens més directes dels castells són els balls de valencians. Es té la primera notícia d'un d'aquests, el de Bràfim, actuant a Catalunya el 1687 a les festes de Santa Tecla. Aquests es van anar popularitzant i expandint cap al Camp de Tarragona i el Penedès durant els segles XVII i XVIII, període el qual als castells el **factor que predominava era la força bruta**. La gent creia que com més pinya hi hagués més alts podien ser els castells, cosa que en un futur faria un gir estratosfèric a aquesta teoria. Vint anys després està documentat el primer ball de valencians lligat a una confraria, la de fadrins menestrals de Tarragona i cada vegada es dona més importància a l'alçada d'aquestes construccions. El 1802, durant una visita reial, estan documentats a Tarragona els primers castells de 7 per part de més d'un grup de valencians i tres anys més tard apareix la dualitat a Valls amb les colles de Pagesos i Menestrals fent els primers castells de 8 documentats el 1819.

PRIMERA CONSCIÈNCIA DE LA FÍSICA:

Del 1822 al 1859, a Tarragona existiren dos balls de valencians que van començar a fer castells, els Pescadors i els Pagesos, colles que van rivalitzar entre elles i que van iniciar, per exemple, el costum de pujar i baixar les escales de la Catedral amb un pilar de quatre o de cinc pisos. A poc a poc es van fent avanços en els castells, es van fent construccions més altes per part de les dues colles de Tarragona, com per exemple el primer 5 de 8 de la història a la diada de la Mercè, i el primer 3 de 9 amb folre a les festes de Santa Tecla que aquest marca l'inici de la Primera Època d'Or dels castells. Durant aquesta etapa, la física era aplicada de manera experimental. Els castellers aprenien observant errors i encerts: si un castell queia sovint per un costat, el tronc i la pinya s'anaven ajustant amb assaig i error. Aquesta experiència acumulada era, en certa manera, el primer manual de física casteller.

CASTELLS CADA VEGADA MÉS ALTS:

A partir dels anys 1860, els protagonistes de les festes a la ciutat són les colles dels Xiquets de Valls i al mateix temps, es va formant la importància del triangle casteller Valls. Aquestes colles aconsegueixen fer castells mai vistos a plaça com els 4d9 net. Gràcies a les lleis de la física van poder fer castells cada vegada més alts i el



concepte de centre de gravetat o de pressió distribuïda va començar a sonar dins les colles. Aquests dos conceptes van ser claus ja que a l'hora de fer pinya s'ha d'aplicar una força perquè el castell no tendeixi a inclinar-se

APARICIÓ DELS XIQUETS DE TARRAGONA:

El 16 d'octubre de 1885, el diari La Opinión anuncia la Colla de la Mercè de Tarragona. Un grup d'aficionats tarragonins la crearen de forma diferenciada dels Xiquets de Valls. Fins i tot, el mateix any hi trobem dues colles: una Vella i una Nova dels Xiquets de Tarragona, aquesta última actuant al Cós del Bou. Aquestes dues colles participen en les festes dels carrers i l'any 1886 executaren la seva millor actuació amb el quatre de vuit i el pilar de sis. Aleshores Pau Calbet i Boleda es declara cap de colla.

DECADÈNCIA:

Després d'una època d'esplendor de castells l'any 1894 està documentat l'últim castell de 9, seguidament i lentament, es van anar perdent construccions, un fet que limiten el nivell dels castells als sis pisos i, molt ocasionalment, als set.

A la ciutat, després de desaparèixer la colla de la Mercè, s'inicià també la decadència castellera. Tarragona va ser la ciutat que pateix més i es va produir per factors com la fil·loxera que destrossà la vinya a Catalunya, les guerres a les últimes colònies espanyoles d'ultramar, la manca d'estima dels governs municipals per les festes majors i la substitució, entre d'altres. En aquest període, a Tarragona, només actuaren les colles vallenques, i no cada any. No hi va haver castells entre 1913 i 1917, 1919 i 1921, 1924 i 1925.



Fotografia 4: Castell de 7

<https://www.xiquetsdetarragona.com/historia-xiquets/>

**REORGANITZACIÓ DELS XIQUETS I DE LES ESTRUCTURES:**

La reorganització dels Xiquets de Tarragona, el setembre del 1926, es dona aplegant antics castellers de la colla de la Mercè i nous aficionats, marca l'inici de la renaixença castellera. Van ser dirigits per l'Esteve Pomerol i Calbet, que serà cap de colla durant trenta anys, i anaren assolint progressivament tots els castells de set durant els anys trenta. Amb la reorganització de les colles i l'augment de la competència entre elles durant el segle XX, va sorgir la necessitat de planificar millor les construccions. Ja no n'hi havia prou amb tenir força: calia tècnica i coordinació. Es va començar a prestar atenció a la simetria, a la postura dels castellers i a com es transferien les forces dins la pinya i el tronc.

VELLA I NOVA:

A la ciutat es creà una segona colla, la Nova. La colla de l'Esteve Pomerol va adoptar el nom de Colla Vella. Es van convocar els primers concursos de castells a la ciutat, els anys 1932 i 1933 amb la participació de les colles de les tres poblacions castelleres de l'època: Valls, Tarragona i el Vendrell.

EVOLUCIONS DE CONCEPTES:

Després de la reorganització la colla Xiquets de Tarragona, formada bàsicament per castellers de la Vella, liderats un altre cop per l'Esteve Pomerol que per desgràcia l'any 1926 malalt va ser substituït pel seu germà En aquest període va aparèixer també el concepte de distribució de càrrega: els castellers més lleugers i àgils ocupaven posicions altes, mentre que els més pesats i forts reforçaven la base. Les pinyes van començar a treballar com a sistemes de suport més resistents, absorbint no només el pes vertical sinó també les forces laterals generades pels moviments del tronc. Aquesta etapa va marcar el pas de la física intuïtiva a la física aplicada.

CANVIS I ESTANCAMENT:

A poc a poc i durant aquests anys gràcies a les anàlisis físiques fetes van anar millorant els avenços en els castells, es van poder fer castells més alts, les estructures eren més estables. Es començar a actuar a places molt reconegudes avui en dia, com són la TAP (Tàrraco Arena Plaça), plaça de les cols o la plaça de la Font, lloc on en un futur fariem història. Per desgràcia no va ser fins a l'any 1981



que es comencen a fer els castells de 8. La colla amb entusiasme, reorganitzada i amb la reconstrucció del tronc dona pas al dia 22 de novembre a fer el primer intent de 3d8. Aquest fet va donar pas a un estancament i una il·lusió: tenir les ganes de descarregar el castell de vuit pisos.

LA RECOMPENSA I ELS FOLRES:

En aquesta època, passada una petita crisi, i amb el somni del castell de vuit, es va començar a assajar pràcticament cada dia. A les pinyes cada lloc estava fix i assignat a una persona en concret a base d'això el 3d8 es va carregar per primera vegada el 25 de setembre. Fruit de l'entusiasme la colla va continuar mirant amunt i finalment al concurs de castells es va poder descarregar el castell. A finals de novembre es va tornar a intentar i va ser el segon castell de vuit descarregat per la colla sumant-li un nou castell que seria el 2d8 amb folre carregat. Era el primer folre de la colla i es en aquest moment quan la colla van començar a plantejar castells de vuit pisos i més, va sorgir la necessitat de folre i en un futur o, en altres colles més avançades, les manilles. Aquestes innovacions van suposar un gran avenç físic. El folre actuava com una segona pinya que absorbeix part de la pressió del tronc i redueix el risc de desequilibri. Les manilles, col·locades un pis més amunt que el folre, eren molt poc vistes (només als minyons i Vilafranca) estabilitzen els primers pisos superiors del tronc i permeten que l'enxaneta pugui pujar amb seguretat.

CASTELLS DE 9

Donat el primer castell amb folre de la colla, es van començar a provar castells més alts, ja que es començava a tenir seguretat en les estructures. Aquest canvi i motivació extra va comportar una major consciència sobre conceptes com la transmissió de forces i l'equilibri global de l'estructura. No només calia força i tècnica individual, sinó una visió global de l'estructura humana com a sistema mecànic. Així, castells com el 3 o el 4 de 9 amb folre van començar a ser possibles durant els primers anys del segle XXI, gràcies a la combinació de tècnica, força i comprensió de les lleis de la física.



TRIPLETA I CAP AL GAMMA EXTRA

Després de la il·lusió de tota la colla, de veure com creixia i anaven evolucionant, es volia fer el que es diu la tripleta màgica (3 de 9, 4 de 9 i 5 de 8). Encara que paral·lelament altres colles més avançades ja s'havien vist manilles com Vilafranca, Minyons i Capgrossos. Encara així l'any 2010 es vol aconseguir la tripleta a la plaça de les cols, fet que finalment s'aconsegueix el primer diumenge durant les festes de Santa Tecla. A principis cal destacar que alguns experts van començar a estudiar els castells des d'una perspectiva científica. Enginyers, arquitectes i especialistes en biomecànica van analitzar les pressions, la resistència dels cossos i la manera en què es transferien les forces dins la pinya i el tronc. Aquest coneixement va permetre entendre millor els punts crítics de cada castell i desenvolupar estratègies per reduir riscos.

BRILLANTOR

A partir de la primera tripleta la colla va tindre la seva millor època de creixement, va començar a afegir-se molta gent, cosa que va fer que els castells amb folre agafessin millor ritme, arribant a actuacions al mes de maig, gràcies a aquesta inèrcia es va plantejar portar el primer castell amb manilles a la diada de Sant Magí. Durant aquesta època un estudi com es la biomecànica van anar fent petits avenços físics i intenten ajudar a entendre, per exemple, com ha de col·locar-se un casteller dins del tronc segons el seu pes, alçada i força, o com ha d'ajustar la postura per suportar millor la pressió. També havien influït en els assajos: ara es podien planificar els castells amb criteris científics, simulant situacions extremes abans de portar-los a plaça. Aquestes investigacions van fer que les cols es convertís en plaça de gamma extra. Els Xiquets de Tarragona acabaven de fer història descarregant al primer intent un castell amb manilles.

L'ERA DIGITAL I EL FUTUR

En l'actualitat, un factor que cal destacar es que a les colles més grans utilitzen sensors, vídeos d'alta velocitat i models digitals per estudiar els castells. Aquestes eines permeten mesurar la pressió a la pinya, el centre de gravetat del tronc i la força aplicada per cada casteller. Amb aquestes dades, els caps de colla poden ajustar la distribució dels participants i perfeccionar la tècnica. No obstant això, als



Xiquets de Tarragona no disposàvem d'aquests recursos, però a partir de l'actuació a les cols es comença a formar un vincle especial dins la colla, es crea entusiasme per aconseguir fer les estructures més altres possibles. L'any 2015 molts dels membres que hi eren hi poden destacar molts fets impressionats per la colla, però sense cap dubte el més remarcant va ser el 20 de setembre, dia de festa major, es va fer a plaça una cosa mai vista pels Xiquets de Tarragona, 2 de 9 amb folre i manilles carregat 5 de 9 amb folre carregat per primer cop 3 de 9 amb folre i el pilar de 8 amb folre i manilles també anotat per primera vegada a l'història. Va ser la millor diada de la història de la colla

2.4.2 ORGANITZACIÓ DE LA COLLA

Una colla castellera és molt més que un grup de persones que es troben per fer castells, és una associació cultural i social que funciona gràcies a una organització molt ben estructurada. Dins d'aquesta organització hi ha diferents rols i responsabilitats que permeten que la colla pugui créixer, preparar-se i actuar amb seguretat i èxit.

Cada colla té la seva pròpia organització i totes tenen un objectiu en comú: aixecar castells, però totes indiscutiblement han de tenir dos rols importantíssims dins d'aquestes: cap de colla i president

La direcció tècnica és l'encarregada de tot allò que té a veure amb els castells i el seu funcionament. Al capdavant hi trobem el cap de colla, que és la màxima autoritat tècnica. Ell és qui decideix quins castells es faran en cada actuació, qui dona les ordres durant la diada i qui dirigeix els assajos. El cap de colla ha de tenir coneixements tècnics, molta seguretat en les seves decisions i la capacitat de transmetre confiança al grup i aquest rol es fa mitjançant unes votacions internes, ja que tothom ha d'estar d'acord en qui es la persona responsable per manar. Al seu costat hi ha l'equip tècnic, que inclou persones com el cap de pinyes, que organitza com bé indica el nom la pinya del castell perquè sigui sòlida, els responsables del tronc, que coordinen els pisos del castell, i el cap de canalla, que s'ocupa dels nens i nenes que pugen fins a dalt de tot, ajudant-los perquè estiguin ben preparats i



segurs. També hi ha altres persones encarregades de la seguretat i del material, ja que objectes com les faixes o els cascos són indispensables.

A part també hi ha la junta directiva, que és l'òrgan encarregat de la gestió administrativa i social de la colla. El president és el màxim representant institucional, la persona que fa de pont amb ajuntaments, entitats i institucions i que vetlla perquè la colla funcioni correctament en tots els sentits. A més, la junta sol incloure un secretari que porta la documentació i les convocatòries, un tresorer que gestiona els recursos econòmics i altres vocals que s'ocupen de diferents àrees com la comunicació, la logística o l'organització d'activitats. La junta garanteix que la colla no sigui només un grup tècnic, sinó també una associació arrelada al seu entorn i amb presència social.

La colla la formen tots els castellers i castelleres, cadascun amb el seu paper dins el castell. La pinya és la base, on desenes de persones treballen juntes per donar estabilitat i protegir els que pugen. Damunt la pinya hi ha el tronc, format pels pisos successius de segons, terços, quarts i així successivament, que requereixen força, equilibri i resistència. A les parts més altes hi trobem la canalla, nens i nenes petits i lleugers que tenen el paper clau de fer d'acotxador i d'enxaneta, i que amb la seva valentia culminen el castell. Un tret fonamental de les colles és que hi pot participar tothom, independentment de l'edat, el sexe o la condició física, ja que sempre hi ha un lloc on cadascú pot aportar el seu gra de sorra.

A més de la part tècnica i organitzativa, una colla castellera també té una dimensió social molt forta. No es limita només als assajos i les actuacions, sinó que organitza activitats com sopars, sortides, trobades amb altres colles i actes oberts a les famílies. Això fa que la colla sigui un espai d'integració i convivència, on es creen vincles d'amistat i es transmeten valors com la cooperació, la confiança i el compromís. Moltes colles disposen de locals d'assaig que esdevenen una mena de segona casa per als castellers.

Les decisions dins d'una colla es prenen de manera compartida. Les qüestions tècniques, com ara els castells que es faran o la distribució dels castellers dins de cada posició, són responsabilitat del cap de colla i del seu equip tècnic. Les qüestions administratives i socials, com el pressupost, la relació amb institucions o



les activitats comunitàries depenen de la junta. En alguns casos, les grans decisions es prenen en assemblea, de manera que tots els membres puguin participar-hi.

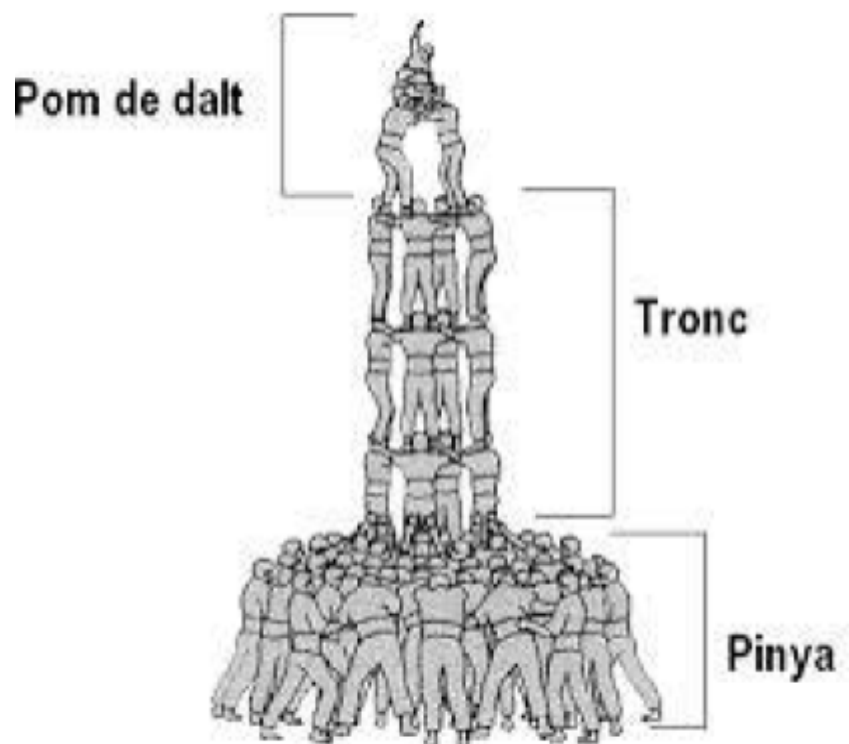
En definitiva, una colla castellera és una organització complexa i alhora molt humana. Està formada per una direcció tècnica que garanteix la seguretat i l'èxit dels castells, una junta que s'ocupa de la gestió social i administrativa i un conjunt de castellers i castelleres que, amb esforç col·lectiu, fan possible l'aixecament dels castells. Més enllà de la seva estructura, el que fa especial una colla és que reflecteix els valors castellers: la inclusió, la cooperació i la confiança, ja que cadascú, des del president fins a l'últim membre de la pinya, té un paper essencial per assolir un objectiu comú.

CASTELLERS DINS LA COLLA

3.1. PARTS D'UN CASTELL

Cada castell pel que fa a l'estructura es divideix en tres grans parts: la pinya, el tronc i el pom de dalt.

La pinya: La pinya és el nom genèric amb el qual es coneix la base del castell. Aquesta està formada pels castellers que envolten, arran de terra, el tronc. Té dues funcions bàsiques: per un costat és una estructura que dona suport als pisos baixos i segons, per l'altre

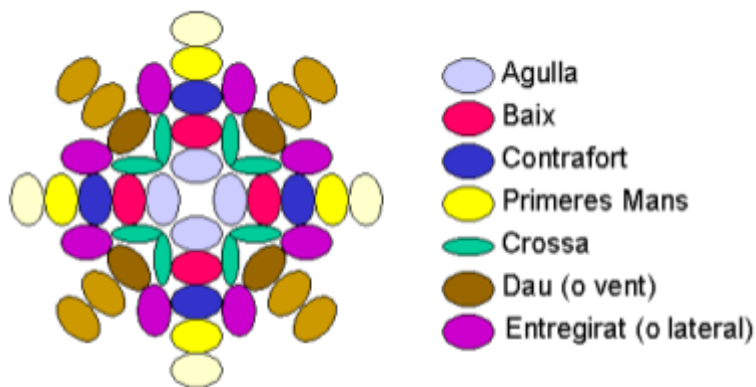


Fotografia 5: Parts d'un castell



funciona com una mena de matalàs de seguretat en cas d'una caiguda, ja que impedeix que els castellers caiguin directament a terra i a més, fa que la caiguda sigui més suau. La pinya té una estructura que és més complexa del que aparentment sembla, i sobretot està perfectament organitzada pel que fa al nombre de castellers que en formen part, la manera que es col·loquen i la funció que fan.

Es divideix en diverses parts, que reben diferents noms segons la localització i la funció dels membres que la componen:



Fotografia 6: Parts de la pinya
<https://usuaris.tinet.cat/torraire/castells/estruct.htm>

Agulla: Evita que el baix es tanqui i suporta els genolls del segon amb les mans perquè no es plegui.

Baix: És el pilar fonamental del tronc d'un castell. És qui sosté la càrrega principal i garanteix l'estabilitat de tota la construcció, tant en l'àmbit

físic com simbòlic.

Contrafort o Home del darrere: Ajuda al baix a mantenir la seva posició des del seu darrere, impedit que l'estructura del castell s'obri.

Primeres mans: Estan situades després del contrafort i ajuda al segon a suportar pes agafant-lo des del darrere.

Crosses: Es situen a cada banda del baix i l'ajuden a suportar tot el pes encaixant les seves espatlles per sota de l'aixella d'aquest.

Dau: Impedeix el moviment lateral del castell situant-se entre crossa i crossa.

Lateral: Es situa darrere de cada crossa per tal de donar suport lateral al segon.



La resta de la gent, que no té un lloc determinat a la pinya, dona suport a aquests castellers i es van situant darrere d'ells progressivament fins que es forma tota la pinya amb forma de matalàs rodó entorn del castell.

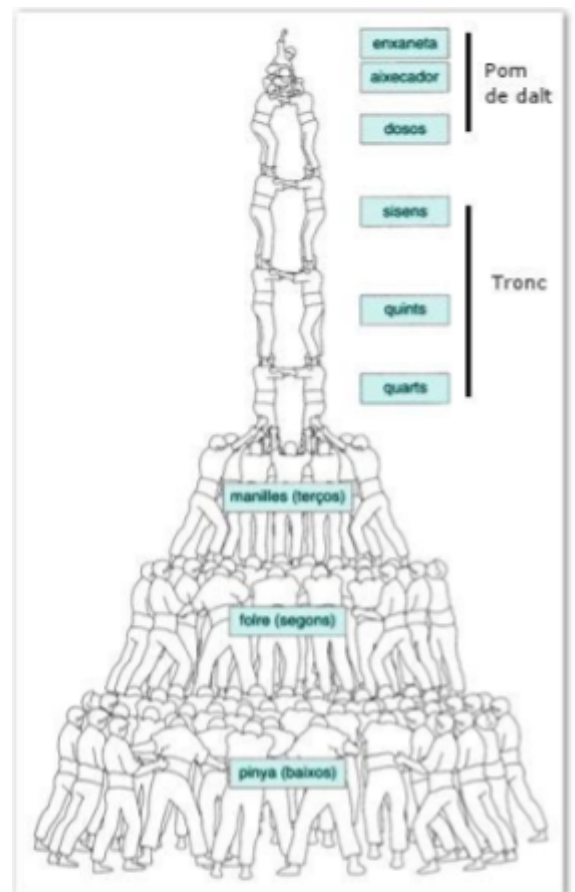
El tronc: És la part del castell que va des dels baixos fins al pis que està sota els dosos. Aquesta part defineix l'estructura del castell. Aquí, els castellers que el formen reben un nom genèric en funció del pis que ocupen: baixos, segons, terços, quarts, quintes i sisens. La regla principal dels castells és que com a mínim, aquest ha d'estar format pels baixos i segons

Cada casteller de tronc ocupa un lloc o un altre, segons les seves característiques:

Segons són els castellers que ocupen el segon pis del castell. En els castells de fins a vuit pisos, són els primers que es veuen després de la pinya i quan el castell és de nou pisos o superior, els segons tenen l'ajut del folre per afrontar el pes del castell. Aquests solen ser castellers forts i corpulents. La seva feina és aguantar el pes dels pisos superiors i evitar que el castell perdi la seva forma, i és per això que compten amb l'ajut de tot l'equip de mans que està dintre de la pinya per poder quadrar el castell abans que pugin els pisos superiors.

Terços: són la peça clau de qualsevol tronc, ja que fins als castells de vuit, són els primers castellers que no tenen cap mena d'ajut de la pinya, menys en el cas que el castell tingui manilles, sinó es el cas han de tenir molt equilibri.

Quarts: aquests castellers han de fer molta feina d'equilibri pel fet que encara porten el pis de quintes damunt. Els castellers d'aquest pis han de ser més petits pel que fa a l'alçada i menys pesats pel que fa a la constitució



Fotografia 7: Parts del tronc

<https://blogs.cpnl.cat/castelldefels/2013/05/30/ori-gen-dels-castellers/>



Quints: Aquests apareixen a partir dels castells de vuit pisos d'alçada, en aquests porten el pom de dalt sobre. Als castells de nou pisos, encara porten els sisens a sobre aquests necessiten un gran equilibri perquè s'han d'aguantar a sobre de quatre pisos sense ajuda de ningú.

Sisens: Apareixen a partir dels castells de nou pisos i són els que porten el pom de dalt a sobre i necessiten un equilibri semblant al del pis de quints i ser molt lleugers.

Setens: Aquest és el pis màxim que s'ha arribat a col·locar mai en un castell. Només apareix en els castells de 10 pisos, Necessiten un equilibri molt semblant al dels pisos de quints i sisens, ser molt àgils i pesar poc.

El pom de dalt: Aquesta part del castell és la que es situa a sobre del tronc. És la més delicada perquè hi pugen nens i nenes (**canalla**) ja que són lleugers, elàstics i pesen poc. És la part del castell formada pels tres últims pisos. Està integrat pels dosos, l'acotxador i l'enxaneta.

Dossos: Sempre són dos, excepte en el cinc, que són quatre (una parella al 3 i l'altre al 2). En el pilar, en canvi, no hi ha dosos, les seves funcions són varies: la de tancar el castell, ja que quan s'acaba el tronc adquireix una progressiva forma piramidal; i la d'aguantar l'acotxador i la passada de l'enxaneta.

Acotxador/Cassoleta: És el casteller més petit que integra el castell. Això passa perquè, si l'acotxador fos més gran que l'enxaneta, aquesta tindria problemes per poder fer la travessada i als dosos els costaria molt més aguantar l'estructura. L'acotxador de ser molt hàbil, lleuger i ràpid/a a part fa la posició més curiosa i podríem dir que difícil també de tots els castellers, ja que s'ajup de quatre grapes sobre els dosos, i s'agafa als seus braços tot esperant que l'enxaneta passi per sobre de la seva esquena per carregar el castell.

Enxaneta: És el casteller que puja a l'últim pis del castell i el corona. Quan arriba a dalt del castell, passa les seves cames per sobre l'acotxador, recolzant els peus per sobre dels dosos. Amb una mà s'agafa als dosos i amb l'altra fa l'aleta, gest que indica que el castell està carregat. De la mateixa manera que l'acotxador, l'enxaneta ha de ser molt hàbil, lleuger i ràpid per no fer patir l'estructura del castell al qual puja.



3.2 ROLS DELS CASTELLERS

Com bé s'ha explicat anteriorment dins de cada colla hi ha diferents rols, alguns es necessita més implicació i treball i altres, com seria el meu cas, no en fa falta tant ja que no hi estic ficat dins la directiva de la colla.

Per això he hagut de fer diverses entrevistes a castellers de la colla Xiquets de Tarragona amb qüestions variades per diferenciar la seva feina, sobretot per preguntar l'evolució de la física durant els anys als castells i veure com es gestiona portar un treball important dins la colla.

CAP DE COLLA

Què és el que més t'agrada d'exercir aquest rol?

Veure com la colla creix, no només en els castells, sinó també en el vincle amb la gent com nosaltres ho diríem el 'caliu'. Molta gent jove entra cada any i es un goig poder veure com de generacions en generacions es van afegint més persones dins la colla.

Com sabem tu ets el cap de colla, en moments difícils de la diada, com esculls els castells?

Quan la diada es complicada, hi ha diferents factors a tindre en compte: la canalla, la colla, i els objectius marcats. Normalment, decidim tot parlant amb els caps de tronc, pinya i sobretot cap de canalla i valoro si tenim la concentració necessària com per assolir l'objectiu marcat. Si veig que el castell previst és massa arriscat, prefereixo apostar per un castell que ens doni seguretat i ens faci marxar amb bones sensacions de plaça.

Podem dir que l'èxit actual de castells com el 3 de 10 amb folre i manilles és gràcies a una evolució en el coneixement físic?

Sense cap mena de dubte. El 3 de 10 amb folre i manilles és un exemple clar de com l'evolució en el coneixement físic ha estat clau. Fa unes dècades, aquest castell era gairebé inimaginable perquè a part de no tenir gent a les colles, no hi havia prou consciència de com distribuir forces, pressions i equilibris entre tants nivells. Amb els anys, hem après a entendre millor com actuen els pesos en cada part del tronc i de la pinya, i com cal col·locar el folre i les manilles perquè el conjunt respongui de manera més estable. A això s'hi suma l'experiència, la tècnica i també el treball físic dels castellers.



PRESIDENT

Quines són les funcions principals d'un president dins d'una colla castellera?

Jo no m'encarrego de la part tècnica dels castells, com fa el Roger, sinó que tinc la responsabilitat de cuidar-me pel funcionament global de la colla. Això vol inclou gestionar la junta, coordinar temes administratius i econòmics i ser el representant oficial davant d'institucions, federacions i entitats. Un altre paper molt important es la cohesió social ja que també ajudo a resoldre conflictes interns perquè la colla sigui un espai obert i acollidor.

Com et relaciones amb la resta de membres de la colla?

Jo a part de ser el president em sento un més a la colla, toco la gralla intento ajudar tot el que puc dins la colla, però a part dels assumptes que tinc fora de coordinar temes econòmics soc com els altres, em relaciono com si no fos el president ja que a mi també m'agrada viure els castells des d'un altre punt, inclús hi ha dies que ho prefereixo.

Es pot dir que els castells són una aplicació pràctica de les lleis de Newton?

Podria dir-se que si, els castells són una aplicació viva i espectacular de les lleis de Newton. La tercera llei, la de l'acció i la reacció, és claríssima: cada casteller aguanta un pes, però alhora transmet força cap avall i cap als costats. També hi ha el concepte de força i acceleració: quan pugem un pom de dalt, cada moviment genera petites variacions d'equilibri que el tronc i la pinya han de compensar. I, finalment, el centre de gravetat és fonamental: si no està ben alineat, el castell es desmunta.

CAP DE CANALLA

Com sabem que la canalla està prou segura abans de pujar al castell?

Parlar de la canalleta es un tema molt delicat i no es fàcil ja que són nens de menys de dotze anys, alguns més grans que altres, però no deixen de ser nens. Amb ells s'ha de tenir molta atenció a l'hora de decidir qui ha de pujar ja que ells mateixos són els que han d'estar segurs si volen pujar. Abans de pujar cal tenir una



preparació física i mental, ja sigui fent proves petites i sobretot el que em transmet seguretat quan pugen es que ho facin amb un somriure.

Si algú rellisca mentre puja o no vol pujar, com s'afronta aquesta situació?

Això pot passar més sovint del que ens podem imaginar ja sigui perquè no hi ha confiança amb els nens o perquè al pujar veuen que el castell no té més opció que caure. El que fem entre el cap de colla i jo en aquestes situacions es si la canalla no es sent al 100% segura al pujar, baixem el castell i ho tornem a intentar amb un pis menys o canviant al nen o nena que no volgués pujar.



Fotografia 8: Canalla Xiquets de Tarragona

<https://www.facebook.com/photo/?fbid=10238393342002986&set=pcb.10238393514607301>

Com creus que afecta el centre de gravetat de la canalla a l'estabilitat del castell quan puja el pis més alt?

Si la canalla està ben centrada i els nens petits van just a sobre dels baixos, el castell es manté ferm, com si tinguéssim un pal vertical ben equilibrat.

Però si un nen es mou massa cap a un costat o s'enganxa malament, el centre de gravetat marxa cap a un costat i tot el castell comença a tremolar. Per això m'asseguro que la canalla s'aguantí bé, tinguin els braços i les cames ben col·locades, i que cada nen estigui en el lloc on el seu pes ajuda a equilibrar tota l'estructura.

CAP DE PINYES

La primera pregunta es molt bàsica i suposo que te l'hauran fet més d'un cop, però com decideixes qui va a cada lloc dins de la pinya per mantenir-la estable?

Es una pregunta que com tu has dit molta gent es pregunta com sabem qui va a cada lloc específic de la pinya. No son llocs fixos ni molt menys has d'anar mirant de



quadrar alçades, per exemple gent que tingui experiència la major part de les vegades anirà més endins, també depèn molt de la posició a la qual et refereixis. N'hi ha algunes que es necessita gent més prima i baixeta i d'altres gent més alta i corpulenta

Com ensenyes als nous de la colla a entrar i aguantar dins la pinya sense por ni errors?

La majoria de gent que vol entrar a la colla es gent que ja no pot formar part de canalla pel simple fet de son massa grans. Entren en colles d'amics i jo quan entra gent nova els incito a posar-se a la pinya, indico com s'ha de posar cadascú sobretot sempre amb el cap avall per prevenció i assaig rere assaig van aprenent a base de proves. També els més veterans de la colla els ajuden a corregir-los o els hi fan comentaris per ajudar-los

Com creus que es reparteix la pressió i la força dins de la pinya?

La pressió dins d'un castell està pensada per anar cap al centre, amb un exemple t'ho explicaré millor. Ens hem d'imaginar que la pinya és un cercle gegant, que realment és això, i el castell està al mig.

Cada persona de la pinya ha d'aportar una mica de pressió cap al castell sense abocar-se massa, llavors com que des de tots els costats es fa força cap al mig i a cada costat té una força contrària. Aquestes dues forces suposadament han de fer la mateixa pressió perquè el castell no es decanti cap a un costat



Fotografia 9: Pinya d'un castell
https://www.ara.cat/castells/pinya-mes-gran-dels-nens-colla-sarvei-poble_1_5118721.html

TRONC

Es nota molt la diferència de fer un castell de 8 a un de 9?

Sí, hi ha diferència, el problema es com l'afrontes. Un castell de 9 porta folre damunt es més inestable, es necessita molta gent i els del tronc hem d'estar més vius a l'hora de lluitar el castell. No totes les colles estan capacitades per fer un castell de 9, això és símbol d'algun factor, no et diré que son castells fàcils de fer perquè



t'estaria mentint, però gràcies a la capacitat que tenim a Xiquets poden arribar a ser un pel més assequibles.

Quin consell donaries a algú que puja per primer cop a quarts?

Gent no més alts d'1,40 poden pujar a aquest pis, però als assajos van provant a gent, normalment els nous van començant a les proves petites com castells de 7 o inclús de 8, però el consell bàsic que donaria seria no tenir pressa i no voler impressionar a ningú. Molta gent la primera vegada que puja es posa tens que al final es normal, has d'intentar fer el millor que puguis i si no surt bé el pròxim assaig millor, per això serveixen els assajos, per aprendre i millorar

Com ha evolucionat la manera de distribuir el pes i la pressió als troncs?

Abans com aquell qui diu pujava qualsevol als castells, sí que es fixaven en uns mínims com les alçades i pesos però no tan detalladament com ara. A més a més, els castells al llarg del temps han anat evolucionant s'han anat fent castells més alts, per això també s'ha tingut més en compte aquests requisits en les posicions del tronc.

CANALLA

Com es que vas voler entrar a la colla tan petit?

Els meus pares son castellers des de petits també, quan tenia tres anys vaig començar a veure castells a les places, i amb sis vaig entrar a la colla. Jo el que volia era pujar als castells i fer d'enxaneta, amb nou anys que tinc ara he fet d'enxaneta de castells de 9, que era el meu somni

Si poguessis triar, quin castell t'agradaria fer algun dia i per què?

El millor castell que he fet ha sigut el 3d9f, es un castell difícil, però m'agradaria fer el 7d9f, es un castell molt difícil que no aniria d'enxaneta perquè seria massa gran, però d'aquí a uns anys podria anar a un altre pis, com per exemple a sisenes. M'agradaria fer aquest castell perquè es un castell que la colla no ha fet mai i si assagem molt es pot arribar a aconseguir.



FOLRE/MANILLES

Com s'estructura un folre o unes manilles d'un castell?

Ens hem d'imaginar que posem una pinya damunt de la mateixa pinya la seva estructura és similar a la de la pinya, però menys compacta i més reduïda. La nostra feina es reforçar el pis de segons i ajudar el pis de terços. A les rengles de mans s'hi afegeix un casteller anomenat “escaleta” que fa la funció d'ajupir-se per facilitar la pujada sobre el folre als castellers del tronc i la canalla. En altre cas les manilles son una part d'alguns castells que reforcen el pis de terços i ajuden el pis de quarts. Actuen com una tercera pinya situada sempre sobre del folre

A partir de quins castells s'hi posa folre o manilles?

Es poden trobar en castells de diferents tipus: pilars, dosos, tresos, quatres, cincs, sets i nous, però només s'utilitzen a partir d'un determinat nombre de pisos en què la construcció assoleix un nivell de dificultat extrema. El castell més petit que porta folre seria el 2d8.

Com creus que la distribució del pes dels pisos superiors afecta la força que has de fer amb els braços i les cames per mantenir el castell estable?

Quan estic al folre noto tot el pes dels pisos superiors com si portés el castell sencer sobre les espatlles i els braços. No és només força bruta: has de distribuir bé el pes entre braços, cames i esquena, i ajustar-te constantment si els pisos es mouen. Un altre factor a tindre en compte es la postura que és clau, si ens recolzem bé amb els companys del folre i del tronc, la pressió es reparteix i aguantes molt més temps sense cansar-te.



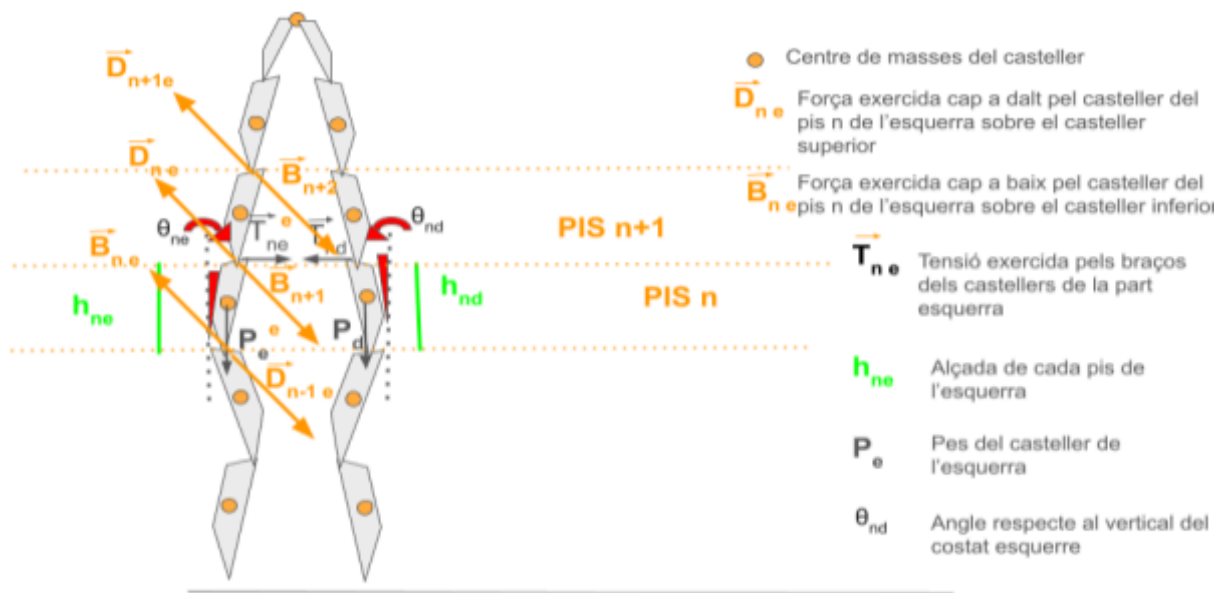
ASPECTES FÍSICS DINS ELS CASTELLS

4.1 APLICAR ELS CONEIXEMENTS DE 1r DE BATXILLERAT DE FÍSICA

El meu primer plantejament d'aquest treball era assolir i relacionar tot el temari treballat a classe durant el curs i aplicar-ho als castells, cosa que veia simple ja que als castells s'utilitza una força perquè no caiguin. Volia formular una hipòtesi en cada cas, així tenia més motivació per aplicar el mètode científic. En aquests casos volia entendre la cinemàtica, és a dir el moviment, que fa l'enxaneta en pujar, coronar i descarregar el castell, així poden plantejar una possible acceleració d'aquesta o no, fent que sigui un MRU O MRUA. Inclús intentar poder analitzar una caiguda per veure com l'acceleració va augmentant a mesura que es desmunta el castell. La dinàmica i el moment de forces explicant en què consisteixen a cada castell perquè no només s'hi aplica una força, en aquest cas volia plantejar a disminuir la força normal aplicant forces externes, i les energies potencials i cinètiques depenent de les dades posades, ja que no a totes les colles són les mateixes, volia fer un anàlisi prenent mesures reals de la colla dels Xiquets de Tarragona per calcular l'energia potencial i cinètica que té l'enxaneta a l'hora de pujar

4.2 PLANTEJAR MOMENT DE FORCES

Per començar el projecte vaig intentar buscar ajuda a algun físic a part del meu tutor que em pogués guiar per com començar a plantejar la part pràctica. Vaig tindre la gran sort de poder aconseguir una reunió amb el Roger Cabré, doctor en física, investigador del Departament d'Enginyeria, Electrònica, Elèctrica i Automàtica de la URV i també casteller, em va plantejar una primera idea sobre la part pràctica. Ens va explicar que podia començar a plantejar un estudi de forces en un 2d7 net, és a dir sense pinya. Vam fer un primer esbós de les forces que va acabar de la següent manera.



Esquema 1: Esbós de les forces a partir de la xerrada amb el doctor en Física, Roger Cabré de la URV.

Com bé es veu a l'esquema hi ha tres forces principals: la tensió exercida pels braços del casteller, les forces de contacte amb el casteller de dalt i la reacció de contacte amb el casteller de sota, també vaig implementar un angle per facilitar el procediment a l'hora de calcular. En aquesta representació no he afegit la força del pes, ja que són forces fixes un cop fixada la massa de cada casteller, completament verticals, en sentit cap avall i aplicades al centre de masses de cada casteller, ja que no contribueixen al moment de forces per passar pel centre de masses, per tant, no formarien part del primer plantejament del meu problema. Seguint aquestes pautes



Esbos 1: Força obliqua sobre el castell

veia possibilitats en el primer enfocament del Roger Cabré i una part practica entretinguda i d'interès però amb certa dificultat pels paràmetres a tenir en compte. Però per la complexitat del plantejament, tenint en compte que l'objectiu era aplicar els coneixements de 1r de BAT a física vaig considerar amb el tutor recollir només el plantejament inicial i centrar-me en aquells objectius pràctics més assequibles. Finalment, vam parlar amb el Roger Cabré sobre que era un tema massa complicat per mi, però gràcies a ell que ens va plantejar una altra situació que em va suposar de molta



ajuda per a poder plantejar una hipòtesi de la meua part pràctica del treball de recerca.

4.3. PLANTEJAMENT D'HIPÒTESI

Gràcies a la tutoria que vaig tindre amb el Roger Cabré em va fer veure que no feia falta enfocar-se en només una idea principal sinó poder aplicar tots els meus coneixements d'aquest any als castells. Per això vaig enfocar-me a formular hipòtesis més petites, però que estiguessin a l'abast per treure uns resultats realistes

4.3.2. ESTUDI DE LES FORCES OBLIQUES DE LA PINYA AMB UNA BALANÇA

Un dels objectius que tenia era estudiar les forces obliques amb una prova d'un pilar de tres amb pinya.

Aquest experiment consistia a fer un pilar de 3, que gràcies a ajudants de la colla vam aconseguir assolir, i portar una balança, la qual diria el pes que hi ha sobre ella. Aquesta diria els pesos de les 3 persones que hi ha al pilar ja que està una sobre de l'altre llavors sumaria els pesos i donaria el resultat:

Va donar 226 kg Ja que els pesos inicials eren aquests: Lluc 50 (enxaneta), Lu 71 (segon), Edu 105 (baix)

La meua hipòtesi va ser simple, volia fer que la força normal disminuís, per això hi vaig pensar a afegir unes forces externes ja que aquesta força sense afegir cap força externa seria igual a la que havia donat la bàscula, però aplicant les forces disminuiria perquè nosaltres mateixos aguantàrem part del castell. Vaig fer una prova aplicant la força amb un angle respecte a terra ja que si apliquem una força obliqua com seria l'exemple F, aquesta força té una component horitzontal i una vertical, que en aquest cas seria la que ens ajudaria a disminuir la normal. Seguidament, després d'haver agafat el pes del pilar net, vam afegir pinya al pilar, una pinya completa ja



Fotografia 9: Pilar de 3
Font prpia



que érem prou gent per poder fer un pilar amb mínim un cordó de pinya.

Havia plantejat una experimentació que era simple i fàcil d'entendre. Sense pinya només hi hauria dues forces, la normal i la seva contradictòria, el pes. Com que no hi havia cap altra força, el pes era la mateixa quantitat que la normal, però a l'hora d'afegir unes forces externes com érem nosaltres amb el simple fet de fer pinya ja fèiem que la normal no fos igual a la del pes. A la pinya ens vam posar amb un angle determinat, en aquest cas vam mesurar-ho amb una app del mòbil que consistia en un mesurador d'angles. Havies d'agafar una referència, en aquest cas vam agafar el terra, després vam enganxar el mòbil al braç fins als 45 graus respecte a terra per començar a fer les forces obliqües.

Tot aquest procés s'expressaria amb aquesta llei de Newton

PRIMERA LLEI DE NEWTON:

LLEI DE LA INÈRCIA: "Tot cos romandrà en repòs o en moviment rectilini uniforme mentre no hi actuï cap força externa resultant." Si hi ha en aquest cas dues forces a cada costat del pilar, aquestes han de ser igual ja que el pilar no es mou, per tant, una força no pot ser superior a l'altra ja que si no es decantaria cap a un costat.

La formula que faríem servir seria aquesta:

$$\sum F=0$$

On el sumatori de forces en l'eix y seria igual a 0. Com que tenim, en aquest cas, quatre forces actuant en l'eix y, s'haurien de contrarestar entre elles i el resultat hauria de donar zero. Expressat amb les forces aplicades al pilar quedaria l'equació de la següent manera:

$$N+F_y+F_{y_2}-P=0$$

Si transposem aquesta fórmula quedaria així

$$N+F_y+F_{y_2}=P$$

Seguidament, és necessari saber que aquesta força obliqua que apliquem va en diagonal, aquesta te una component tant y com x (vertical i horitzontal). La vertical es la que realment ens ajudarà a disminuir a la normal.



Fotografia 10: Representació de les forces
Font pròpia

**EXEMPLE:**

Amb la massa mostrada per la bàscula anteriorment sabem que la massa del pilar es de 226 kg, aquest número s'ha de multiplicar per la gravetat de la terra, ja que com indica la formula.

$$P = m \cdot g$$

Amb la dada que ja sabem que la gravetat de la terra es de $9,81 \text{ m/s}^2$, el pes del pilar es de 2217 Newtons

Per a poder aportar més càlculs a l'equació i fer que disminueixi la força normal hem de saber quina força apliquem els de la pinya.

Posem un hipotètic cas que els la força normal ens dona 500 Newtons, com he dit anteriorment, haurem de calcular la força obliqua que hi ha a cada costat del pilar que donaran el mateix resultat, com la calculem?

Hem d'analitzar bé el dibuix representat amb les forces que s'hi apliquen al pilar, hem tret la del pes i la normal per veure-ho més clar. La nova fletxa que s'ha afegit es la mateixa que F_y , l'hem traspasat de lloc perquè tant les forces x , y i la mateixa força que apliquem al pilar formin un triangle i ens sigui més fàcil calcular utilitzant la trigonometria.



Fotografia 11: Representació de forces 2
Font pròpia

Nosaltres el que volem buscar es la F , en

aquest cas llavors hem de buscar la raó trigonomètrica per trobar la F , tenim tres dades: la força normal, en aquest cas suposem que seria d'uns 500 newtons, ja que no he pogut calcular-la per cap mitja, l'angle d'inclinació que ens indica l'aplicació mòbil, que tenim respecte a terra a l'hora de fer pinya que en aquest cas es de 45 graus i el pes calculat amb la formula.

Com que sabem que les dues forces son iguals en descartarem una de l'anterior equació formulada i quedaria d'aquesta forma:

$$N + F_y = P$$



Per poder calcular la força obliqua hem de traspasar la força normal i restar-la pel pes:

$$F_y = P - N$$

Ja amb aquesta equació podem començar a calcular, descomponent F_y i utilitzant la trigonometria per poder trobar la força obliqua

$$F \cdot \sin \alpha = P - N$$

Aïllarem la F , que expressa la força obliqua per poder acabar el càlcul

$$F = \frac{P - N}{\sin \alpha}$$

Substituïm els valors que tenim:

$$F = \frac{2217 - 500}{\sin 45} = 2428,20 \text{ N}$$

Aquest valor que hem trobat es la força una força obliqua, com que en tenim dues hauríem de dividir el número entre dos, però continuarem amb els càlculs per fer la comprovació perquè sigui raonable amb l'anterior equació l'haurem de multiplicar pel sinus de 45 ja que tornem a utilitzar la trigonometria.

$$2428,20 \text{ N} \cdot \sin 45 = 1716,99 \text{ N}$$

Aquest resultat que ens ha donat es la F_y que com a l'anterior cas l'haurem de dividir entre dos ja que son dues forces verticals que s'apliquen al pilar donaria un resultat de 858,50 Newtons. Amb aquest nombre ja podem donar la comprovació a la primera fórmula, formulada amb la 1a llei de Newton: $N + F_y + F_{y2} = P$

$$500 + 858,50 + 858,50 = 2217 \text{ N}$$

Gràcies a aquestes fórmules podrem veure com varia la força obliqua, que es la que s'aplica a un castell, amb variació de l'angle.

Finalment, amb aquests càlculs i aplicant les forces hem pogut aconseguir el resultat que volíem: disminuir la força normal i, aplicant la 1a llei de Newton s'observa com la força dels suports del tronc permet disminuir la Normal i, per tant, ajudar al qui fa de base del castell a suportar el pes de l'estructura que té per damunt.



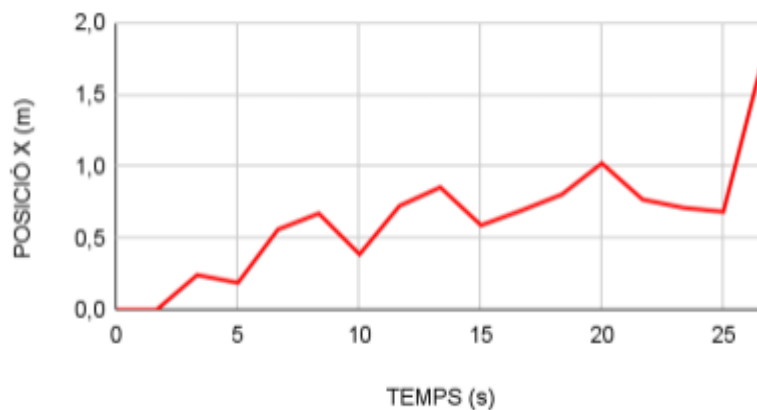
4.3.2. ANÀLISI CINEMÀTIC DEL CASTELL 2D8F

Com bé he explicat volia dins l'àmbit casteller la cinemàtica, així doncs, em vaig posar a pensar amb el meu tutor com ho podíem fer perquè es reflectís en dades el tipus de moviment que podem observar en la construcció d'un castell. Em va explicar que hi havia una aplicació dita Tracker, amb la qual podia crear una sèrie de dades que em mostraven el temps i la posició precisos (tant en x com en y) que assolía l'enxaneta en pujar i baixar d'un 2d8f. A partir d'aquestes dades vaig crear unes gràfiques a l'Excel que em van poder portar a determinar si l'enxaneta accelera o manté la velocitat constant en baixar o a l'hora de pujar.

Vaig fer quatre gràfiques les quals dues equivalen a la posició x, amb aquesta volia veure només el moviment del castell, i les altres restants a la y. Les vaig dividir en dues parts: la primera va desde que l'enxaneta comença a pujar fins que carrega el castell i la següent va des de l'aleta de l'enxaneta fins que és abaix del castell (en aquest cas del folre ja que ho he fet amb un castell amb folre).

GRÀFICA POSICIÓ X RESPECTE AL TEMPS FINS A LA CARREGADA

POSICIÓ X I TEMPS



Gràfic 1: Posició x respecte el temps durant la carregada
Font prpia

En aquesta primera es veu la posició x, que seria l'horitzontal. En aquest cas es la que menys influeix ja que l'alçada del castell seria amb la variable y, però aquesta gràfica mostra com es mou el castell horitzontalment. Vaig marcar la posició del peu de l'enxaneta cada 50 fotogrames del vídeo.

Aquesta dada no es gaire rellevant, vaig fer-ho per curiositat per veure el desplaçament de l'estructura d'acord amb el temps. Fins a la carregada es pot veure que el peu de l'enxaneta s'ha mogut uns quasi 2 metres cap a la dreta com a màxim, això indica que no s'ha mogut gaire i l'enxaneta ha pogut pujar sense problemes. Amb aquesta gràfica es pot analitzar també que com més temps es triga a pujar el castell tendeix a inclinar-se i es més

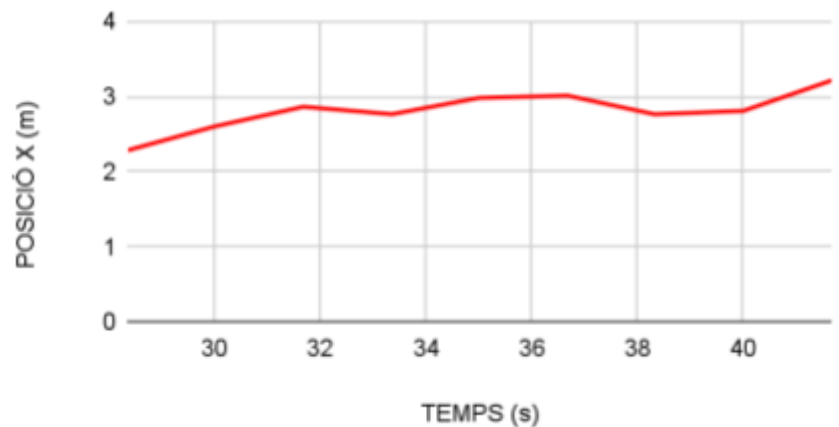


complicat mantenir l'equilibri ja que com més gent hi ha dalt, més inestable es i més es mou.

GRÀFICA POSICIÓ X RESPECTE AL TEMPS FINS A LA DESCARREGADA

En aquest altre cas l'enxaneta ha fet la passada i ha coronat el castell, com es pot veure a la gràfica parteix d'una posició de 2,284 metres ja que la passa que fa l'enxaneta al carregar el castell fa que comenci en aquesta posició. A la gràfica es veu que la posició no varia tant com a l'anterior ja que la descarregada es més suau que quan es puja fins dalt. Inclús es pot veure en el punt final que augmenta la distància, ja que l'enxaneta arriba al folre i ha de baixar del castell.

POSICIÓ X i TEMPS

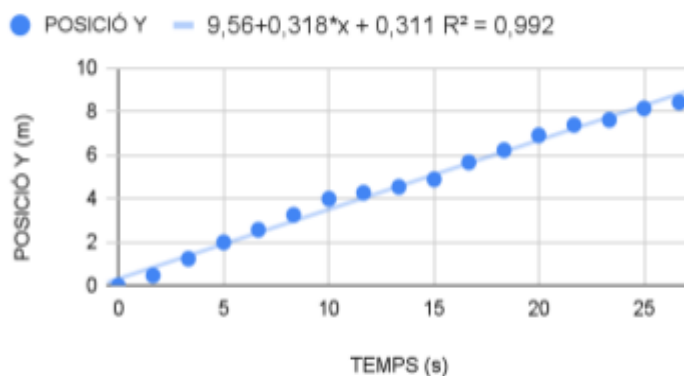


Gràfic 2: Posició x respecte el temps durant la descarregada
Font pròpia

Les següents dues gràfiques son de la posició y, és a dir l'alçada que agafa l'enxaneta a l'hora de pujar al castell. Com bé he explicat les he dividit en dues, una en la carregada i l'altre a la descarregada.

GRÀFICA POSICIÓ Y RESPECTE AL TEMPS FINS LA CARREGADA

POSICIÓ Y i TEMPS



Gràfic 3: Posició y respecte el temps durant la carregada
Font pròpia

Aquesta primera son els primers 26 segons fins que fa l'aleta la qual es pot veure que l'alçada cada vegada incrementa fins als 8,40 metres que es l'alçada del castell. Aquesta gràfica a l'hora d'estar mirant el valor de y, podem dir que en un futur descendirà ja que sabem que l'enxaneta pujarà i tornarà a baixar. L'equació que es veu a la



gràfica indica l'equació de la recta. En aquest cas m'indicava aquesta equació $y = 9,56 + 0,318 \cdot x$ la qual el primer nombre indica el valor inicial, és a dir quan $x=0$, i el segon indica la velocitat constant. Encara que el moviment real no sigui estrictament uniforme, la recta dona una idea de la velocitat mitjana. El tercer valor que va juntament amb la R no forma part de l'equació, és el coeficient de determinació, que indica com de bé s'ajusta la recta a les dades. Aquestes dades em va poder proporcionar resumir el comportament general, posició inicial i velocitat mitjana, i et permet avaluar si cal un model més complex. És una manera ràpida i simple de quantificar el moviment sense complicar-te amb termes d'acceleració, friccions, o corbes complexes.

GRÀFICA POSICIÓ Y RESPECTE AL TEMPS FINS A LA DESCARREGADA

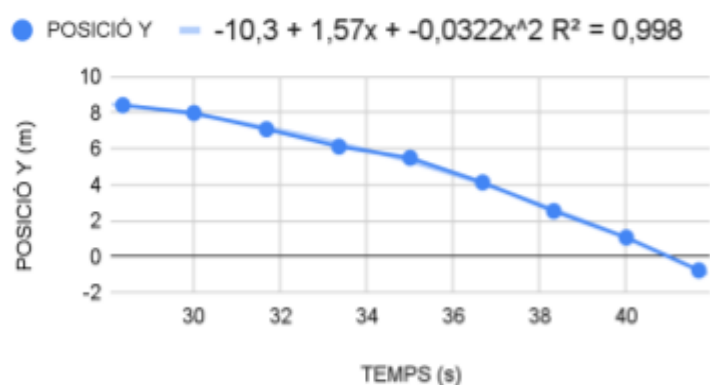
En aquesta segona gràfica a diferència de la primera aquest cas va en negatiu ja que l'enxaneta baixa el castell i l'alçada cada vegada es menor. També es pot veure que en els deu segons la posició de y es zero, en canvi, a la primera gràfica l'enxaneta ha recorregut el mateix espai en una mica més del doble que a la descarregada. Gràcies a l'opció que hi ha als fulls de càlcul vaig poder veure si el desplaçament s'aproximava a un MRUA. Cada vegada que la línia de tendència marcava més a prop d'1 significava que estava més a prop del moviment rectilini uniforme accelerat. En aquest cas aquesta gràfica va donar un molt bon resultat per analitzar el MRUA.

$$y = -10,3 + 1,57x - 0,0322x^2$$

A l'equació x correspon al temps.

El primer número torna a indicar la posició inicial on es trobava l'enxaneta al temps zero, el segon terme indica la velocitat al començament del moviment i finalment l'últim nombre elevat a 2 indica l'acceleració, com que en aquest cas es negatiu indica que la velocitat disminueix en el temps. Aquesta equació em permet calcular posició, velocitat i acceleració en qualsevol moment, no només una velocitat mitjana.

POSICIÓ Y/TEMPS



Gràfic 4: Posició y respecte el temps durant la descarregada
Font pròpia



Aquest succés donava pas a la meua hipòtesi, si l'enxaneta podia adquirir una velocitat al baixar o simplement era un MRU i pujava amb la mateixa velocitat que baixava. En aquest cas del 2d8f que vaig analitzar sí l'enxaneta va tenir una velocitat on disminuïa durant la descarregada. Com que amb la segona gràfica vaig aplicar l'equació polinòmica, que em donava un coeficient de grau 2 podia calcular amb més precisió la si la velocitat era constant o no en base de l'acceleració. Aleshores vaig arribar a la conclusió que l'enxaneta disminuïa la velocitat a la descarregada ja que l'acceleració em donava un terme negatiu. Encara que aquesta hipòtesi que em vaig formular pot semblar poc útil i sense finalitat, vull explicar que no sempre es baixa amb la mateixa rapidesa, ja sigui perquè el castell es pot arribar a complicar o pel simple fet que pugen més de pressa per la seguretat o per, Inclús pot haver-hi proves les quals pot arribar a ser més ràpida la carregada que la descarregada.

c4.3.3. ENERGIES POTENCIALS I CINÈTIQUES

Com bé hem treballat aquest any també són les energies potencial, cinètica i potencial elàstica, i en els castells també es pot calcular. En aquest cas ho farem amb dades donades per la colla dels Xiquets de Tarragona proporcionades pels caps de pinyes. Inicialment, volia començar calculant les dues primeres energies, tant la potencial com la cinètica, però al veure que a la cinètica es necessitava una velocitat em va resultar impossible. En canvi, en el cas de la potencial vaig voler començar en castells petits com es el 3d8 per veure si els càlculs eren els que m'esperava i seguidament arribar a fer un castell amb folre i manilles ja que sabia que tindria més energia potencial. Aquesta era la meua hipòtesi, veure quina diferència d'energia potencial té un castell de 8 amb comparació amb un castell de 10.

Des d'un principi vaig demanar les dades de l'alçada i el pes de tots els pisos per poder posar-me a calcular amb la fórmula:

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

On m és la massa del casteller, g és la gravetat de la terra i h es l'alçada on està el casteller.



Primer vaig posar totes les dades que m'havien proporcionat en una taula tant en el castell de 10 com el de 8. Vaig haver de fer quatre taules en aquest cas, dues pels pesos dels dos castells i dues per les alçades de cada pis, gràcies a les taules va ser molt més fàcil calcular l'energia potencial del castell

PIS	NOM DEL PIS	Nº DE PERSONES A CADA PIS	PES DEL CASTELLER (KG)	PES DEL PIS SENCER (KG)
8	enxaneta	1	25	25
7	aixecador	1	18	18
6	dosos	2	20	40
5	quints	3	57	171
4	quarts	3	62	186
3	terços	3	78	234
2	segons	3	102	306
1	baixos	3	131	393

Pes del castell de 8 amb dades de Xiquets de Tarragona

En aquest cas el castell de 8 no porta ni folre ni manilles, però hi haurem de sumar el pes i l'alçada de la gent de la pinya i finalment amb la formula de l'energia potencial es podrà fer el càlcul.

PIS	NOM DEL PIS	Nº DE PERSONES A CADA PIS	PES DEL CASTELLER (KG)	PES DEL PIS SENCER (KG)
10	enxaneta	1	25	25
9	aixecador	1	18	18
8	dosos	2	15	30
7	setens	3	41	123
6	sisens	3	46	138
5	quints	3	60	180
4	quarts	3	65	195
3	terços	3	78	234
2	segons	3	102	306



1	baixos	3	131	393
---	--------	---	-----	-----

Pes del castell de 10 amb dades extretes de Castellers de Vilafranca

Aquest castell porta folre i manilles i també com al castell de 8 haurem de sumar-li la pinya.

Seguidament, hem d'agafar les dades de l'alçada i traspasar-les al full de càlcul

PIS	NOM DEL PIS	Nº DE PERSONES A CADA PIS	ALÇADA DE PIS CAPS (M)	ALÇADA ACUMULADA CAPS (M)	ALÇADA A LA MEITAT DE CADA PIS (M)
8	enxaneta	1	0,23	8,51	7,87
7	aixecador	1	0,16	8,28	7,53
6	dosos	2	0,75	8,12	7,15
5	quints	3	1,29	7,37	6,73
4	quarts	3	1,37	6,08	5,4
3	terços	3	1,57	4,71	3,93
2	segons	3	1,57	3,14	2,36
1	baixos	3	1,57	1,57	0,79

Alçada del castell de 8 amb dades de Xiquets de Tarragona

PIS	NOM DEL PIS	Nº DE PERSONES DE CADA PIS	ALÇADA DE PIS CAPS (M)	ALÇADA ACUMULADA CAPS (M)	ALÇADA A LA MEITAT DE CADA PIS (M)
10	enxaneta	1	0,23	11,02	10,91
9	aixecador	1	0,16	10,79	10,71
8	dosos	2	0,75	10,63	10,26
7	setens	3	1,32	9,88	9,22
6	sisens	3	1,19	8,56	7,97
5	quints	3	1,29	7,37	6,73
4	quarts	3	1,37	6,08	5,4
3	terços	3	1,57	4,71	3,93
2	segons	3	1,57	3,14	2,36
1	baixos	3	1,57	1,57	0,79



Alçada del castell de 10 amb dades extretes de Castellers de Vilafranca

Amb aquestes dades podem començar a calcular amb la fórmula de l'energia potencial tant el castell de 8 com el de 10, ja que sabem que la gravetat de la terra és de $9,81 \text{ m/s}^2$.

Vaig fer una taula mostrant tots els càlculs:

PIS	NOM DEL PIS	Nº DE PERSONES A CADA PIS	PES DEL PIS SENCER (KG)	ALÇADA ACUMULADA CAPS (M)	GRAVETAT DE LA TERRA (m/s^2)	ENERGIA POTENCIAL TOTAL
8	enxaneta	1	25	8,51	9,81	2087,077 J
7	aixecador	1	18	8,28	9,81	1462,082 J
6	dosos	2	40	8,12	9,81	3186,288 J
5	quints	3	171	7,37	9,81	12363,24 J
4	quarts	3	186	6,08	9,81	11093,93 J
3	terços	3	234	4,71	9,81	10811,99 J
2	segons	3	306	3,14	9,81	9425,840 J
1	baixos	3	393	1,57	9,81	6052,868 J
	pinya	300	15000	1,57	9,81	231025,5 J
					TOTAL TRONC	287508,8 J

Energia potencial castell de 8 amb dades de Xiquets de Tarragona

Per calcular l'energia potencial total de tot el castell hauríem de sumar totes les energies de tots els pisos de tronc. Finalment ens dona un resultat en Joules

PIS	Nº DE PERSONES DE CADA PIS	PES DEL PIS SENCER (KG)	ALÇADA ACUMULADA CAPS (m)	GRAVETAT DE LA TERRA	ENERGIA POTENCIAL TOTAL
enxaneta	1	25	11,02	9,81	2702,655 J



aixecador	1	18	10,79	9,81	1905,2982 J
dosos	2	30	10,63	9,81	3128,409 J
setens	3	125	9,88	9,81	12115,35 J
sisens	3	138	8,56	9,81	11588,356 J
quints	3	180	7,37	9,81	13013,946 J
quarts	3	195	6,08	9,81	11630,736 J
terços	3	234	4,71	9,81	10811,993 J
segons	3	306	3,14	9,81	9425,8404 J
baixos	3	393	1,57	9,81	6052,8681 J
pinya	500	25000	1,57	9,81	385042,5 J
folre	63	4095	3,14	9,81	126139,92 J
manilles	27	1755	4,71	9,81	81089,950 J
				TOTAL TRONC	676553,12 J

Energia potencial castell de 10 amb dades extretes de Castellers de Vilafranca

Al castell de 10 com que hi ha folre i manilles, es pot veure en els càlculs finals que l'energia potencial és més gran que en el castell de 8. Això és degut pels simples fets:

- ☐ La pinya d'un castell de 10 te el doble de capacitat que la d'un castell de 8 només perquè l'estructura en si és més gran i necessita més gent
- ☐ El folre i les manilles del castell de 10, cosa que no existeix en el castell de 8 fa que l'estructura pesi més i així exerceixi més energia potencial tant en folre com a manilles
- ☐ Al ser un castell de 10 també un altre factor que fa que hi hagi més energia potencial en aquest, que seria l'alçada. Al mesurar 11 metres fa que a l'hora de multiplicar amb la formula el número sigui més gran

Aquests resultats dels dos castells podríem arribar a passar el que ens dona com a Joules a altres unitats com poden ser calories o wh per poder comprar-ho. Com que vaig veure interessant a comparar i convertir els joules donats tant en castell de vuit com en el de deu, vaig posar-me a buscar les equivalències en cada cas:

CALORIES



Una caloria equival a 4186 Joules, amb aquesta informació amb un factor de conversió es pot arribar a saber a quantes calories equival el castell de vuit i el de deu:

$$676553 \text{ Joules} \times \frac{1 \text{ Caloria}}{4,186 \text{ Joules}} = 161622,79 \text{ calories}$$

Amb aquest càlcul ens dona una quantitat de graus que per exemple servirien per escalfar un litre d'aigua fins a la quantitat de graus que ens ha donat.

$$287508 \text{ Joules} \times \frac{1 \text{ Caloria}}{4,186 \text{ Joules}} = 68683,22 \text{ calories}$$

En canvi, el castell de vuit ens dona una quantitat de graus més petita.

WATT·HORA

Una altra equivalència serien els watts/hora, fariem el mateix procediment d'abans, un factor de conversió sabent que 1 w·h són 3600 J

$$676553 \text{ Joules} \times \frac{1 \text{ Watt/hora}}{3600 \text{ Joules}} = 187,93 \text{ watts·hora}$$

Amb aquest resultat també podríem saber el preu en euros d'aquesta energia, passant-la a kilowatts/hora

$$187,93 \text{ watts·hora} \times \frac{1 \text{ Kilowatt·hora}}{1000 \text{ Watts·hora}} = 0,187 \text{ kWh}$$

Tenint en compte que el kWh actualment està a 15 cèntims, equivaldria a què l'energia d'un tres de deu val 2,8 cèntims. Amb els càlculs finalitzats podem arribar a la conclusió que dona pas a trobar una resposta vàlida a la meua hipòtesi: el castell de 10 té més energia potencial que el de 8

4.3.3.1. COMPARACIÓ D'ENERGIA POTENCIAL AMB PUNTUACIÓ DELS CASTELLS

Tenint aquesta comprovació d'una hipòtesi que principalment el resultat més elevat es decantava cap al castell de deu pisos, volia calcular l'energia potencial de cada persona en aquests castells i veure si hi ha relació amb la puntuació del concurs de castells.

Mirant la puntuació del següent any 2026 es pot veure que com més difícil es el castell més punts val, factor que sempre ha sigut així, per això volia veure si l'energia potencial tenia alguna relació amb aquests punts. Per aquesta raó vaig dividir el resultat, que m'havia donat en Joules, de l'energia potencial del castell de deu entre les persones implicades al castell. Obtenint un resultat final de 1100



Joules per persona, seguidament vaig comprovar la taula de puntuació i vaig arribar a la conclusió que al castell de deu valia tres vegades més que el resultat de l'energia potencial que fa cada persona.

En canvi, vaig calcular l'energia del castell de vuit ja que eren els dos castells on tenia totes les dades, el resultat d'energia potencial per persona era de 901,28 Joules. Comprant-ho amb la puntuació aleshores sí que el resultat estava més a prop als punts atorgats a aquest castell: 970. Aquestes dues comprovacions fan veure que no habitualment l'energia potencial per persona estarà relacionada amb la puntuació i dificultat de cada castell. Però no puc afirmar aquesta conclusió ja que només he pogut comparar dos castells.

Amb aquests càlculs també es pot veure que la diferència d'energia potencial per persona en els castells de deu i el de vuit, no son gaire altes, aquest fet es a causa que com s'ha demostrat abans l'energia del castell de deu sempre serà superior a la del castell de vuit, però les persones que pugen al castell de deu seran més de les que pugen al castell de vuit. Això fa veure que el número que hi haurà al numerador a l'hora de dividir en el cas del castell de deu serà un número molt gran, però el divisor també serà més gran en comparació al castell de vuit. De manera que les energies potencials per persona no deuen variar gaire en totes les gammes de castells, exceptuant castells els quals sí que l'energia potencial serà diferent pel simple fet que son castells molt alts, però hi va menys gent en cas dels desfolrats o castells amb puntals que hi va més gent del que és habitual

5. CONCLUSIONS

Primerament, gràcies a haver tingut recursos necessaris per descobrir part de l'història dels castells, hem pogut veure també com ha evolucionat la física en aquest àmbit al llarg del temps i com podrà evolucionar durant els pròxims anys a partir del desenvolupament de les noves tecnologies.

Partint d'una base de física i sent casteller he acabat amb unes conclusions a les meves hipòtesis, he pogut aplicar alguns dels coneixements que hem consolidat a la física de 1r de bat. Quant al moment de forces he pogut plantejar un croquis de com es veuen les tres forces aplicades al tronc d'un castell: tensió exercida pels braços, força de contacte amb el casteller de dalt i la reacció de contacte amb el casteller de sota. A partir d'aquest punt vaig intentar entendre tot el que em va explicar el físic Roger Cabré, cosa que em va resultar difícil ja que era un tema molt extens i amb



dificultats, aleshores fent la xerrada he aconseguit introduir-me a la física de 2n de batxillerat i gràcies a l'esquema de les forces es pot transmetre tot el que ens va ensenyar el professor Cabré.

Seguidament, vaig poder treballar amb les forces obliqües a partir d'un experiment que no va resultar gaire complex. Plantejant la primera llei de newton vaig poder fer tots els càlculs necessaris per aconseguir el que volia. La meua hipòtesi va ser resolta ja que formulava que si aplicàvem forces obliqües al pilar la normal disminuiria, també la força que calculem varia d'acord amb l'angle que tinguem.

A continuació vaig fer un anàlisi del castell 2d8 amb folre amb una aplicació per tractar d'un altre tema: la cinemàtica. Vaig analitzar primerament el vídeo i a partir d'aquest vaig fer quatre gràfiques indicant la posició respecte al temps, a partir d'aquí vaig anar analitzant com quedaven les gràfiques a partir de les dades recollides i plantejar si hi havia una variació de velocitat a l'hora de baixar. Amb la pàgina de fulls de càlcul finalment vaig poder implementar una opció de línia de tendència. En aquesta s'hi podia veure que a les gràfiques no tenien una tendència constant és a dir que no creixien ni disminuïen de forma constant.

Finalment, vaig treballar també l'energia potencial en aquest cas, plantejant-me dos castells un més fàcil i l'altre més complex i veure quin tenia més energia potencial, calculant-ho amb dades reals proporcionades per colles. El castell de deu va resultar tenir més energia potencial per diverses raons. Els resultats a aquests plantejaments vaig passar-los a altres unitats com per exemple calories o kWh. Per poder comparar-ho amb els Joules que son la unitat de mesura d'energia. Per acabar, vaig calcular l'energia potencial de cada persona a cada un dels castells per veure si tenien alguna relació amb la puntuació dels castells actual.

En definitiva, el meu objectiu principal era poder aplicar els coneixements de la física de 1r de batxillerat als castells a partir de petites proves i formulant hipòtesis, objectiu que he pogut investigar i, el més important, aconseguir treure resultats.



6. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

Andrés, G. (2024, agosto 19). *La pinya més gran dels Nens: una colla al servei del poble*. Ara.cat.

https://www.ara.cat/castells/pinya-mes-gran-dels-nens-colla-servei-poble_1_5118721.html

Servei Local de Català de Castelldefels. (s/f). Cpnl.cat. Recuperat el 15 d'octubre de 2025, de <https://blogs.cpnl.cat/castelldefels/2013/05/30/origen-dels-castellers/>

De la taula de puntuacions, E. C. de C. 2026 C. E. P. de L. C. P. M. L. (s/f). *El Concurs de Castells 2026 canviarà els punts de les construccions però mantindrà l'ordre de la taula de puntuacions*. Concursdecastells.cat. Recuperat el 15 d'octubre de 2025, de <https://www.concursdecastells.cat/el-concurs-de-castells-2026-canviara-els-punts-de-les-construccions-pero-mantindra-lordre-de-la-aula-de-puntuacions-noticia>

Estructures. (s/f). Tinet.cat. Recuperado el 15 d'octubre de 2025, de <https://usuaris.tinet.cat/torraire/castells/estruct.htm>



Precio de la tarifa de luz por horas HOY. (s/f). Tarifaluzhora.es. Recuperado el 15 de octubre de 2025, de <https://tarifaluzhora.es/>

Virgili, U. R. i. (s/f). *L'energia potencial dels castells*. Castells de ciència. Recuperado el 15 de octubre de 2025, de <https://castellsciencia.urv.cat/ca/articles/7/l-energia-potencial-dels-castells>

c5480d7a. (2023, agosto 17). - *xiquetsdetarragona.com*. xiquetsdetarragona.com. <https://www.xiquetsdetarragona.com/>

Wikipedia contributors. (s/f). *Castell*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Castell&oldid=167633808>

RevistaCastells.cat. (s/f). Revistacastells.cat. Recuperado el 15 de octubre de 2025, de <https://revistacastells.cat/>

La Xarxa+. (s/f). Laxarxames.Cat. Recuperado el 15 de octubre de 2025, de <https://laxarxames.cat/home>

Tracker Online. (s/f). Github.io. Recuperado el 15 de octubre de 2025, de <https://opensourcephysics.github.io/tracker-online/>

YouTube. (s/f). Youtu.Be. Recuperado el 15 de octubre de 2025, de <https://youtu.be/wkbSSvnVBqU?si=yipsXPDq2vZVEwjI>

Els castells de la clàssica de 8: el 3 de 8. (2017, abril 21). El fet casteller vist pel TETE. <https://tetecdb.wordpress.com/2017/04/21/els-castells-de-la-classica-de-8-el-3-de-8/>



Risc de lesió en els castellers partir del càlcul de l'energia potencial. (s/f).

Apunts.org. Recuperado el 15 de octubre de 2025, de
<https://www.apunts.org/en-pdf-XX886658198056491>

Clear cache & cookies. (s/f). Google.com. Recuperado el 15 de octubre de 2025, de

<https://docs.google.com/spreadsheets/u/3/>

7. ANNEX

FINS L'ALETA 50 FOTOGRAFES		
TEMPS (S)	POSICIÓ X (m)	POSICIÓ Y (m)
0	0	0
1,657	0	0,465
3,335	0,243	1,23
5,013	0,189	1,982
6,66	0,560	2,56
8,338	0,671	3,241
10,017	0,387	3,98
11,663	0,724	4,258
13,342	0,853	4,526
15,02	0,589	4,874
16,667	0,691	5,654
18,345	0,803	6,215
19,992	1,020	6,894
21,67	0,768	7,372
23,348	0,711	7,601



24,995	0,683	8,129
26,673	1,780	8,405

Taula 1: Dades proporcionades pel Tracker de la carregada

Font pròpia

DESCARREGADA 50 FOTOGRAFES		
TEMPS	POSICIÓ X	POSICIÓ Y
28,352	2,284	8,405
29,998	2,601	7,971
31,677	2,863	7,071
33,355	2,764	6,108
35,002	2,981	5,483
36,68	3,011	4,12
38,327	2,763	2,53
40,005	2,808	1,064
41,683	3,214	-0,76

Taula 2: Dades proporcionades pel Tracker de la descarregada

Font pròpia

VOCABULARI:

Folre: El folre és una part d'alguns castells que reforça el pis de segons i ajuda el pis de terços. Actua com una segona pinya situada sobre la soca.

Manilles: Les manilles és una part d'alguns castells que reforça el pis de terços i ajuda el pis de quarts. Actua com una tercera pinya situada sempre sobre del folre que al mateix temps està sobre de la soca

Puntals: Els puntals o ajuts, és una part d'un castell que reforça el pis de quarts i ajuda el pis de quints. Actua com una quarta pinya situada sempre sobre de les manilles, que al mateix temps estan sobre d'un folre que alhora estan sobre de la soca.

MRU: L'MRU és moviment és rectilini uniforme. Això significa que quan un objecte per exemple viatja en una trajectòria recta a una velocitat constant, tenint en compte que la seva acceleració és nul·la

MRUA: El moviment rectilini uniformement accelerat, també conegut com a moviment rectilini uniformement variat, és aquell en el qual un mòbil es desplaça sobre una trajectòria recta estant sotmès a una acceleració constant.

