

Institut Ausiàs March
Barcelona
Curs 2015 - 2016

FORÇA, EQUILIBRI, VALOR I SENY



Autores: Anna Sánchez López
Alexandra Sofronie
Tutor: Roger Company

Agraïments

Ens agradaria donar les gràcies a totes les persones que han fet possible la realització d'aquest treball.

En primer lloc, voldríem agrair a les colles castelleres que van invertir una part del seu temps en respondre al qüestionari que els vam fer arribar.

Entre aquestes colles caldria destacar els Minyons de Terrassa, que van ser els que ens van proporcionar una informació molt important per tal de calcular el límit en els castells, sense la qual hauria estat més difícil obtenir aquest límit.

D'altra banda hem de fer referència a Joan Pujol, un fisioterapeuta que ens va facilitar el seu treball, que també va ser una eina important a l'hora de calcular el límit dels castells.

Una de les altres colles que ens agradaria mencionar és la Colla de Castellers d'Esplugues, ja que ens va concedir una entrevista amb el seu cap de colla. A més ens va donar l'oportunitat d'assistir a un dels seus assajos i formar part de la pinya, cosa que ens va fer comprendre millor la seva importància dins de l'estructura dels castells.

Per últim volem agrair al nostre tutor, Roger Company, la seva implicació constant en el treball i totes les idees proporcionades per tal de perfeccionar-lo al màxim.

Índex de continguts	
1. Introducció	3
2. Què són els castells?	4
2. 1. Origen i evolució.....	6
- La Primera Època D'or.....	8
- La Decadència	9
- La Renaixença.....	10
- Segona Època D'or	10
- Època De Platí.....	11
2.2. Arquitectura	13
- Esforç i Càrrega	13
- Estructura	14
3. Arquitectura en els castells	21
3.1. L'estabilitat.....	25
4. Límits dels castells.....	27
4.1. La faixa.....	27
4.2. Resistència.....	27
4.3. Càlcul del límit	28
- Càlculs de resistència en castells límit actuals	29
- Castells inexistents. On és el límit?	31
5. Conclusions.....	36
6. Bibliografia i webgrafia.....	37
7. Annexos.....	38
7.1. Entrevista a Joan Pujades, cap de colla dels Castellans d'Esplugues.....	38
7.2. Qüestionari realitzat a les colles castelleres	43

1. Introducció

El món casteller ha sofert un apogeu en aquests últims anys degut a les estructures impressionants que s'han assolit en tan poc temps, i que han estat repetides per les diverses colles que destaquen dins aquest món.

Això ha estat possible gràcies, principalment a tres factors: la incorporació de les dones dins aquest món, les investigacions dutes a terme per tal d'entendre cada cop millor com es realitzen aquestes estructures considerades patrimoni de la humanitat, i l'evolució de les mesures de seguretat.

El primer dels factors i el més important, perquè des dels anys 80, quan els Minyons de Terrassa van incorporar a les dones dins els castells, ha estat quan s'han començat a assolir estructures d'un rang major. Això és perquè, tot i que és possible que les dones no tinguin tanta força física com els homes, tenen més agilitat i més resistència mental, factor molt important en certes posicions de la pinya en la qual els homes no aguantaven tant com ho fan les dones.

D'altra banda, aquest món ha despertat un gran interès en les persones, les quals han investigat més sobre aquest i les estructures realitzades. Això ha ajudat a entendre millor com s'aguanten, i també a trobar els seus punts febles i d'aquesta manera s'ha pogut intentar trobar solucions per tal d'intentar disminuir aquests punts febles.

Per últim, l'altra de les raons per les quals els castells humans s'han popularitzat entre la població és l'evolució que han patit entorn de les mesures de seguretat aplicades a l'hora de realitzar-los. Aquest augment en la seguretat, i per tant la disminució de les possibilitats de patir una lesió, sigui lleu o greu, ha aconseguit que la gent s'animi a inscriure's a les colles castelleres, cosa que ha beneficiat la realització d'estructures més voluminoses que necessiten una gran quantitat de castellers per a ser realitzades.

Això porta a preguntar-nos si els castells tenen un límit o si es poden construir castells de més alçada. Pel que fa a nosaltres, som escèptiques en el fet que els castells no tinguin un límit definit, per aquesta raó hem decidit fer una petita recerca sobre aquest món, molt proper a nosaltres, del qual no en sabíem gaire cosa.

Primerament hem cercat informació dels **orígens** dels castells per així poder observar la seva **evolució** al llarg de la història, i després ens hem centrat en aspectes més teòrics de l'**arquitectura** i la **biomecànica** per tal d'entendre com es poden sostenir aquestes estructures de grans dimensions.

A partir d'aquesta recopilació d'informació realitzada a partir de referències bibliogràfiques i Internet hem arribat a la conclusió que els castells sí que tenen un límit definit i partint d'aquesta hipòtesi hem intentat deduir aquest límit.

Durant la nostra recerca hem hagut d'entrevistar diferents colles castelleres de diverses categories, ja que cada colla té el seu límit en una estructura determinada. D'aquesta manera hem obtingut una informació més representativa, més general, que ens ha ajudat a calcular i determinar, amb l'ajuda d'un full de càlcul on hem realitzat unes taules per tal de poder dir on es troba el límit dels castells, si es poden arribar a desenvolupar estructures d'un rang superior a l'actual, o bé si, a dia d'avui, podem dir que el món casteller ja ha arribat al seu límit.

2. Què són els castells?

Els castells són construccions humanes formades per diferents pisos i amb una estructura definida. Queden definits per dos paràmetres: el nombre de persones que formen cada pis i el nombre de pisos de què consta. Aquests dos paràmetres són els que s'utilitzen per anomenar-los; primer de tot es diu el nombre de persones que hi ha a cada pis seguit pel nombre de pisos que té. Així, si en cada pis hi ha tres persones i hi ha set pisos el castell es dirà *tres de set*. Si porta algun complement, com *folre*, *manilles*, *agulla...*, aquest s'afegeix al final del nom. S'ha de tenir en compte que els tres últims pisos reben un nom especial i sempre tenen el mateix nombre d'integrants, però que tot i així es compten com pisos normals. Això vol dir, per exemple, que el *tres de set* tindrà quatre pisos formats per tres persones, i els tres últims, dels que parlarem més endavant¹, que no estan formats per tres castellers (Fig. 1).



Figura. 1. Pisos del tres de set²

Pel que fa l'estructura podem definir dos tipus de castells:

- **Estructura simple**, on s'inclouen:
 - El *pilar*, que està format per un sol casteller.
 - El *dos* o la *torre*, que està format per dos castellers en el *tronc* i el *pis de dosos*.
 - El *tres*, format per tres persones en la *base* i el *tronc*.
 - El *quatre*, format per quatre persones en la *base* i el *tronc*
- **Estructura combinada**, on trobem:
 - El *quatre amb pilar al mig*, format per *un quatre amb un pilar* al centre de la construcció.
 - El *cinc*, format per *un tres* i *un dos* que s'ajunta al *pilar del mig* del castell de *tres*.
 - El *nou*, format per *un tres* i *un tres de dos*.

¹ Veure pàgina 5.

² Font: El Periòdic <http://www.elperiodico.cat/ca/noticias/castellers/bon-regust-dels-castellers-cornella-seva-estrena-2360403>

D'altra banda, la tècnica ens diu com es construeix un castell, i en podem diferenciar tres tipus:

- El **normal**, que per formar cada pis els castellers pugen alhora un per cada *pilar*. Es construeix com a mínim amb *pinya* i si el castell és més alt i per això més difícil es necessitarà construir amb l'ajuda del *folre*, i altres de més alts amb *manilles*.
- El **net**, que es forma igual que el *normal* però aquest no té l'ajuda de la *pinya*, tot i que els que la formen es queden en el mateix lloc per seguretat, però sense tocar l'estructura.
- L'**aixecat per sota**, que consisteix a aixecar el castell a pes, amb la força dels braços, començant pels pisos superiors. Aquesta tècnica només s'utilitza en el *pilar aixecat per sota*, que s'aixeca i també es baixa per sota, i el *tres aixecat per sota*, que es descarrega seguint la tècnica normal.

Totes aquestes construccions les podem dividir en tres parts principals: la *pinya* o *base*, el *tronc* i el *pom de dalt* (Fig. 2).

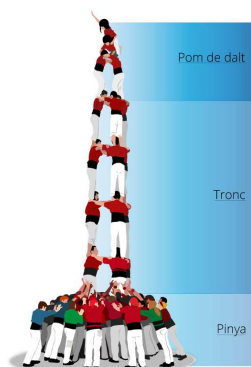


Figura 2. Parts d'un castell³

- La ***pinya*** o ***base*** és una estructura de suport als pisos de *baixos* i *segons* i alhora és com una mena de matalàs de seguretat en cas de caiguda. A més a més contraresten el pes que baixa del castell per evitar que s'obri i es deformi. Els castells també poden portar *folre* i *manilles*, una mena de *pinyes* formades per menys castellers que actuen en pisos superiors del castell.
- El ***tronc*** va des dels *baixos* fins al pis immediatament inferior als de *dosos*. Els diferents pisos estan formats pel mateix nombre de castellers i a mesura que el castell va augmentant la seva alçada els castellers són més petits pel que fa a l'envergadura i menys pesats, ja que s'ha d'alleugerir progressivament el pes. A continuació explicarem les parts del *tronc*:
 - Els ***baixos*** estan formats per castellers que han de suportar tot el pes del castell realitzat. Estan a l'altura de la *pinya*.

³ Font: Web España Fascinante <http://espanafascinante.com/eventos/castellers/>

- Els segons estan formats per castellers situats en el segon pis que han d'aguantar el pes dels pisos superiors i evitar que el castell no perdi la forma. Són un dels punts més importants del castell.
- Els terços han de combinar a la perfecció la força, l'equilibri i la resistència perquè no reben l'ajut de la *pinya*. En els castells *folrats* reben ajuda però no és tan sòlida com la que pot donar la *pinya*.
- Els quarts estan situats en el quart pis i en els castells formats per *folre i manilles* reben l'ajut de *l'equip de mans* de les *manilles*.
- Els quints ocupen el cinquè pis a partir dels castells de vuit pisos, i ja no reben l'ajut de cap mena de casteller.
- El **pom de dalt** està constituït pels últims tres pisos i els seus integrants reben el nom de "*canalla*". Està format per:
 - Els dosos, que són dos castellers que ocupen l'avant penúltim pis.
 - L'aixecador, que ocupa el penúltim pis i es col·loca a quatre grapes sobre els *dosos*.
 - L'enxaneta, la persona que puja a l'últim pis i corona el castell. Quan arriba a dalt ha de fer amb una mà *l'aleta*, o sigui aixecar el braç i mostrar que el castell està carregat, i a l'hora de descarregar ha de baixar per *pilars* diferents dels que ha pujat.

2. 1. Origen i evolució

Com diu Xavier Brotons [1], "el fet d'aixecar estructures humanes de més o menys envergadura en què unes persones pugen sobre les espatlles de les altres ha estat una activitat practicada per diverses cultures al llarg de la història de la humanitat". Els castells catalans, però, són singulars, tenen una personalitat pròpia i única, degut al desenvolupament de la tècnica al aixecar-los, el gran repertori fixat i la presència d'elements esportius en ells, ja que el resultat és totalment objectiu.

L'origen d'aquests es troba en un antic ball popular anomenat *Ball de Valencians*, i actualment es pot afirmar aquest fet per dos arguments irrefutables.

El primer és que abans de la Guerra Civil Espanyola (1936-1939), la gent dels pobles del Camp de Tarragona, del Penedès, de la Conca de Barberà i d'Urgell, anomenaven als castellers "valencians", i l'activitat de fer castells era coneguda amb el nom de "ballar", cosa que porta a pensar que en un passat no gaire llunyà aquesta activitat cultural havia estat coneguda amb el nom de *Ball de Valencians* (fig. 3).

El segon argument que ajuda a reforçar que l'origen dels castellers es troba en aquests balls populars és que fins ben entrat el segle XIX les activitats relacionades amb els castells eren anunciades com a "valencians" a les festes majors dels pobles, i que no va ser fins a la segona meitat d'aquest segle quan al Penedès apareix el denominatiu "valencians vulgo xiquets de Valls" per referir-se als castellers.



Figura 3. Representació d'un ball de valencians⁴

Els *Balls de Valencians* es duen a terme en les festes populars o en les processons i consistien en la representació, al ritme de la gralla, el timbal i la dolçaina, de diferents quadres de dansa on hi havia una figura anomenada *torreta* que consistia en l'enlairament d'una petita estructura amb un nen situat a sobre d'aquesta.

El *Ball de Valencians* més antic documentat és el *Ball de Valencians* de Bràfim, a l'Alt Camp, l'any 1687, dut a terme durant les festes de Santa Tecla. A partir del segle XVIII va expandir-se per tota Catalunya i es va convertir en un ball popular conegut per tothom i alhora va esdevenir una forma d'entreteniment en molts pobles catalans. Un exemple seria Valls, ja que durant el segle XVIII i els anteriors, en la festa major, havia estat present el *Ball de Valencians*, i el més antic conegut en aquesta localitat és el del cinc de maig de 1712, dia en què es va retornar la Verge del Lledó al seu cambril després d'haver-lo reformat.

Deponent de la població de cada localitat es feien diferents construccions, i en funció d'aquesta el *Ball de Valencians* avançava més o menys en les diferents viles. Per tant, aquest ball no ha evolucionat igual ni amb la mateixa rapidesa en tots els pobles, ja que per fer *torres* de sis pisos es necessiten més dansaires que per fer-ne de tres, igual que actualment deponent del potencial de castellers es pot arribar a fer una construcció de nou pisos, o quedar-se en una de sis. En poques paraules, l'evolució d'aquests balls depenia del personal que hi hagués i estigués disposat a participar. Això vol dir, que mentre alguns grups ja feien castells piramidals perquè el nombre de participants els ho permetia, altres seguien amb les torres que s'havien fet durant anys.

Amb el temps la *torre* va anar agafant importància a causa de la rivalitat entre les diferents colles de *valencians* per veure qui aixecava la *torre* més alta i de més dificultat, cosa que va portar a què aquestes *torres* fossin cada cop més importants dins el ball, fins a arribar al punt de separar-se d'aquest.

Però aquest procés de separació no va passar d'un dia per l'altre, sinó que va ser un procés lent i gradual. La culminació d'aquest és datada una mica abans de l'últim quart del segle XVIII. Això no significa que els *Balls de Valencians*

⁴ Font: Ajuntament de Tarragona <https://www.tarragona.cat/cultura/festes-i-cultura-popular/santa-tecla/seguici/balls-i-danses/ball-de-valencians>

desapareguessin, en comptes d'això aquests balls i els castells, molt diferents dels actuals tant en l'estructura com en la forma de bastir-los, van conviure durant anys.

L'activitat castellera es començà a practicar en uns indrets concrets de Catalunya (Alt Penedès, Baix Penedès, Alt Camp, Tarragona i Garraf) on s'arrelà amb força els primers quaranta anys del segle XIX, i sembla clar que l'especialització de *Ball de Valencians* a fer només castells va tenir lloc a Valls, capital de l'Alt Camp, per la qual cosa és anomenada "el bressol dels castells". En aquests anys es van aixecar autèntiques passions i els castells es van popularitzar fins al punt que els habitants donaven suport als castellers integrant-se en les seves *pinyes* tot i no formar part de les seves colles.

Les primeres colles de les quals es té constància són dues vallenques de l'any 1805: la dels Pagesos, capitanejada per Salvador Batet, i la dels Menestrals, el cap de la qual era Pep Batet, germà de Salvador Batet. La rivalitat entre aquestes dues colles per intentar fer els castells més alts i més difícils, va portar a aconseguir fer construccions de vuit pisos i *pilars de set* al segle XIX.

- La Primera Època D'or

Aquesta època engloba els anys que van des de 1851 a 1889, amb excepció de les Guerres Carlines, anys en què es documenta el primer i últim castell de nou pisos de l'època respectivament. Durant aquests anys els castells *carregats* no eren valorats com a assolits, pel que només es consideraven bastits els *descarregats* i no es té constància dels que només van ser *carregats*. A més, com les condicions de vida eren diferents de les actuals i no es comptava amb tants castellers, era una cosa normal que la gent del lloc on anaven a fer castells, ajudés a l'hora de construir-los.

Aquest període consta de dos moments importants per a la història castellera:

- El primer moment culminant d'aquesta època d'or és entre els anys 1852 i 1863, quan es basteixen els primers *pilars de vuit*, el primer *castell de nou pisos net*, executat per la colla vellenca a Torredembarra el 1852, i s'intenta construir el *cinc de nou*.
- El segon moment important va del 1876 al 1883, anys en què se certifiquen el *pilar de vuit*, el *quatre de nou net*, fet per la Colla Vella dels Xiquets de Valls el 1881 a Tarragona; el *tres de nou sense folre*, obra de la Colla Nova dels Xiquets de Valls, fet també el 1881 a Tarragona; i el *cinc de nou amb folre*, dut a terme per la Colla Vella a Valls el 1883. S'ha d'insistir, però, que aquestes dades són dels castells *descarregats*, ja que com s'ha dit abans, els que només s'havien *carregat* no es tenien en compte, i per tant no es documentaven.

El 1851 es documenta el primer castell de nou pisos de la història, el *tres de nou carregat* i *descarregat* pels Xiquets de Valls a Tarragona durant les festes de Santa Tecla. Gràcies a una crònica del "Diario de Barcelona" feta el 28 de setembre de 1851, podem saber que en un primer intent, els castells eren bastits sense *folre*, però que aquest va ser incorporat en veure les poques possibilitats de triomf de l'estructura.

En el 1851, 1852 i 1853 s'aconsegueixen els primers *dos de vuit amb folre*, el *tres i quatre de nou amb folre*, i el *cinc de vuit*. Però el més destacat d'aquests

anys és la documentació de castells espectaculars, com ho són el *dos de nou aixecat per sota*, el *pilar de set caminant* i el *tres de nou sense folre*.

Durant aquesta època daurada també apareixen els primers *pilars de vuit amb folre i manilles*, juntament amb el *dos de vuit amb folre*, el *cinc de vuit*, el *quatre* i el *tres de nou amb folre*, i el *pilar de set amb folre*, estructures que conformen el repertori clàssic de l'època d'or. Després de la tercera Guerra Carlina, l'activitat castelleres es reprèn amb força, tornen els grans castells, i el *pilar de vuit*, la construcció més comuna.

El final d'aquesta època és l'any 1889, quan a Vilafranca del Penedès es realitza el *tres de nou amb folre*, l'últim castell de nou pisos del segle. Això és, els castells de nou pisos desapareixen i no se'n tornarà a veure un fins quasi cent anys després, quan el 1981 la Colla Vella dels Xiquets de Valls descarreguen un *quatre de nou amb folre*.

- La Decadència

Engloba els anys del 1889, any de l'última construcció d'un castell de nou pisos, al 1926, quan apareixen noves colles a Tarragona i el Vendrell. Aquesta època es caracteritza per la pèrdua del nivell dels castells, és a dir per la pèrdua del nombre de pisos en aquests, i per la davallada en el nombre d'actuacions castelleres.

Els motius d'aquesta decadència són tant de caràcter econòmic com social. Dins el primer tipus podríem incloure:

- La despoblació del Camp de Tarragona i el Penedès per culpa de la fil·loxera, una malaltia de la vinya apareguda a Catalunya el 1879, cosa que disminuïa el nombre d'integrants de les colles.
- L'emigració industrial a Barcelona, afavorida per la construcció de la línia del ferrocarril entre Valls i Barcelona l'any 1883, que també portava a un descens en els integrants de les colles castelleres.

D'altra banda, en les causes de caràcter social, es pot parlar principalment d'un nou model festiu, que satisfieia les aspiracions de la burgesia creixent en l'època, on s'engloba l'aparició d'esports i sardanes com a activitats populars.

Els primers vint-i-cinc anys del segle XX van ser els més foscos, va ser quan va haver-hi menys activitat castelleres. El 1903 els vallencs van fer l'últim *quatre de vuit descarregat*, i el 1908 l'últim *carregat* de la dècada, fins als anys trenta que van reparèixer. A més, les úniques colles que van mantenir la flama castelleres van ser les dues colles vallenques, la Colla Vella dels Xiquets de Valls i la Colla Nova dels Xiquets de Valls, ja que les agrupacions castelleres més o menys estables tancades a la seva població van desaparèixer.

Durant molts anys els castells van ser d'un màxim de sis pisos. A Valls, els Xiquets van marcar l'imminent fi de la Decadència el 1922, quan van aconseguir el *tres i quatre de set*, el *tres de set per sota*, el *dos de sis* i el *pilar de cinc*, construccions que ja s'aproximaven als vuit pisos. I finalment al tercer decenni del segle passat, va haver-hi una revifalla que va marcar el punt final de la decadència, que havia fet perillar la supervivència dels castells.

- La Renaixença

La Renaixença dura del 1926 al 1981. Comença amb l'aparició de dues noves colles fora de la comarca de l'Alt Camp: els Xiquets de Tarragona, els quals fan la seva primera aparició per Santa Tecla, i els Nens del Vendrell, que actuen per primer cop el dia de Santa Teresa. El 1927 apareix una altra a la capital del Baix Penedès, i el 1931 a Tarragona. Això fa que reapareguin rivalitats dins la mateixa població.

Els anys abans de la Guerra Civil Espanyola, als anys trenta, es consolida la Renaixença amb l'aparició de noves colles, i la reaparició de construccions de vuit pisos, de la mà de les colles vallenques, que competien amb la tarragonina i la del Vendrell. El 1932 la Colla Vella dels Xiquets de Valls fa el primer *quatre de vuit carregat* i el primer *dos de set descarregat* de la Renaixença a l'Arboç del Penedès. I el 1933, a Vilafranca, la Colla Nova dels Xiquets de Valls descarrega el primer *quatre de vuit*, i el 1934 ells mateixos carreguen el primer *tres de vuit* a Torredembarra. Tot i això la fita màxima l'aconsegueix la Colla Nova dels Xiquets de Valls a Torredembarra, dos anys consecutius, bastint el *tres de vuit* els anys 1934 i 1935.

La Guerra Civil, tot i que durant el seu transcurs no va haver-hi actuacions castelleres, no va interrompre el creixement dels castells, és a dir, l'any 1939 les colles castelleres van reprendre les seves actuacions, i el mateix 1939 els Xiquets de Valls unificats, ja que havien estat obligats a ajuntar-se, van descarregar un *quatre de vuit* a Torredembarra, fita que més tard també va ser assolida pels Nens del Vendrell i els Xiquets de Tarragona.

Tot i que la recuperació era lenta, van aparèixer noves colles, i es van mantenir els castells de vuit pisos, a excepció del *tres de vuit* que es resistia, fins que el 1951 els Nens del Vendrell van aconseguir fer-lo i descarregar-lo.

Fins als anys 60 la trajectòria dels castells va ser irregular, ja que encara que haguessin recuperat la *torre de set*, el *quatre de vuit* i el *tres de vuit*, els costava revalidar-los cada any. Però durant la segona meitat dels anys 60 això va canviar, i és que amb l'organització del concurs Jorba-Preciados al Portal de l'Àngel de Barcelona les colles volien superar-se, cosa que també va fer augmentar l'interès pels castells, i per tant, va augmentar l'afició.

A finals de la dècada dels 60 i principi de la dels 70, hi havia una constant batalla de superioritat entre la Colla Vella dels Xiquets de Valls i la dels Nens del Vendrell, la qual havia recuperat els *pilars de sis i set*, el *cinc de vuit* i la *torre de vuit amb folre*.

Tots aquests assoliments van obrir les portes a la segona època d'or dels castells, que comença el 1981.

- Segona Època D'or

El vint-i-cinc d'octubre de 1981 la Colla Vella dels Xiquets de Valls, que ja s'havia tornat a separar de la Colla Nova, va carregar i descarregar, el dia de Santa Úrsula, un *quatre de nou amb folre* al primer intent, la primera construcció de nou pisos del segle XX, amb una diferència de 92 anys des de l'última construcció de nou pisos. A més també van completar el primer *cinc de vuit* del segle.

Aquesta època la podem subdividir en tres períodes:

- El que va del 1984-1985, on hi ha una hegemonia de la Colla Vella dels Xiquets de Valls i on hi ha un monopoli dominat per les construccions de nou pisos.
- El període de 1986-1992, quan hi ha una irrupció de la Colla Jove dels Xiquets de Valls, que per Santa Úrsula del 86 fan el primer *tres de nou descarregat* del segle.
- El de 1987-1993, on es remarca l'aparició dels Castellers de Vilafranca i els Minyons de Terrassa, i l'augment de castells de nou pisos, ja que el 1992 es van fer catorze castells de nou.

- Època De Platí

La data de referència del començament d'aquesta època és el 21 de novembre de 1993 quan els Minyons de Terrassa carreguen en el seu primer intent i per primera vegada en la història una *torre de nou amb folre i manilles*, construcció que els Castellers de Vilafranca intentaven envà des del 1989. Quasi un any més tard, el 23 d'octubre de 1994, any en què abunden les construccions de nou pisos, la Colla Vella de Valls aconsegueix descarregar per primer cop en la història aquesta mateixa construcció.

El 1995 a més que hi ha una febre *pilanera*, ja que es recuperen els *pilars* de sis i set amb folre que havien estat vint-i-cinc anys abandonats, es recupera el *quatre de vuit amb agulla* i s'aconsegueix carregar dues construccions mítiques: el *pilar de vuit amb folre i manilles* i el *quatre de nou amb pilar de set al mig*. Un any més tard, la Colla Vella dels Xiquets de Valls carrega i descarrega per primer cop en el segle XX el *cinc de nou amb folre* a finals d'octubre (fig. 4).



Figura 4. Cinc de nou amb folre. Colla Vella Xiquets de Valls. Sta. Úrsula 1996⁵

El 1997 els Castellers de Vilafranca van assolir la millor actuació fins al moment carregant un *cinc de nou*, i descarregant una *torre de nou* i un *quatre de nou*. Aquest mateix any és considerat la millor diada del moment, ja que es van aconseguir coronar tres *cinc de nou*, i el 18 de setembre els vilafranquins van aconseguir descarregar el primer *pilar de vuit* del segle. Un any més tard, va

⁵ Font: Ajuntament de Valls

<http://www.valls.cat/default.asp?carpeta=seccions/historia&web=collavella>

aconseguir bastir-se un castell inèdit fins aleshores, el *tres de deu amb folre i manilles*, descarregat per primer cop pels Minyons de Terrassa.

Un any abans del canvi de segle, s'aconsegueixen dues noves construccions no bastides en tot el segle: el *dos de vuit sense folre*, aconseguit pels Castellers de Vilafranca, i el *tres de vuit per sota*, descarregat per la Colla Vella dels Xiquets de Valls.

L'any 2000 es fan més construccions de *nou* que mai, i també més castells de gamma extra, superiors al *tres i al quatre de nou amb folre*. A partir d'aquest moment les colles castelleres, intenten superar-se i aconseguir nous reptes, com tornar a descarregar un *tres de deu amb folre i manilles*, o perfeccionar els castells que ja han aconseguit.

Aquests últims anys, el món casteller, gràcies al seu esforç i dedicació constants, ha aconseguit el reconeixement de la UNESCO que el 2010 va atorgar un valor patrimonial a l'art d'aixecar castells.

Però, quin és el límit, si és que n'hi ha algun, per a les colles castelleres? Com s'ha vist, al llarg dels anys, els castells han anat evolucionant fins a construir-se estructures inimaginables anys enrere, però actualment fins on poden arribar els castells?

Segons Pep Ribes [5], periodista i expert en el fet casteller, primer s'ha de veure l'efecte que causa un castell de l'altura i la necessitat de gent com el *tres de deu*, en les colles castelleres, i si es pot reproduir freqüentment, es podria plantejar el repte de fer castells de major altura o reintentar castells *nets* com per exemple el *tres de nou sense folre*.

El 2013 els Castellers de Vilafranca, després de descarregar el *tres de deu amb folre i manilles*, van intentar el *quatre de deu amb folre i manilles*, fins a aquell moment una construcció més fictícia que real. Però la seva actuació va demostrar als escèptics d'aquesta estructura, que en un futur seria possible, ja que van arribar fins al pis de *setens*, el millor intent d'aquest castell. I això va quedar demostrat el passat 22 de novembre quan la Colla dels Minyons de Terrassa va aconseguir no només carregar el *quatre de deu amb folre i manilles*, fita que ningú mai abans havia assolit, sinó que a més, van aconseguir descarregar-lo, escrivint així una nova pàgina a tota la història dels castells fins al moment.

D'altra banda també es parla de la possibilitat d'intentar un *quatre de deu* només amb *folre*, però Joan Sala, ex cap de colla i expresident dels Xiquets de Tarragona, no està convençut que sigui possible. Tot i això, ell mateix diu que ningú s'imaginava que es pogués aconseguir el *set de nou* i al cap de poques setmanes es va portar a cap [5].

Xevi Castellví, ex cap de colla dels Capgrossos de Mataró, diu que "el *nou de nou amb folre* tan bon punt se'l plantegi una colla podria ser molt factible" [5], ja que actualment l'alternativa passa pels castells de participació massiva. A més a més, també creu que si s'ajunten les tècniques hinduistes, que arriben als castells de nou, amb les utilitzades pels castellers catalans, es podrien arribar a fer estructures més complexes.

2.2. Arquitectura

Per poder enfocar millor el treball, hem cregut necessari introduir alguns conceptes bàsics d'arquitectura, ja que al nostre parer, els castells són similars a les estructures dels edificis, i per tant, com més coneguem d'aquestes més fàcil serà comprendre la naturalesa dels castells.

L'arquitectura és considerada un art, i és la construcció d'espais o conjunts d'espais per a l'ús i ambientació de l'home. Hi ha gent que encara distingeix entre construcció i arquitectura, i reserva aquest últim mot per a les obres amb estètica, és a dir, les més elaborades visualment.

Per poder parlar de castells s'han de saber uns conceptes bàsics de l'arquitectura, tals com els de càrrega, esforç i estructura. Així, ara explicarem breument aquests conceptes.

- Esforç i Càrrega

Els conceptes "esforç" i "càrrega" en arquitectura estan estretament lligats. La **càrrega** és una força externa que actua sobre una estructura i que, normalment, és la que ocasiona els diferents tipus d'**esforços** que són les forces internes dels elements d'una estructura ocasionades, com ja hem dit, per una càrrega que actua sobre aquesta. Aquests esforços provoquen una deformació en aquesta estructura. Així, es poden diferenciar cinc tipus d'esforços, el de tracció, el de compressió, el de flexió, el de tall i el de torsió. Amb tot, en l'arquitectura normalment només es poden observar els tres primers, per la qual cosa deixarem de banda els esforços de tall i torsió.

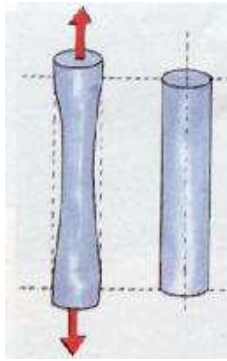
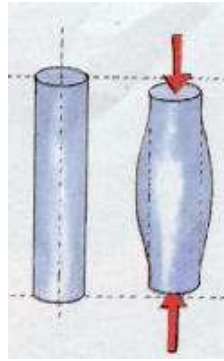
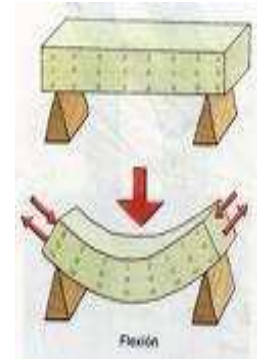
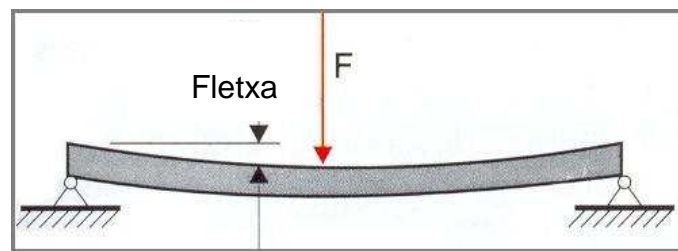
Els esforços de **tracció** (Fig. 5) són aquells en què la càrrega que actua sobre l'element tendeix a estirar-lo en el sentit de les forces aplicades, és a dir, provoca una separació entre les molècules o partícules de l'element. La deformació que pateix s'anomena allargament, i no s'ha de confondre amb la dilatació, un altre tipus d'allargament causat per altres accions com poden ser el canvi de temperatura o la humitat. Alguns exemples d'esforços de tracció són el cable d'una grua o el remolc d'un cotxe.

En els de **compressió** (Fig. 6) les càrregues que actuen tendeixen a aixafar o contraure l'element en el sentit de les forces aplicades, és a dir, les molècules o partícules s'ajunten. La deformació dels elements provocada per la compressió s'anomena escurçament, i el poden patir, per exemple, les columnes que han de suportar grans càrregues, o les potes d'una cadira.

En els esforços de **flexió** (Fig. 7) les càrregues tendeixen a doblegar l'element, i les molècules o partícules, depenent d'on estiguin s'ajunten o se separen. Aquest tipus de deformació s'anomena curvatura i es mesura amb la fletxa (Fig. 8), la distància màxima entre els punts de l'element abans i després de la deformació. Aquest tipus d'esforç és comú en les bigues dels edificis.

Els esforços els podem relacionar fàcilment amb els castells, ja que en podem trobar de diferents tipus, per exemple el de compressió a la columna vertebral, o el de flexió en la clavícula.⁶

⁶ Veure pàgina 21.

Figura.5 Esforç de tracció⁷Figura. 6 Esforç de compressió⁸Figura.7 Esforç de flexió⁹Figura. 8 Representació de la fletxa¹⁰

- Estructura

Tot el que ens envolta està sotmès a l'acció de diferents forces, ja siguin les del seu propi pes o la del pes d'altres elements. Per aquesta raó les estructures són les encarregades de mantenir la forma i suportar les accions de les forces. Es poden distingir dos tipus d'estructures: les naturals, que com indica el seu nom són les que podem trobar a la natura, com l'estructura òssia del cos humà o el tronc dels arbres; i les estructures artificials, les construïdes per l'ésser humà, com ho són les estructures dels edificis.

En el cas de l'arquitectura, l'estructura és artificial, i una metàfora comuna que s'utilitza per fer entendre millor que és l'estructura d'un edifici és dir que l'arquitectura és com si fos un cos, i l'estructura l'esquelet que fa que el cos es mantingui en peu. Tot i això aquesta metàfora només és certa a vegades, ja que és millor considerar l'estructura com la part d'una construcció que intervé quan es compensa la gravetat i es transfereixen càrregues a terra.

⁷ Font: <http://tecno.upc.edu/bt/Tema-09/esforsos.htm>

⁸ Font: <http://tecno.upc.edu/bt/Tema-09/esforsos.htm>

⁹ Font: <http://tecno.upc.edu/bt/Tema-09/esforsos.htm>

¹⁰ Font: http://www.portaleso.com/portaleso/trabajos/tecnologia/mecanica/elementos_de_maquinas/flexion.htm

Tot i que la gravetat és constant en l'arquitectura terrestre, les càrregues canvien notablement degut a factors externs com la pluja o el vent, o en funció dels materials utilitzats.

En l'antiguitat una construcció era la seva estructura però amb el pas del temps això s'ha separat, és a dir, la construcció en si ja no és l'estructura sinó que aquesta s'ha separat dels elements interiors d'un edifici. Això ha estat possible gràcies a què es disposen de més materials i processos de fabricació, la qual cosa fa que els elements estructurals d'un edifici hagin adquirit més eficàcia i capacitats, fent més fàcil la incorporació de diferents d'estructures tant en espais amples com estrets. I tot i haver embellit les estructures dels edificis, encara es pot veure la batalla entre la gravetat i l'acomodació de les càrregues en les diferents formes arquitectòniques.

Moltes estructures primitives consistien en elements en compressió; o sigui, troncs, pedres...(que amb el temps es van convertir en parets, columnes...) sotmesos a la força de la gravetat. També existien elements en tensió, cosa que feia que el material de què estava format s'estirés a causa de la gravetat. La combinació d'aquestes dues tècniques, és a dir, d'elements en tensió i compressió, ha estat un factor fonamental pel desenvolupament de formes arquitectòniques. A més per construir una estructura s'han de tenir en compte els materials, els instruments de l'arquitectura, ja que l'elecció d'aquests té un gran efecte en la forma de l'obra i la percepció del públic envers aquesta. A l'hora d'escollir un material s'han de tenir en compte tant les seves característiques intrínseques com la funció que farà. Tot i això, sempre s'ha de tenir present que la naturalesa d'un material no és totalment permanent ni immutable, sinó que la majoria de materials reaccionen, no tots al mateix grau, a la força de la gravetat o a factors ambientals com la calor o el fred. Per tant, s'ha de comptar amb aquests comportaments per poder adaptar-se a ells.

Un **sistema estructural**, igual que un castell, té uns elements bàsics, dels quals cal destacar les columnes, les bigues i els arcs. Els altres elements que podem trobar són les parets, les lloses, les estructures modernes i les diferents combinacions d'aquests.

- *Les columnes:*

Les columnes formen part de quasi totes les formes d'arquitectura, des de les estructures prehistòriques fins a les dels nostres dies. En el seu origen podríem dir que representaven una rèplica d'arbres, pel que eren quadrades i de grans dimensions, com si fossin murs discontinus, però amb el temps van anar fent-les més esveltes, ja que van veure que igualment feien la seva funció.

Les columnes i els pilars són les estructures verticals que treballen a compressió per transmetre les càrregues (Fig. 9) de l'estructura que suporten fins a terra o una altra estructura inferior. S'utilitzen sobretot en sistemes de llindes, nucli de les estructures modernes d'acer, on les llindes o bigues horitzontals reposen a sobre dels pilars o columnes.

A més d'absorbir càrregues del sostre a través dels arcs o les bigues i transferir-les verticalment a terra, proporcionen un medi perquè les persones puguin travessar un edifici.

Les columnes poden ser dividides en tres parts (Fig.10), el capitell, que és la part superior de la columna que està en contacte amb l'estructura que transfereix les càrregues; el fust, la secció llarga i estreta de la columna entre la

base i el capitell; i la base, la part més baixa de la columna que està en contacte amb el terra o amb l'estructura inferior a la que transmet les càrregues.

Són considerades un dels elements més expressius de les construccions arquitectòniques i alhora han de ser construïdes amb compte, ja que si hi ha algun error, pot suposar l'enderrocament de l'edifici.

La importància arquitectònica de les columnes a mesura que l'arquitectura evolucionava es pot veure en què a vegades s'utilitzaven com a forma de decoració, pilastres o mitges columnes, per representar l'ordre i la força que impartia en un mur.



Figura. 9 Columnes transferint les càrregues a terra¹¹

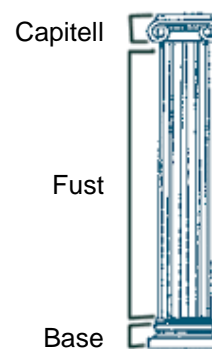


Figura. 10 Parts d'una columna¹²

- Les bigues:

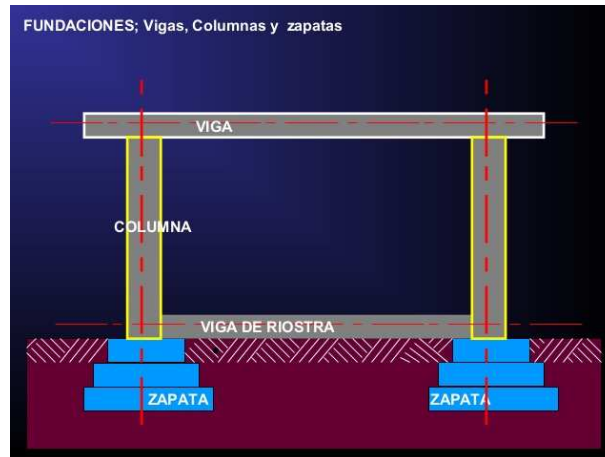
Les bigues són l'element principal d'estructura horitzontal d'un edifici. Sostenen càrregues i les transfereixen cap a baix en dos o més punts fent ús de murs i/o columnes (Fig. 11)

La majoria d'estructures tenen una jerarquia de bigues, on la biga primària és la que té contacte amb l'estructura vertical a la qual transfereixen les càrregues, i les bigues secundàries s'estenen entre elles, és a dir, són les que posen en contacte les bigues primàries.

A diferència dels murs i les columnes, que solen estar comprimides, les bigues acostumen a trobar-se en un estat de flexió. Per aquest motiu estan fetes de materials flexibles que els permeten flexionar-se sense que es trenquin. Normalment elaborades per capes laminades de fusta encolada, ja que aquest material resisteix amb més eficàcia la flexió.

¹¹ Font: Gaudi designer
http://www.gaudidesigner.com/fr/parc-guell-differentes-vues-de-la-salle-hypostyle_266.html

¹² Font: http://ken170415.blogspot.com.es/2014_11_01_archive.html

Figura.11 Biga sostinguda per columnes¹³

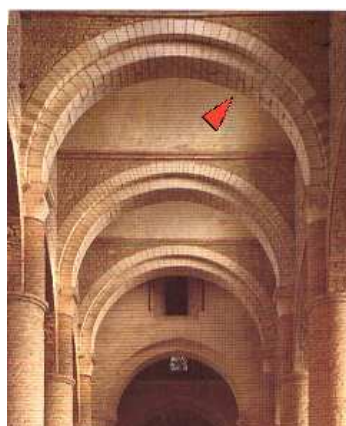
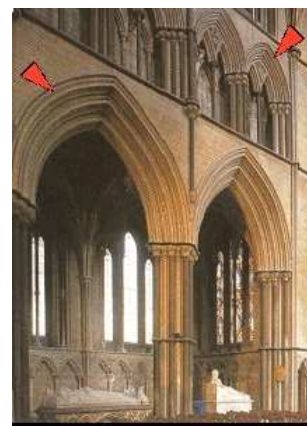
- Arcs:

D'altra banda també estan els arcs estructurals, que són considerats bigues dobles. Aquests estan completament comprimits i transfereixen les forces cap a baix mitjançant també columnes o murs.

És una estructura composta per una o més corbes, que no cal que siguin contínues, sinó que també poden ser diverses corbes que es creuin o fins i tot poden ser arcs plans.

Podem distingir dos tipus d'arcs que, malgrat ser els més comuns, no són els únics existents. D'una banda estan els arcs de mig punt (Fig. 12), que formen una corba contínua sense pics. El més senzill d'aquest tipus és el que és semicircular, tot i que existeixen altres arcs de mig punt formats per corbes més llargues o per diferents corbes que es creuen.

D'altra banda estan els arcs ogivals (Fig. 13), formats per dues o més corbes que es creuen en un eix central. Aquest tipus d'arc són un element fonamental de l'arquitectura gòtica i islàmica, ja que permet crear estructures més altes amb suports més fins.

Figura. 12 Arc de mig punt¹⁴Figura. 13 Arc ogival¹⁵

¹³ Font: slideshare <http://es.slideshare.net/karlosabreu/dibujo-2do-lapso-para-4-to-mas-luz-obj-5>

¹⁴ Font: Xtec <http://www.xtec.cat/cda-monestirs/patrinost/romanic/cat/rc2.htm>

¹⁵ Font: Xtec <http://www.xtec.cat/cda-monestirs/patrinost/gotic/cat/gc2.htm>

- *Parets:*

Són de fàcil construcció i es poden construir tant murs amples com estrets i rectes. És un mètode eficient per transferir càrregues del sostre a terra i també en la separació d'espais.

- *Lloses:*

Com ens diu el llibre d'Andrea Smicht [6], les lloses són l'element estructural més omnipotent i subestimat.

Formen les superfícies horitzontals predominants en un edifici, i sovint s'utilitzen com a sostres i terres.

Les lloses són considerades bigues llises i expansives, tot i que no només s'estenen entre les columnes, sinó que també estableixen els murs amb els quals estan en contacte i sostenen grans càrregues vives, majoritàriament persones, mobles i vehicles. A més d'aquestes càrregues les lloses també han d'arribar a suportar els elements meteorològics als quals pot estar sotmès un edifici tals com la pluja, el vent o la neu.

- *Estructures modernes:*

Les propietats estructurals d'alguns materials com el formigó, l'acer o altres materials moderns han fet possible que els edificis ja no estiguin limitats per les plantes i alçats tradicionals i es puguin construir amb qualsevol forma, sempre amb l'ajuda de softwares de disseny. Així actualment podem trobar edificis amb formes ondulades (Fig. 14), desconstructives (Fig. 15) o irregulars (Fig. 16) gràcies a les propietats i característiques d'aquests materials.



Figura. 14 Estructura ondulada- Casa Milà Barcelona¹⁶



Figura. 15 Estructura desconstructiva¹⁷



Figura. 16 Estructura irregular- Guggenheim Bilbao¹⁸

¹⁶ Font: <http://zobaczzone.pl/hiszpania-2/barcelona/casa-mila-kamieniolom-gaudiego-w-barcelonie/>

¹⁷ Font: http://moleskinearquitectonico.blogspot.com.es/2009_04_01_archive.html

¹⁸ Font: Guggenheim Bilbao <http://www.guggenheim-bilbao.es/el-edificio/>

- *Híbrids:*

Aquestes estructures són les que resulten de la combinació de dues o més estructures de les abans esmentades, on podem destacar les voltes.

Les voltes (Fig. 17) són considerades arcs desplaçats sobre l'eix central, i des de l'arquitectura gòtica, moltes voltes consisteixen en una sèrie d'estructures arquejades que convergeixen en un centre. Igual que les càmeres, requereixen ajuda per transferir les forces radials diagonalment cap a baix.



Figura.17 Volta¹⁹

Amb l'evolució dels materials es poden utilitzar tant en voltes com en estructures similars, elements que suporten la tracció, com cadenes, barres de ferro o cables, per unir els costats oposats de forma que resisteixin impulsos exteriors i mantinguin l'estructura unida des del mig.

De la mateixa manera que podem trobar estructures que deriven de les principals, també en podem trobar que vinguin de les secundàries. Un exemple seria el de la cúpula (Fig. 18), una estructura generalment hemisfèrica la forma de la qual prové de la rotació de les voltes sobre el seu eix central. Aquesta estructura serveix per cobrir espais circulars, i igual que la seva estructura predecessora necessita ajuda per transferir les càrregues.

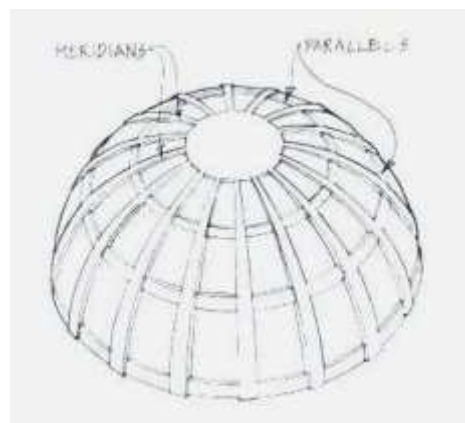


Figura.17 Cúpula²⁰

¹⁹ Font: Wikipedia https://ca.wikipedia.org/wiki/Volta_d%27aresta

²⁰ Font: <http://www.lmc.ep.usp.br/people/hlinde/estruturas/cupula.htm>

Per últim, també hi ha altres elements que ajuden a mantenir l'estructura o reforçar-la, tals com els contraforts o els arcbotants.

Els contraforts (Fig.19) són una estructura normalment feta de maons que impedeixen que un mur es bolqui. És a dir, absorbeixen algunes càrregues d'aquest i les transfereixen a terra per ajudar a què el mur aguanti. Hi ha diferents tipus, com els que s'utilitzen a les cantonades, que són dos contraforts situats a 90° en les cares contigües dels dos murs, o els contraforts en diagonal, que consisteixen en un sol contrafort situat a la cantonada on s'uneixen dos murs perpendiculars.

D'altra banda, els arcbotants (Fig.19) són típics de les catedrals, i consisteixen en migs arcs volats, que només tenen recolzament en un extrem, i ajuden a suportar el pes de grans estructures.

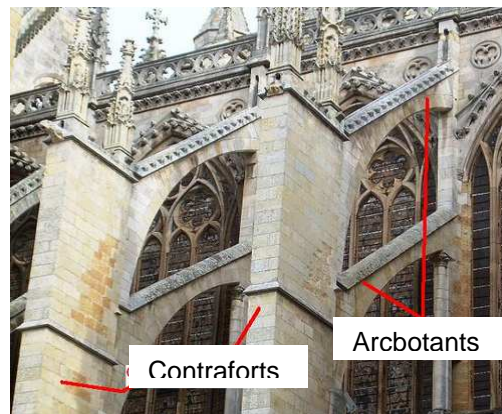


Figura. 19 Contraforts i arcbotants en una catedral ²¹

Aquest tipus d'estructures també les trobem en els castells amb el nom de *pinya*, *folre* i *manilles*. Aquestes tenen un paper molt important, perquè igual que en els edificis absorbeixen les forces per tal que no les hagi d'aguantar només un casteller, sinó que s'estenguin i el pes es reparteixi.

²¹ Font: <http://seordelbiombo.blogspot.com.es/2012/12/romanico-vs-gotico-de-los-contrafuertes.html>

3. Arquitectura en els castells

Els castells com a estructura que són, es fan tenint en compte l'acció de les diferents forces i esforços que actuen. Això, les primeres persones que van començar a fer castells no ho tenien en compte, és a dir, no tenien en compte els esforços que es feien sobre cada casteller, ni les forces que aquest havia de fer o suportar. Però actualment podem dir que els esforços que hem explicat anteriorment els podem trobar fàcilment en els castells; l'esforç de compressió afecta principalment a la columna vertebral, ja que les forces que rep tendeixen a aixafar-la i com explicarem més endavant²² la faixa té un paper molt important a l'hora de protegir la columna d'aquest tipus d'esforç. Els esforços de flexió també són comuns en els castells, i els podem trobar a la clavícula, que es doblega fins a cert punt per suportar totes les forces que té a sobre. Tot i això, aquest esforç que exerceix la clavícula té un límit²³ que no ha de superar, ja que si el supera, la clavícula pot fracturar-se o trencar-se.

D'altra banda, és possible que la gent pensi que podem comparar els castells amb l'arquitectura, i tenir aquesta en compte a l'hora de fer les estructures, però en realitat els castells humans no són totalment equiparables a l'arquitectura. Això és perquè, com diu Joan Pujades²⁴, cap de colla dels Castellans d'Esplugues, en un edifici es sap exactament quant pes aguantarà cada centímetre cúbic, amb l'arquitectura es té un coneixement empíric de la resistència de cada material, de quines seran les forces i com es propagaran. En canvi, en els castells no és empíric, pot haver-hi canvis segons el casteller, les sensacions d'aquest, pot estar l'estructura molt ben col·locada però que algú rellisqui i el castell caigui... actuen molt els factors externs i les sensacions de cada persona que forma part de l'estructura.

Tot i que no podem comparar al cent per cent els castells amb l'arquitectura, sí que podem trobar semblances en la seva estructura que ens poden recordar algunes altres estructures comunes en l'arquitectura. Ara, analitzarem les tres parts principals d'un castell, juntament amb el *folre* i les *manilles*, per veure les similituds que té amb l'arquitectura, és a dir, relacionarem les diferents parts que formen un castell amb estructures arquitectòniques.

- El ***pom de dalt***: com ja sabem el *pom de dalt* consta de tres pisos, els *dosos*, l'*acotxador* i l'*enxaneta*.
- ***L'enxaneta i acotxador***: pel que a ells respecta, no hi ha gaire cosa a dir. Aquests dos pisos són els dos últims, i per tant no han de suportar gaires forces, i pel que fa la seva estructura no és complicada: l'*acotxador* es posa a quatre grapes i l'*enxaneta* li passa pel damunt. Per tant, del *pom de dalt*, el pis més complicat, el que té més forces en joc i més esforços és el pis dels *dosos*.
- ***Els dosos***: aquest pis seria equiparable a un porter de futbol: tots els jugadors juguen amb el peu menys ells, que poden jugar amb les mans. La seva posició és diferent de la de tot el castell, tots els castellers treballen d'una manera i els *dosos* d'una altra. En el pis de *dosos* mantenir una bona posició és molt important. La diferència en aquest pis és que, independentment de quin castell s'estigui portant a terme, en el pis de *dosos* sempre hi haurà dos castellers.

²² Veure pàgina 27.

²³ Veure pàgina 27.

²⁴ Veure Annex.

Això implica que depenent de l'estructura que es realitzi, els *dosos* es col·locaran d'una manera o d'una altra (Fig.20, Fig.21, Fig. 22).



Figura. 20 Pis de dosos en una torre²⁵ Figura. 21 Pis de dosos en un tres²⁶ Figura. 22 Pis de dosos en un quatre²⁷

Com podem apreciar en la Figura 20, en una *torre* els *dosos* estan els dos col·locats en la mateixa posició, en canvi en un *tres* (Fig. 21) un té les cames obertes, una sobre cada casteller, mentre que l'altre té les dues col·locades sobre el mateix casteller. Per aquesta raó l'estructura és molt important en aquesta posició i depèn del castell que estiguin fent, ja que si fan un *quatre*, els dos *dosos* estaran amb les cames obertes (Fig. 22).

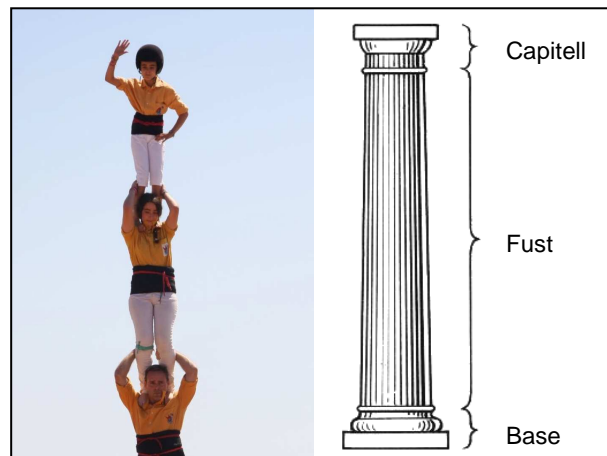
Si ens fixem en les imatges, es podria pensar que els *dosos* s'assemblen a un arc, ja que tenen la mateixa forma. Però en la realitat no és així: en els arcs existeixen les forces horitzontals i per aquesta raó es posen contraforts, per absorbir-les i que l'estructura no caigui. En canvi en el pis de *dosos* les forces que fan els castellers no són cap enfora, ja que si les fessin cap aquesta direcció, el castell s'acabaria obrint perquè els de dalt són més dèbils de braços. Les forces que fan en aquest pis són cap a baix i per tant, tot i la posició de les cames obertes, que s'han de mantenir així, que ens pot recordar a un arc, es podria dir que s'assemblen més a un pòrtic rígid, on les forces que actuen van totes cap a baix.

- En el **tronc** podem fer diverses comparacions.
- La primera i més evident, és que es pot dir que el cos dels castellers és una columna on podem diferenciar les tres parts principals d'aquestes.

²⁵ Font: <http://www.borinots.cat/Granollers-penultima-escala>

²⁶ Font: <http://blogdeassumpta.blogspot.com.es/2011/10/diada-del-mercadal-2011-trobada.html>

²⁷ Font: http://www.claror.cat/revistaclaror/article/Reportajes_Els%20castellers

Figura. 23 Comparació columna amb cos d'un casteller²⁸

En la Fig. 23 podem observar un *pilar*, l'exemple on es veu més clar que el cos d'un casteller s'assembla a una columna. Si recordem, el capitell, la part de dalt de la columna, era la que estava en contacte amb la superfície que havia de passar la força cap a baix. En el cos d'un casteller el capitell serien les espatlles. Això és perquè les espatlles són les que estan en contacte amb el casteller de dalt, el que acabarà passant la força al pis de baix. La segona part d'una columna és el fust, que transfereix la força del capitell a la base, i això és el que fa el cos del casteller, especialment la columna vertebral: transfereix la força que absorbeixen les espatlles cap a baix, per així poder-la transferir al casteller de baix. Per últim, els peus serien els que farien de base, ja que a més d'aguantar tota l'estructura, són els que passen la força cap al casteller de baix.

Aquesta estructura es va repetint al llarg de tots els pisos del *tronc* del castell, que van passant simultàniament la força que absorbeixen cap als castellers situats sota seu.

- En el *tronc*, una altra cosa que afectarà el castell és la posició dels braços. Si ens hi fixem, depenent del castell que es fa s'agafen per una banda o per una altra, (Fig. 24, Fig. 25) cada castell té la seva tècnica.

Figura. 24 Posició dels braços en un tres²⁹Figura. 25 Posició dels braços en un quatre³⁰

²⁸ http://moleskinearquitectonico.blogspot.com.es/2009_04_01_archive.html i Castellers de Badalona: <http://www.castellersdebadalona.cat/2013/07/07/3938/>

²⁹ <http://www.viumolinsderei.com/2015/03/18/els-matossers-de-molins-de-rei-estrenen-temporada-a-mollet/>

³⁰ http://www.ara.cat/castells/dia-que-colles-Tarragona-brillen_0_1436256512.html

Aquesta diferència en l'hora d'agafar-se amb els braços es deu al fet que, depenent del castell, s'ha d'intentar mantenir una forma o una altra. En el *quatre*, la forma a de ser quadrada, i agafar-se a les cames del de dalt (Fig. 24) ajuda a mantenir aquesta posició i mantenir les rengleres rectes. En canvi en els castells de *tres* mantenen els braços agafats entre ells (Fig. 23), amb els colzes aixecats. La forma dels braços en els *tres*, ajuda a mantenir la forma rodona que tenen, que no es pot deformar, ja que si ho fa, té moltes possibilitats de caure.

Per la col·locació dels braços, el *tres* és tècnicament més complicat que un *quatre*. Això és perquè és molt més complicat mantenir el colze aixecat tota l'estona, que no pas agafar-te a la persona de dalt i mantenir els braços estirats. Per aquesta raó, s'ha de tenir molta pràctica en fer *tresos*, perquè el braç es cansa, i si el colze cau, el braç baixa i el castell acaba caient.

- Continuant amb el tronc dels castells, el més complicat en aquesta part, és la col·locació dels peus, en paraules de Joan Pujades "és la clau de tot"³¹. Els peus s'han de col·locar sempre cap endavant, i amb els dits fent grapa, per tal que no es moguin. Tot i que quan es puja sembla que se'n vagi cap endavant, si no es col·loquen en aquesta posició, el que es fa és fer que el casteller que està a sota hagi d'estar amb les espatlles cap endarrere, i si les té cap endarrere, acabarà cedint a les forces, i caurà cap endarrere. Això vol dir que s'ha de tenir el tronc corbat, i això depèn de la posició dels peus.

La posició dels peus és bàsica, ja que influeix en com tindràs col·locat tot el cos, i això influirà en l'estabilitat de tot el castell. La posició idònia és tenir el tronc corbat i les cames una mica flexionades. Això és perquè si es treballa amb les cames rectes i el castell se'n va cap a un costat, la cama acabarà penjant, i per tant s'estaran passant totes les forces a una espatlla. En canvi si el casteller està amb les cames flexionades i se'n va una mica cap a un costat, és capaç d'equilibrar el pes i fer que baixi per les dues espatlles del casteller situat sota seu. Així que la posició de cada casteller és molt important: els peus cap endavant, les cames una mica flexionades però no massa, ja que si es flexionen massa, potser després el casteller s'enfonsa, i el tronc corbat per tal que el centre de gravetat sigui més estable i no es deformi el castell.

- Finalment, l'última part, i la més important d'un castell és la ***pinya***. Com s'organitzen les *pinyes* és la clau de tot plegat, com es descarrega el pes de forma uniforme, com es manté la pressió constant i com es manté la verticalitat. Depenent del castell que es faci, la pinya tindrà més elements o menys, però totes tenen els elements més importants comuns.

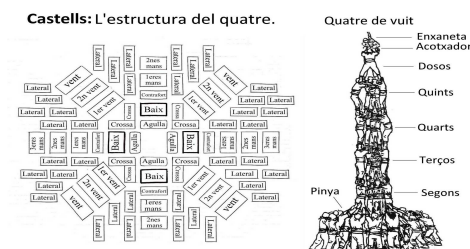


Figura 26. Estructura pinya³²

³¹ Veure Annex.

³² Font: <http://berlunes.com/fisica-castells>

Tot i que la *pinya* sembla que no tingui una estructura i sembla gent amuntegada, com podem veure en la Figura 26 les *pinyes* tenen una estructura molt complexa que serà la base de tot castell, i ajudarà a transmetre les forces, per tal que no les hagin de suportar totes els *baixos*. Dins hi trobem:

- L'equip de baixos, format pels *baixos*, els castellers que suporten tot el castell sobre les seves espatlles.
- Els *baixos tenen* l'ajuda de la crossa, que evita que aquests s'enfonsin amb el pes, i dels contraforts.

Aquests *contraforts* tenen la mateixa funció que els contraforts en les catedrals, empènyer els *baixos* per darrere per tal que amb el pes del castell aquests no se'n vagin cap enrere, cosa que seria la seva tendència natural.

- Les agulles, la funció de les quals és aguantar els genolls dels *baixos*, per si les cames els fan figa al llarg del castell, per tot el pes que han de suportar.
- Les primeres mans, que sostenen el cul dels *segons* perquè no s'acabin assegint, per la tendència de tot el pes.
- Els laterals han d'evitar que el *segon* se'n vagi pels costats.
- Els daus han de procurar evitar el desplaçament lateral dels *segons* produït per l'acció de les forces.
- La resta de la pinya que també segons un ordre estricte, van fent força cap a dins, per tal que el castell no s'obri a causa de les forces exercides, i també serveixen com a matalàs en cas que el castell caigui.

- El **folre** i les **manilles** tenen la mateixa estructura i funció que la *pinya*.

L'única diferència és que estan un pis més amunt i que no estan formats per tanta gent.

3.1. L'estabilitat

L'estabilitat d'un castell, a més de dependre de tota l'estructura, aquí esmentada, també es veu afectada a l'hora de pujar i baixar del castell. Quan es puja, a més d'afegir pes, és inevitable que es donin cops als castellers. Aquests cops, són diferents dels de baixada, ja que les forces a l'hora de carregar un castell són més acompassades i suaus, són més controlables; en canvi les de la baixada, són més descontrolades.

Quan els castellers pugen, fan el gest de tirar-se cap endavant, ja que si es quedessin en la seva posició, el que està pujant els tiraria cap enrere. Tot i això no es tiren molt cap endavant perquè sinó quan ja els ha pujat l'altre casteller no poden tornar a col·locar en la seva posició.

A l'hora de baixar el que s'ha de tenir en compte és no agafar-se a les espatlles, ja que si s'agafa a algú per les espatlles el tires cap enrere i llavors el castell cau. Per tant, per baixar, s'han d'agafar per les cames i canviar directament al pit, sense passar per les espatlles, ja que s'ha d'aconseguir que la força baixi vertical, sense fer tensions cap endavant ni cap endarrere.

Els castells de *tres* sembla que siguin els més estables, ja que a l'hora de fer-lo, l'estructura que es forma és la d'un triangle, i normalment es pensa que un triangle és una figura difícil de deformar. En canvi, si es pensa en un quadrat o qualsevol quadrilàter, ràpidament es creu que són més deformables, que poden canviar fàcilment la seva forma. Per tant, quan es pensa en els castells de *quatre* i en els castells de *tres*, es tendeix a creure que els de *tres* són més estables que els de *quatre*, però en la realitat no és així.

En la realitat, tal com ens van dir en la Colla Castellera d'Esplugues³³, els castells de *quatre* són més estables, és a dir, és més fàcil arribar a descarregar un castell de *quatre* que un de *tres*. Això és perquè en el castell de *tres*, quan un dels castellers es mou cap a un costat, és inevitable que els altres dos es moguin amb la inèrcia d'aquest. És a dir, quan un dels castellers perd l'equilibri i va cap a un costat, els castellers del seu pis el seguiran, i com a conseqüència els dels pisos superiors i inferiors també es mouran, ja que als dels pisos superiors els hauran mogut el seu punt de suport, i als dels pisos inferiors els hauran desequilibrat les forces que tenien a sobre.

Una cosa similar passa en les *torres*, si una de les dues persones que integren un pis es mou, el castell té moltes possibilitats de caure. En aquest cas és més fàcil imaginar-s'ho, ja que com els pisos estan formats per només dues persones, segur que quan una d'elles es desequilibri o faci un mal gest, l'altre es veurà afectada i també perdrà l'equilibri i llavors el castell caurà.

En canvi un castell de *quatre* és més difícil que es desequilibri. Això és gràcies a la forma quadrada que tenen aquestes estructures. Quan un casteller es mou cap a una banda, els dos castellers del seu costat tendeixen a ajuntar-se per tal de no perdre l'equilibri. Això vol dir que, els dos castellers que estan enfront mantenen l'equilibri i eviten descompensar les forces que actuen en els pisos superiors fent així que l'estructura no caigui.

Per tant, el *quatre* pot deformar-se i descarregar-se igualment, en canvi, si un *tres* es deforma, té moltes possibilitats de caure, ja que un *quatre* és totalment vertical, les seves rengles són totalment verticals, en canvi el *tres* és un castell més rodó. Així, en un *quatre*, si se't deforma una de les rengles, el castell pot continuar, en canvi en un *tres*, si una es deforma, tot el castell perd l'equilibri.

³³ Veure Annex.

4. Límits dels castells

Com nosaltres hem suposat, els castells tenen un límit. Nosaltres l'hem intentat calcular basant-nos en aspectes de la biomecànica del cos humà, com per exemple la resistència d'una persona i la funció de la faixa envers aquesta.

4.1. La faixa

Citant les paraules que diu Jaume Roset [11] “Qualsevol casteller sap que la faixa no és un element decoratiu. Sens dubte és un ajut important.” A més de proporcionar un punt d'anclatge per facilitar la pujada als castellers, els seus usos es poden classificar en tres grups: els efectes locals i els abdominals, que causen un efecte en els músculs, i els generals, que es centren en el sistema nerviós central i en el sistema cardiocirculatori.

L'**efecte local** fa referència a l'escalfament dels músculs, factor molt important a l'hora de millorar l'eficiència i prevenir lesions. Això és així perquè un augment de la temperatura de la musculatura incrementa l'arribada de sang als territoris actius i això permet que els processos metabòlics es produeixin en menys temps. Tot i això, la faixa per si sola no és capaç d'escalfar la musculatura, sinó que es necessita activitat física per tal d'aconseguir-ho. Però un cop escalfada la musculatura, la faixa sí que manté la temperatura. Per tant, podem dir que la faixa permet, sempre i quan s'hagi realitzat un escalfament previ, mantenir els músculs preparats i protegits per poder aguantar correctament la càrrega.

L'altre efecte, l'**abdominal**, té a veure amb la pressió exercida dins la panxa, la pressió intraabdominal. Quan es col·loca la faixa, apretada, comprimeix els músculs de l'abdomen cosa que augmenta la pressió intraabdominal, que si es vol incrementar més, s'han de contraure els músculs del tòrax i el diafragma, com si es volgués agafar aire. L'increment d'aquesta pressió fa que tota la zona de l'abdomen també pugui transmetre la càrrega, traient així pes a la columna, a la qual també serveix de reforç i a la qual disminueix la mobilitat. A més, com envolta part de la columna, aquesta pressió permet comprimir els discos intervertebrals, situats entre vèrtebra i vèrtebra, que són els que primer reben la càrrega. Per tant, aquesta pressió compensa les forces que actuen a la columna i que tendeixen a aplanar els discos. Amb tot, podem dir que aquests dos mecanismes ajuden a descarregar fins a un 50% la pressió de la columna [11], cosa que disminueix el risc de lesions i augmenta la capacitat dels castellers d'aguantar càrregues.

4.2. Resistència

D'altra banda, amb l'ajuda de Joan Pujol, fisioterapeuta, hem intentat fer un càlcul aproximat de quin és el pes màxim que pot arribar a suportar una persona a sobre seu. A partir del seu treball de carrera, que anava sobre la valoració i el tractament d'una articulació en els castellers de tronc, hem extret informació que ens ha portat a un article d'International Orthopedics [13] on J. Roset-Llobet i J.M. Saló-Orfila parlen d'un cas concret de fractura de clavícula. En aquest article deien que un home que practicava castells va patir una fractura de la clavícula, degut a tot el pes que havia suportat tant en els assajos com en les actuacions.

Gràcies a la llegida de l'article, hem vist que segons Harrington [14], el pes màxim que pot suportar una clavícula abans de vinclar-se està entre dos i tres cops el pes corporal d'aquesta persona. A partir d'aquí, agafem com a criteri

que una clavícula pot suportar tres cops el pes de la persona, per així poder calcular la resistència teòrica màxima d'una persona i poder trobar un límit superior. Com tenim dues clavícules, aquesta resistència serà la suma del pes que pot suportar la clavícula dreta i la clavícula esquerra, així, podem dir que una persona pot arribar a suportar sis cops el seu pes. Per tant, per calcular la resistència teòrica hem calculat primer el seu pes multiplicant la massa de la persona per la intensitat gravitatòria de la Terra a la seva superfície (9,8 N/kg), i un cop calculat el pes de la persona l'hem multiplicat per sis per tal de trobar la resistència teòrica de cadascú, expressada en Newtons.

$$\text{Fórmula: } R_T = m \cdot g \cdot 6 \text{ (N)}$$

On:

R_T , és la resistència teòrica (N)

m , és la massa de la persona (kg)

g és la intensitat gravitatòria de la Terra a la seva superfície (N/kg)

4.3. Càlcul del límit

Un cop recopilada la informació anterior hem realitzat unes taules de càlcul per tal de definir el percentatge de resistència respecte al valor màxim estimat en el qual es troba un casteller depenent del pis on està.

Per calcular aquest tant per cent hem introduït al full la massa mitjana de cada persona, que ens va proporcionar el cap de colla dels Minyons de Terrassa a partir d'un qüestionari que els vam enviar³⁴, i la resistència teòrica obtinguda amb el procés esmentat anteriorment.

També hem hagut de calcular el pes suportat per cada persona en cada pis. Per fer-ho hem escrit una fórmula al full de càlcul que consistia a multiplicar la massa del casteller que es té a sobre per la intensitat gravitatòria de la Terra a la seva superfície (9,8 N/kg) i després sumar-li el pes suportat pel casteller del pis superior a ell per tal d'obtenir tot el pes que aguanta el casteller.

$$\text{Fórmula: Pes suportat} = m_{c.s.} \cdot g + P_{s.p.s} \text{ (N)}$$

On:

$m_{c.s.}$, és la massa del casteller del pis immediatament superior (kg)

g , és la intensitat gravitatòria de la Terra a la seva superfície (N/kg)

$P_{s.p.s.}$, és el pes suportat pel pis superior al del casteller del qual estem calculant el pes suportat

A partir dels valors obtinguts hem dividit el pes suportat entre la resistència teòrica del casteller. D'aquesta manera obtenim el tant per u en el que es troben els castellers actualment. Per tal d'obtenir el percentatge hem multiplicat aquest tant per u per cent, i d'aquesta manera podem calcular el percentatge de resistència al qual es troben els castellers depenent de l'estructura que estiguin portant a terme i del pis que ocupin.

$$\text{Fórmula: Percentatge de resistència} = (P_S / R_T) \cdot 100 \text{ (\%)}$$

On:

³⁴ Veure annex

P_S , és el pes suportat pel casteller (N)


R_T , és la resistència teòrica del casteller (N)

Amb aquest percentatge calculat, ens ha estat fàcil definir un límit d'altura en els castells. Això és perquè sabem que el cos mai podrà estar per sobre del 100% de la resistència, per la qual cosa el castell límit serà aquell en què els valors de la resistència d'algun casteller siguin gairebé del 100%. Això vol dir que en el castell següent aquests valors ja hauran superat el màxim de resistència possible, i per tant, no es podrà realitzar.

Nosaltres ens hem centrat a calcular el límit dels castells de *quatre*. Això és perquè hem cregut que podríem verificar els primers resultats d'una manera més acurada, ja que són els castells dels quals s'han aconseguit més pisos, l'últim el *quatre de deu amb folre i manilles*, realitzat pels Minyons de Terrassa. D'aquesta manera podríem veure si els nostres càlculs s'aproximen a la realitat, i llavors podrem dir que el límit a què arribem està relativament a prop del límit real.

- Càlculs de resistència en castells límit actuals

- TAULA 1: Càlcul dels esforços límit de cada casteller en el 4 de 9




4d9	massa (kg)	pes suportat (N)	resistència teòrica(N)	pes sup./RT (%)
pom de dalt	106,00	0,00	6232,80	0,00
sisens	34,50	1038,80	2028,60	51,21
cinquens	47,70	1376,90	3528,00	39,03
quarts	64,00	1844,36	3675,00	50,19
terços	71,30	2471,56	4192,44	58,95
segons	86,50	3170,30	5086,20	62,33
baixos	74,70	4018,00	4392,36	91,48

En aquesta taula podem veure els percentatges de resistència en què es troben els castellers en el *quatre de nou*. Veiem que cap percentatge està per sobre del 100%, per la qual cosa s'ha pogut realitzar.

A més els percentatges que apareixen no són gaire alts, exceptuant el dels baixos, que han d'aguantar tot el castell. Això significa que si afegim més pes, els castellers el podran aguantar sense passar el límit de resistència.

- TAULA 2: Càlcul dels esforços límit de cada casteller en el 4 de 9 amb folre i manilles




4d9f	massa (kg)	pes suportat (N)	resistència teòrica(N)	pes sup./RT (%)
pom de dalt	106,00	0,00	6232,80	0,00
sisens	43,20	1038,80	2540,16	40,90
cinquens	60,00	1462,16	3528,00	41,44
quarts	62,50	2050,16	3675,00	55,79
terços	80,00	2662,66	4704,00	56,60
segons	86,30	3446,66	5074,44	67,92
baixos	74,70	4292,40	4392,36	97,72

La taula que tenim aquí dalt mostra el percentatge al qual es troben els castellers del *quatre de nou amb folre*.

Si ens fixem, podem observar que les masses en el *quatre de nou amb folre*, són superiors que en el *quatre de nou net* (Taula 1). Això és perquè com té l'ajuda del *folre* fins als *segons*, aquests poden suportar més pes, i per tant els castellers dels pisos superiors poden tenir més massa per tal de tenir més resistència.

Gràcies a aquesta podem observar que en aquest cas els castellers tampoc superen en cap pis el límit de resistència, per la qual cosa podem dir que encara es pot afegir un altre pis.

- TAULA 3: Càlcul dels esforços límit de cada casteller en el 4 de 10 amb folre i manilles³⁵



4d10fm	massa (kg)	pes suportat (N)	resistència teòrica(N)	pes sup./RT (%)
pom de dalt	106,00	0,00	6232,80	0,00
setens	40,00	1038,80	2352,00	44,17
sisens	43,20	1430,80	2540,16	56,33
quints	60,00	1854,16	3528,00	52,56
quarts	62,50	2442,16	3675,00	66,45
terços	80,00	3054,66	4704,00	64,94
segons	86,30	3838,66	5074,44	75,65
baixos	74,70	4684,40	4392,36	106,65

³⁵Aquest castell ha estat carregat i descarregat fa pocs mesos per la Colla dels Minyons de Terrassa. És el límit actual dels castells de quatre.

El que més destaca de la Taula 3 és la casella on està calculat el percentatge de resistència dels *baixos*, ja que el seu valor supera el 100% i en un principi havíem dit que la condició perquè el castell fos realitzable era que cap casteller tingués més del 100% en el percentatge, és a dir, que cap superés la resistència màxima.

Segons la taula aquest castell no es podria realitzar, però s'ha demostrat que és possible, perquè els Minyons de Terrassa van aconseguir carregar-lo i descarregar-lo el passat 22 de novembre.

Sabem que els nostres càlculs s'aproximen bastant a la realitat, i que, per tant, no estan equivocats. Per aquesta raó, hem deduït que aquest valor és possible gràcies a un factor que nosaltres no hem tingut en compte en les nostres taules: el suport que el pis de *baixos* rep per part de la *pinya*.

Els *baixos* i els *segons* sempre tenen el suport de la *pinya*, que els ajuda a aguantar les forces i a repartir-les per tal que no les hagin de suportar només els castellers. Per aquesta raó és possible que el percentatge de la seva resistència estigui per sobre de cent, ja que nosaltres no hem introduït la *pinya* com a variable en la nostra fórmula.

El mateix passa amb els pisos de *terços* i *quarts*, els quals reben l'ajuda del *folre* i les *manilles* en les estructures que hi ha. Per tant, aquests també poden passar del 100% i que l'estructura sigui realitzable.

En definitiva, per tal que el castell proposat sigui possible, hem arribat a la conclusió que el percentatge ha d'estar per sota del 100%, amb l'excepció dels pisos de *baixos* i *segons*, i dels *terços* i *quarts*, sempre que el castell tingui *folre* i *manilles*, on sí que pot passar de la resistència màxima i que el castell igualment sigui realitzable.

- Castells inexistents. On és el límit?

- TAULA 4: Càlcul dels esforços límit de cada casteller en el 4 d'11 amb *folre* i *manilles*

4d11fm	massa (kg)	pes suportat (N)	resistència teórica(N)	pes sup./RT (%)
pom de dalt	106,00	0,00	6232,80	0,00
vuitens	40,00	1038,80	2352,00	44,17
setens	40,00	1430,80	2352,00	60,83
sisens	43,20	1822,80	2540,16	71,76
quints	60,00	2246,16	3528,00	63,67
quarts	62,50	2834,16	3675,00	77,12
terços	80,00	3446,66	4704,00	73,27
segons	86,30	4230,66	5074,44	83,37
baixos	74,70	5076,40	4392,36	115,57
Veredict: POSSIBLE				

Aquesta taula ens mostra els percentatges que tindria el *quatre d'onze amb folre i manilles* si existís.

Com podem veure en el pis de *baixos* el percentatge supera el màxim, però com hem explicat anteriorment, el castell continua sent realitzable, ja que aquest pis rep l'ajuda de la pinya.

Tots els altres percentatges són menors a cent, cosa que fa que el castell sigui realitzable. A més no hi ha cap valor que s'apropi gaire a cent, per la qual cosa no és difícil que es pugui fer un castell amb un pis més.

- TAULA 5: Càlcul dels esforços límit de cada casteller en el *4 de 12 amb folre i manilles*

4d12fm	massa (kg)	pes suportat (N)	resistència teòrica(N)	pes sup./RT (%)
pom de dalt	106,00	0,00	6232,80	0,00
novens	40,00	1038,80	2352,00	44,17
vuitens	40,00	1430,80	2352,00	60,83
setens	40,00	1822,80	2352,00	77,50
sisens	43,20	2214,80	2540,16	87,19
quints	60,00	2638,16	3528,00	74,78
quarts	62,50	3226,16	3675,00	87,79
terços	80,00	3838,66	4704,00	81,60
segons	86,30	4622,66	5074,44	91,10
baixos	74,70	5468,40	4392,36	124,50
Veredict: POSSIBLE				

En la taula superior es pot veure que els baixos en aquest castell sobrepassa la seva resistència màxima. Tot i això, podem veure que no hi ha cap altre pis que superi el 100%, i seguint el criteri que hem establert, aquest castell es pot portar a terme.

Amb això podem dir que aquest no és el límit, sinó que matemàticament es poden realitzar castells més alts.

- TAULA 6: Càlcul dels esforços límit de cada casteller en el 4 de 13 amb folre i manilles

4d13fm	massa (kg)	pes suportat (N)	resistència teòrica(N)	pes sup./RT (%)
pom de dalt	106,00	0,00	6232,80	0,00
desens	40,00	1038,80	2352,00	44,17
novens	40,00	1430,80	2352,00	60,83
vuitens	40,00	1822,80	2352,00	77,50
setens	40,00	2214,80	2352,00	94,17
sisens	43,20	2606,80	2540,16	102,62
quints	60,00	3030,16	3528,00	85,89
quarts	62,50	3618,16	3675,00	98,45
terços	80,00	4230,66	4704,00	89,94
segons	86,30	5014,66	5074,44	98,82
baixos	74,70	5860,40	4392,36	133,42
Veredict: IMPOSSIBLE				

Observant aquesta taula ens adonem que els *baixos* i els *sisens* superen la seva resistència. Amb els primers no passa res, però pel que fa als *sisens*, aquest factor fa que el castell no pugui ser realitzat, ja que aquests ja no reben cap suport per part de les manilles i per tant els resultaria impossible aguantar els pisos superiors, perquè això vol dir que haurien de suportar més pes del que poden.

Nosaltres hem pensat que com els *quarts* tenen l'ajuda de les *manilles* es poden permetre suportar més massa sobre les espatlles. El que podria suposar un problema és el pis dels *quints*, ja que aquests castellers no tenen cap ajuda, però fixant-nos en la Taula 6 podem observar que la resistència realitzada és del 85,89 % i per tant encara els podem exigir més.

Per aquesta raó hem decidit augmentar el pes dels *sisens* en 5 kg per tal d'incrementar la seva resistència i veure si amb aquest increment de resistència en els *sisens* pot suposar la realització del castell.

- TAULA 7: Càlcul dels esforços límit de cada casteller en el 4 de 13 amb folre i manilles

4d13fm	massa (kg)	pes suportat (N)	resistència teòrica(N)	pes sup./RT (%)
pom de dalt	106,00	0,00	6232,80	0,00
desens	40,00	1038,80	2352,00	44,17
novens	40,00	1430,80	2352,00	60,83
vuitens	40,00	1822,80	2352,00	77,50
setens	40,00	2214,80	2352,00	94,17
sisens	48,00	2606,80	2822,40	92,36
quints	60,00	3077,20	3528,00	87,22
quarts	62,50	3665,20	3675,00	99,73
terços	80,00	4277,70	4704,00	90,94
segons	86,30	5061,70	5074,44	99,75
baixos	74,70	5907,44	4392,36	134,49
Veredict: POSSIBLE				

Amb aquest augment de pes en els *sisens* podem veure que aquests ja no sobrepassen el 100% i podem dir que el castell es podria fer. Tot i això ens hem de fixar que hi ha percentatges molt alts, que passen del 90%, i això dificulta l'execució d'un castell superior. Així que hem realitzat una última taula amb 14 pisos per tal de verificar la nostra suposició.

- TAULA 8: Càlcul dels esforços límit de cada casteller en el 4 de 14 amb folre i manilles

4d14fm	massa (kg)	pes suportat (N)	resistència teòrica(N)	pes sup./RT (%)
pom de dalt	106,00	0,00	6232,80	0,00
onsens	40,00	1038,80	2352,00	44,17
desens	40,00	1430,80	2352,00	60,83
novens	40,00	1822,80	2352,00	77,50
vuitens	40,00	2214,80	2352,00	94,17
setens	40,00	2606,80	2352,00	110,83
sisens	48,00	2998,80	2822,40	106,25
quints	60,00	3469,20	3528,00	98,33
quarts	62,50	4057,20	3675,00	110,40
terços	80,00	4669,70	4704,00	99,27
segons	86,30	5453,70	5074,44	107,47
baixos	74,70	6299,44	4392,36	143,42
Veredict: IMPOSSIBLE				

Com es pot veure en la taula, en aquest castell, cinc pisos passen del 100%. D'aquests cinc, tres són el pis de *baixos*, els *segons* i els *quarts*.

Encara que aquests passin de la resistència màxima, el castell continuaria sent realitzable, ja que els *baixos* reben l'ajuda de la *pinya*, els *dosos* la reben de l'*equip de mans* de la *pinya* i també en reben del *folre*. Per últim, el pis de *quarts* té l'ajuda de l'*equip de mans* de les *manilles*, que també els ajuda a suportar més pes.

En canvi, els altres dos pisos, els *sisens* i els *setens*, no tenen el suport de cap estructura, per tant, no poden suportar més pes del que nosaltres hem calculat com a resistència teòrica.

En definitiva, matemàticament aquest castell ja no es podria dur a terme perquè hi hauria pisos que no tenen estructures de suport que superen la seva resistència màxima.

5. Conclusions

Amb tota la informació recopilada i els càlculs realitzats podem afirmar que la nostra hipòtesi és certa: els castells sí que tenen un límit, però més llunyà del que nosaltres pensàvem.

A partir de les taules desenvolupades hem arribat a la conclusió que el límit dels castells de quatre es troba en el 4 de 13 amb folre i manilles. Però hem de remarcar que a l'hora de realitzar les taules no hem tingut en compte uns factors fonamentals en la construcció dels castells.

Les nostres condicions per tal d'arribar a aquest límit han estat un equilibri perfecte, no tenir en compte la possibilitat de cometre un error a l'hora de construir l'estructura, ni tampoc el temps que poden estar suportant el màxim pes, ja que no és el mateix aguantar-lo durant deu segons que els minuts que es triga a carregar i descarregar el castell. És a dir, que les persones en el nostre treball, són unes màquines perfectes que no cometem cap error, com si fossin un bloc de pedra que només té una resistència. Tot i això, creiem que els nostres resultats s'escauen bastant bé amb la realitat i que es poden tenir en compte per fer-se una idea de fins on pot arribar el món casteller.

En la nostra opinió, és possible que mai es pugui arribar al límit que nosaltres hem calculat per culpa dels factors externs nomenats anteriorment. Tot i això, estem segures que aquest límit mai serà superat, tenint en compte les estructures de suport existents avui en dia (*pinya, folre i manilles*), ja que és impossible que una persona aguanti un pes major al de la seva resistència màxima calculada.

No descartem, però, que en un futur pròxim es puguin incloure altres estructures de suport que ajudin als sisens i setens, els pisos on es supera la resistència màxima, a aguantar tot el pes que els arriba.

D'altra banda amb el càlcul d'aquest percentatge de la resistència en què es troben els castellers avui en dia, també ens hem adonat que, a diferència del que pugui semblar, els pisos inferiors no són els que limiten l'alçada d'un castell, sinó que ho són els que es troben pel mig de l'estructura.

Això és perquè tot i que els pisos inferiors han d'aguantar més pes tenen dos avantatges: la seva resistència teòrica és major perquè pesen més, i reben suport d'estructures externes, que els ajuden a suportar el pes i repartir-lo més uniformement. En canvi, els pisos que es troben per la meitat del castell, no tenen cap estructura que els ajudi a l'hora d'aguantar el pes, i a més la seva massa és inferior, per la qual cosa la seva residència teòrica per aguantar el pes dels pisos superiors és menor.

Ja per acabar, podem afirmar que el món casteller ha sofert una gran evolució al llarg dels últims anys, tant per la incorporació de les dones en aquest esport com per la innovació en noves tècniques a l'hora de desenvolupar les estructures. I no seria estrany que d'aquí a uns anys es pogués arribar a estructures superiors si s'afegissin estructures de suport a sobre de les existents actualment.

6. Bibliografia i webgrafia

- [1] Brotons, X. (1995). *Castells i Castellars. Guia completa del món casteller*. 1^a ed. Barcelona: Lynx Edicions. ISBN: 84-87334-17-2
- [2] Brotons, X.; Beumala, J. (1997). *Castellers*. 1^a ed. Barcelona: Columna. Col·lecció Terra Nostra. ISBN: 84-8300398-8
- [3] Bargalló Valls, J. (2001). *Un segle de castells, de 1900 a 2000 en dades*. 1^a ed. Valls: Cossetània. Col·lecció L'aixecador. ISBN: 84-95684-25-X
- [4] Pàgina web: Enciclopèdia.cat El cercador de referència en català. Link: <http://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0089214.xml> 25-06-2015
- [5] Pàgina web: Ara.cat http://www.ara.cat/premium/societat/tres-deu-sostre-del-casteller_0_1202879738.html 27-06-2015
- [6] Simitch Val Warke, Andrea (2015) *Fundamentos de la arquitectura*. 1^a edició. Barcelona: Promopress. ISBN: 978-84-15967-62-0 (traductor: Juan José Llanos Collado)
- [7] Hopkins, Owen (2012) *Leer l'arquitectura, diccionario visual*. 1^a edició. Barcelona: Blume. ISBN: 978-84-9801-574-4
- [8] <http://tecno.upc.edu/bt/Tema-09/esforsos.htm> 03-09-2015
- [9] Pàgina web: Buxaweb Link: <http://www.buxaweb.com/historia/socials/art1.htm#Arquitectura> 01-09-2015
- [10] <http://apliense.xtec.cat/arc/sites/default/files/MA teoria forces i esfor%C3%BEos .pdf> 01-09-2015
- [11] Roset i Llobet, J. (2000). *Manual de supervivència del casteller*. 1^a edició. Valls: Edicions Cossetània. ISBN: 978-84-89890-74-9
- [12] Sans, R.; Martínez del Hoyo, P. (2013). *Quarts de nou*. 1^a edició. Badalona: Ara llibres. ISBN: 978-84-15224-70-9
- [13] Pàgina web: NCBI. US National Library of Medicine. National Institute of Health. Link: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3619613/pdf/264_1998_Article_80220266.264.pdf 24-11-15
- [14] Pàgina web: International Orthopedics. Link: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8478346> 24-11-15

7. Annexos

7.1. Entrevista a Joan Pujades, cap de colla dels Castellars d'Esplugues

- Quin creieu que és el límit d'alçada en la vostra colla?

Ara el nostre límit és el que se'n diu la gamma de vuit. Aleshores el quatre i el tres de vuit són la gamma baixa, perquè són castells simples, després quan fas el cinc, que és un tres més un dos, seria la gamma superior de vuit. O al quatre li fiqués una agulla al mig, o un pilar. El nostre límit com a colla actualment són els castells de vuit pisos. [...]

Fa nou anys era impensable que fariem castells de vuit, feien castells de sis i algun castell de set. Cada any hem anat creixent una mica, hem anat aprenent a fer-ne més, hi ha hagut molts canvis, molta gent, cada any es creix una mica. Després del tres de vuit ve el cinc de vuit, o la torre de vuit.

El límit d'alçada tu t'has de plantejar el màxim d'alçada que s'ha fet fins ara, que és un tres de deu. Nosaltres no sabem quan podem trigar o si l'arribem a fer mai, però no hem de perdre la il·lusió.

- Com sabeu quan heu de passar a fer un castell més complicat, quan heu de pujar de nivell?

Això és una cosa molt col·lectiva, nosaltres estem organitzats: hi ha un cap de colla, un cap de *pinya*, un cap de troncs, un cap de canalla, un cap de músics, després hi ha tot un equip tècnic de troncs, de pinyes... I després hi ha tots els castellers. Aquí el que és bàsic és que hi ha molta comunicació entre tothom, i aleshores, se'ls va preguntant si es va intentant/col·locant més. Per exemple amb el tres de vuit, col·loques els dosos, després un altre dia fins a l'acotxador... Una mica això funciona per assaig-error, a veure intentes que els errors siguin mínims, perquè un error vol dir una caiguda.

Assagem dos cops per setmana, veiem molt bé com està el castell, les sensacions de tothom, i amb això ens guiem, no obliguem a travessar-lo, això seria un error, hem d'anar tots junts.

- Quins creieu que són els límits a l'hora de fer un castell (resistència, persones...)

Sembla que som uns garrulos que ens enfilem, però nosaltres tenim cronometrats tots els castells que fem, i sabem per exemple que en el quatre de vuit, quan l'enxaneta es col·loca més enllà del minut i 40s el castell té més possibilitats de caure, i sabem que el castell ha de tenir un ritme, perquè el castell té forces, es va obrint, vas perdent les mides...

Som conscients de a quin ritme hem de tirar, quina resistència té... perquè clar si pugues massa ràpid es mou massa i és inestable, si pugues massa lent el castell s'ha obert massa i per tant descarregar-lo és molt difícil. Aleshores controlem quin ritme a de tenir i el tempo.

- Com relacioneu les estructures amb l'arquitectura?

Els que van començar a fer castells no pensaven amb arquitectura. És més un joc que un edifici, sí que en el fons és el mateix, però en un edifici tu saps que aguanta un totxo. Amb l'arquitectura es té un coneixement empíric, saps quan pes aguantarà una estructura cada cm quadrat. En canvi, en els castells és molt més de sensacions, pot haver-hi un peu mal col·locat, que rellisqui....

“Però per exemple la part de dalt es podria comparar amb un arc perquè...” Si, però en un arc hi ha una força horitzontal i per això fa un contrafort, aquí no, és a dir, encara que la posició sigui igual, ells fan la força cap a baix. Tot i això, el que sí que han de mantenir és la posició de cames ben obertes, si es tanquen més o menys, és un problema. En aquest sentit funciona més com un pòrtic rígid que com un arc, perquè si realment tu fessis força cap a fora, com els de dalt són els més dèbils de braços, s'acabaria obrint. Però a baix, a nivell de pinya, sí que treballem amb un contrafort. [...]

Quan pugues el pes és una cosa, els cops que vas donant són uns. En canvi, quan baixes els cops són diferents, és a dir, les forces de la carregada són més acompassades i suaus, és poden controlar més. En canvi les de les baixades no, no s'han d'agafar de les espatlles perquè tiren cap enrere i llavors el castell cau, s'han d'agafar de les cames i canviar directament al pit, no agafar mai per les espatlles, detalls d'aquests que has d'aconseguir que la força baixi molt cap a baix, que no faci tensions cap endavant ni cap endarrere. Igual que quan puguen, quan els hi fiquen el peu per la faixa tots fan el gest de tirar-se una mica cap endavant, perquè els està pujant un, i si no els tiraria cap enrere, i quan ja han passat es tornen a ficar normal. [...]

- Creus que gràcies a les dones s'han aconseguit més castells?

Home, i tant. Els pioners d'això van ser els Minyons de Terrassa, als anys 80. Ara en totes les colles hi ha homes i dones, però no havia estat normal fins als anys 80.

Els tres pisos de dalt són bàsicament noies, i la posició de crosses (les dues que estan sota els baixos) en el 90% de les colles també són noies, perquè teniu la capacitat de resistència de cap més alta, els homes són més nerviosos, és a dir, es posen allà a sota tres minuts tot fosc, que et falta l'aire, tens el peu del segon al costat, no saps que passa..., els nois es posen nerviosos i remenen, en canvi les noies aguanten molt bé.

El món casteller, per cròniques i alguna fotografia, a principis del segle 20 estava molt fluixet, i a partir dels anys 80, que els Minyons fan entrar les noies, és quan la cosa arriba als nivells que està ara. Seria impensable fer el que s'està fent sense noies.

“Però tenen menys resistència física que els homes” Tenen menys força, però això no és resistència física, una cosa és resistència física i l'altre és força. Jo he vist noies fer de terços del quatre de vuit. Que no tenen força per fer de segon, no, però tenen més agilitat per pujar amunt, i a dalt no els fa falta força. Els nostres pisos de quarts i quintes la majoria són noies.

“O sigui, que les noies sempre estan per la part de dalt?” Si, és a dir, si perquè tenen menys força, però a nivell de crosses, agulles també tenen les seves funcions. Ara, és una mica la gràcia del món casteller, comparat amb un

esport, aquí juguen 150 i podrien jugar 300, no hi ha límit, i l'altre, aquí juga tothom: grassos, alts, baixets, forts, fluixos... tothom té la seva posició, que tu podràs considerar més menys important o rellevant, però que avui, si no hi hagués tothom, no hauríem fet l'assaig que hem fet. Aleshores, que uns tenen més força, sí, però uns altres tenen més cap, i els altres més resistència, i els altres més tranquil·litat quan les coses van malament. És a dir, cadascú té les seves virtuts, llavors aquí, la tècnica, hem de ser llestos i saber qui es posa nerviós en un castell, qui no, qui té força...

- Segons les característiques de la persona ocupa una posició o una altra?

Nosaltres quan entra una persona per la porta ja sabem si serà vent, lateral, contrafort, crossa... nosaltres ja ho veiem. Diem, potser aquest podria pujar, però és possible que no se li doni bé pujar, llavors el fem a terra i aguanta molt bé. Si ve un noi gros, el ficarem al rengle de primeres.

La gràcia està en què entri qui entri per la porta té un lloc, no falla. Fins i tot tenim al Dani que és cec, el fem al rengle, ell nota les sensacions, total has d'estar amb el cap baixat i no pots mirar res, el col·loques, els situes, apreta i fa la feina. La gràcia i pel que ens han dit que som patrimoni de la humanitat és que no saben com es van inventar una història que ha arribat tant lluny.

- Podeu acceptar qualsevol persona a la colla?

Si. "És a dir, jo ara mateix vaig i m'accepteu?" Clar, és a dir, tu vols ser de la millor colla castellera i tu pots ser d'aquell equip. Si compleixes anar a tants assajos i tantes diades tens la camisa. És tan fàcil com això, la gràcia dels castells és que si tu vols jugar al millor equip, hi jugués, i si estàs aquí, et quedés aquí. Nosaltres som 150 ara i volem ser 200, i quan siguem 200 voldrem ser 300, i així tota l'estona.

Ja ho heu vist, quan heu entrat per la porta hem dit "vinga cap aquí" i això ho fem amb tots. Però aquí i a tot arreu. Ens encanta i vivim d'això.

- Abans hi havia més lesions que ara perquè no hi havia tantes precaucions.

Sí, això és importantíssim. Va haver un moment, per exemple, amb els cascos. Va haver un accident greu a Mataró ara deu fer més de 10 anys, i van dir, "clar estem entrant al segle 21 i no pot ser que no estiguem investigant totes les mesures de seguretat que hi ha."

Ara on hi ha més lesions és a la pinya, el que preocupava era els que queien, però clar, a baix hi ha uns que reben el cop i ara totes les mesures de seguretat que s'han fet van per a ells.

Quan es van començar a introduir els cascos ens van dir que farien una espècie d'assaig clínic, i que la meitat de les colles anirien amb casc i l'altra meitat sense avera que passava. Les colles que els va tocar anar sense casc van dir "ni de conya, volem casc tothom". El casc ha reduït d'una forma molt alta les lesions de canalla. Igualment molta gent de la pinya i el tronc es posen protectors bucals i s'està treballant en la protecció de les clavícules.

D'altra banda, els castellers tenim un protocol de posicions, per exemple, tu quan fiques les mans per damunt de la gent, no estàs fent força cap amunt, la força la fas amb el pit. Tu el que fas amb els braços és protegir el cap del de davant, i que si cau un castell, tu protegeixes amb els braços perquè no li caigui al cap.

Hi ha tota una tècnica de dos-cents anys d'història, el temps que es fan castells, per treballar el tema de la seguretat. Per exemple, que quan un castell cau tu no t'has d'apartar, el que has de fer és apretar cap a dintre per evitar que el castell es desfaci, has d'apretar ben fort cap a dins. Això són tècniques que nosaltres estem entrenats per fer-les.

Però sí, bàsicament des de la coordinadora es fan moltes feines per millorar la seguretat: treballar amb xarxa, el terra tou, és importantíssim. Bàsicament perquè la gent no és tonta, si nosaltres fóssim una colla que caiguéssim sovint o que no treballéssim molt bé la seguretat, aquí avui no hi haurà ningú perquè la gent ve a passar-s'ho bé, a fer els castells, però primer una mica de seny. Seguim treballant, tenim una coordinadora de castells que treballa moltíssim en aquest sentit.

- Heu fet algun estudi dels esforços màxims que arriba a suportar un casteller?

Si, per exemple, amb la faixa [...] És com si tinguessis un pilar a punt de petar, tu el que fas com arquitecte és ficar-li uns ferros al voltant per impedir que s'obri. Amb això treballes el mateix, aleshores el que fa al final la faixa és, et comprimeix tant això que el pes es descarrega pels budells i no per la columna. Aleshores es pot multiplicar el pes que aguanta una persona.

Per això és també una mica la discussió d'on està el límit del castell, si es podrà pujar més d'un tres de deu o no, perquè hi ha un moment que el límit físic...

Hi ha un límit físic, efectivament. No se sap on està, i els mateixos caps de colla de les colles més punteres es sorprenen del que poden arribar a descarregar. No som totxos, som persones i hi ha un límit, però nosaltres encara estem lluny.

- Feu algun exercici per desenvolupar certes zones necessàries pels diferents pisos (cada casteller)?

Nosaltres ens preparam com si fóssim un club esportiu, però som una entitat cultural, és a dir, aquí, tenim un gimnàs obert cada tarda, i estan els castellers fent els seus exercicis. **"i cada un fa una cosa diferent?"** Si, nosaltres en aquest sentit no som ultra-professionals i sí que en aquest sentit cadascú té les seves rutines, i tenim uns quants preparadors físics, amics que ens guien, però clar, tots es preparen. Tots els que hem pujat avui estan molt preparats.

- La posició dels braços, depenent del castell que es faci es posen per sota o per sobre de les cames...

Si, cada castell, té una mica la seva tècnica. Després la teoria és una cosa i com ho solucionés allà a dalt és una altra.

“Tota la vida s’ha fet així, això ve imposat, a un quatre s’agafa a dalt i en un tres no. Bàsicament, en un quatre al haver quatre persones per pis arribes molt millor a agafar que no pas en un tres. Un tres té una forma totalment diferent, molt més triangular, i a dalt no arribaries directament, et quedarien com a molt els turmells, i a part les mides que tenen entre la rengla, la plena i la buida no són les mateixes que en un quatre, que sí que ha d’estar absolutament quadrat, l’un davant de l’altre, en canvi en el tres la rengla normalment queda una mica més estirada, la plena un pelet més oberta que la buida. Amb el qual no arribaries a agafar a dalt.”³⁶

El quatre es pot deformar i no passa res (he vist quatsres que eren un xurro i s’han descarregat), el tres a la que es deforma és un drama.

“Amb un tres és molt més important mantenir la forma rodona, és un castell molt més rodonet que no pas un quatre. Un quatre és totalment vertical, rengles totalment verticals. Llavors en un quatre sí que arribes a agafar a dalt, tot i que se’t pot deformar una rengla, però amb un tres has de fer-ho tot més rodonet, i pujar molt més el colze. Tècnicament és bastant més complicat un tres, pel fet que és molt més còmodes penjar-te amb els braços a dalt i quedar-te allà, que no pas tenir el colze amunt tota l’estona, que l’esforç de tenir-lo així cansa molt, és molta pràctica. T’acaba caient, i a la que cau tu abaixes el braç, un rellisca...”

Llavors amb un tres encara que volguessis no arribaries a agafar peus, perquè la forma és molt més rodoneta. Un quatre se suposa que és més fàcil, per fet que t’agafés a dalt, i la comoditat de poder-te agafar a dalt i no haver d’aguantar el colze, és més senzill. Tot i així hi ha quatsres que són molt més complicats que alguns tresos, però per norma general, els quatsres són més fàcils que els tres”.³⁷

- Els peus tenen un lloc específic?

És la clau de tot, la posició dels peus és tècnicament el més complicat. Això és tècnica castellera, és a dir, els peus s’han de col·locar sempre cap endavant i amb els dits fent garra. La sensació quan pujes per primera vegada és que te’n vas cap endavant, però sinó, el que estàs fent és fer que el de sota tiri les espatlles endarrere. El que t’interessa és tenir el tronc corbat.

La posició dels peus és bàsica. Si treballes amb els peus rectes quan el castell se’n va cap a un costat, la teva cama penja, i llavors estàs passant tot a una espatlla. En canvi si estàs amb les cames doblegades, si te’n vas una mica cap a la dreta, tu ets capaç d’equilibrar el pes a baix. Per això la posició aquesta és molt important: els peus cap endavant, les cames una mica flexionades sense flexionar massa, perquè si baixés massa, potser després t’enfoneses i no pots arribar a pujar-lo. Però clar, és tècnica, no és pujar “**...el centre de gravetat, perquè sigui més estable...**” si i sobretot baixar, és a dir, en un tres el centre de gravetat l’has de controlar a dalt, perquè interessa que no es deformi, en canvi en un quatre està a baix, perquè t’interessa que baixi vertical.

³⁶ Intervenció d’una castellera de la colla

³⁷ Intervenció d’una castellera de la colla

7.2. Qüestionari realitzat a les colles castelleres

1. Quin creieu que és el límit d'alçada en un castell?
2. Quins creieu que són els factors limitants a l'hora de fer un castell (resistència física, falta de gent, falta de tècnica, estructures massa inestables, excés de pes...)?
3. Sabem que la faixa és molt important a l'hora de carregar pes i per tal d'evitar lesions. Però, què suposa per un casteller portar la faixa, és a dir, seria possible aconseguir carregar un castell sense fer ús d'aquesta?
4. De mitjana, quan pesa cada pis del castell més alt que heu aconseguit?
5. Quina resistència té, de mitjana, cada pis?
6. Sabríeu dir de què depèn la resistència mitjana d'una persona? Quant pes pot arribar a aguantar?
7. Molts cops els castells s'han comparat amb una estructura arquitectònica. A quines estructures arquitectòniques creieu que serien comparables els castells (arcs, contraforts, columnes...)?
8. Dins l'estructura del castell, quina funció fan els braços?
9. A l'hora de carregar el castell és molt important una bona col·locació dels peus, ja que serà el punt on s'acumuli tot el pes en el casteller de baix. Quin és el lloc idoni per col·locar-los?
10. El tècnic/a de la colla fa algun estudi per tal de millorar l'eficiència com a colla? O sigui, fa algun estudi biomecànic o de càrregues i esforços?

Moltes gràcies per haver dedicat una estona en fer aquest qüestionari.