

Treball de Recerca

MOCADOR, FAIXA I SENSORS

Sensors per mesurar el grau de deshidratació dels castellers

Júlia Sabaté Calull

Tutora del treball: Cinta Sebastià Estupiñá

Col·legi Sant Pau Apòstol

Tarragona, Novembre del 2015

ÍNDEX

ÍNDEX.....	1
INTRODUCCIÓ	1
OBJECTIUS	3
METODOLOGIA.....	4
1 - ELS CASTELLS	5
1.1 - HISTÒRIA DELS CASTELLS	5
1.2 - ESTRUCTURA DELS CASTELLS	7
1.2.1 - La pinya	7
1.2.2 - El folre i les manilles.....	9
1.2.3 - El tronc	9
1.2.4 - El pom de dalt	10
1.3 - TIPUS DE CASTELLS.....	11
1.3.1 - Castells simples	11
1.3.2 - Castells compostos.....	13
1.4 - INDUMENTÀRIA CASTELLERA.....	17
2 - PRINCIPIS BÀSICS DELS CASTELLS.....	18
2.1 - FÍSICA DELS CASTELLS	18
2.2 - ANATOMIA DELS CASTELLS	19
2.3 - PSICOLOGIA DELS CASTELLS.....	19
2.4 - FISIOLOGIA DELS CASTELLS	20
3 - ELS CASTELLS SÓN UN ESPORT?.....	21
4. - HIDRATACIÓ I EXERCICI FÍSIC	22
4.1 - DETERMINACIÓ DE LA DESHIDRATACIÓ	23
4.2 - HIDRATACIÓ I CONDICIONS AMBIENTALS	24
4.3 - LA HIDRATACIÓ ABANS, DURANT I DESPRÉS DE L'EXERCICI	25
5 - MESURA DE LA SUDORACIÓ: SENSORS QUÍMICS EPIDÈRMICS.....	26
5.1 - SENSORS QUÍMICS EPIDÈRMICS	26
5.1.1 - Què són els nanotubs de carboni?.....	27
5.1.2 - Quina propietat mesuren els sensors?	29

5.1.3 - Què és la resistència elèctrica?	29
5.2 - ESQUEMA D'UN SENSOR I EL SEU FUNCIONAMENT.....	30
5.3 - Càlcul del volum de líquid perdut	31
5.4 - Càlcul del percentatge de deshidratació	32
5.5 - Càlcul de la taxa de sudoració.....	33
6 - PART EXPERIMENTAL	34
6.1 - CONSTRUCCIÓ DELS SENSORS EPIDÈRMICS.....	34
6.2 - COL·LOCACIÓ DELS SENSORS EPIDÈRMICS	36
6.3 - DADDES DELS PARTICIPANTS.....	37
6.4 - MESURES EXPERIMENTALS	37
7 - RESULTATS I DISCUSSIÓ	39
8 - CONCLUSIONS	55
9 - BIBLIOGRAFIA.....	57
10 - ANNEX	59

INTRODUCCIÓ

A l'hora de triar el tema del treball de recerca vaig tenir de seguida molt clar que ho volia fer dels castells, ja que m'agraden molt, però no sabia el què dels castells. En el món de la recerca dels castells la majoria de temàtiques estan relacionades amb la física i la història i jo no volia tractar cap d'aquests temes. Vaig contactar amb un grup de recerca de la Universitat Rovira i Virgili que ha dissenyat uns sensors per calcular en temps real la sudoració dels esportistes. La mesura de la sudoració és important ja que s'ha observat que durant la realització d'exercici prolongat en condicions de calor ambiental, els esportistes arriben a nivells de deshidratació bastant elevats degut principalment a les grans pèrdues d'aigua a través de la suor. Aquesta deshidratació progressiva causa alteracions significatives dels sistemes cardiovascular, metabòlic, termoregulador i endocrí, que a la vegada poden anticipar l'aparició de cansament, provocar un cop de calor o inclús causar la mort. Vaig pensar que tots aquests efectes també són molt importants en els castellers, ja que, tant durant els assajos en el propi local de la colla com també a les actuacions a les places es realitza un exercici físic important en condicions de calor moltes vegades intensa. Per tant, realitzar el meu treball de recerca fent un estudi del grau de sudoració dels castellers, mitjançant uns sensors epidèrmics, em permetria combinar la meva gran afició pels castells amb la realització de la part pràctica del treball, la qual cosa em va suposar un elevat grau de motivació.

Si bé en un principi, a l'hora de planejar la part experimental del treball, vaig pensar en realitzar mesures del grau de sudoració tant els dies d'assaig al local de la colla com també en dies d'actuació a plaça, després em vaig adonar que fer mesures els dies d'actuació era molt complicat, ja que cal controlar moltes variables, com són pesar els castellers despulats abans i després de les actuacions, mesurar la quantitat d'aigua que beuen,... Per tot això vaig decidir realitzar mesures només en dies d'assaig.

Els sensors químics epidèrmics emprats estan fets de nanotubs de carboni i detecten en temps real la sudoració. Un transductor converteix el senyal analògic en digital, i finalment s'envien les dades via *bluetooth* a un telèfon mòbil.

Els sensors estan dissenyats per realitzar mesures en continu, per tant, permeten conèixer en tot moment la quantitat de suor, però, presenten el requeriment que el telèfon mòbil ha d'estar molt proper al sensor, i només permeten emmagatzemar dades durant aproximadament una hora i mitja. Com els assajos duren més d'una hora i mitja, i no és adequat que els castellers portin el telèfon mòbil, vaig descartar la possibilitat de realitzar mesures en continu. Només es van realitzar les mesures a l'inici i al final de l'assaig, ja que aquestes mesures ja permeten conèixer la quantitat total de suor.

Durant la realització d'aquest treball el grup de recerca de la universitat ha continuat i encara continua treballant en el desenvolupament dels sensors, i actualment ja disposen d'unes millores considerables en el dispositiu que permeten la realització de mesures en continu durant més de dues hores i també permeten que el telèfon mòbil estigui més allunyat del sensor.

OBJECTIUS

Els objectius que es plantegen en el treball sorgeixen de les hipòtesis de partida següents:

- Els sensors químics ens permeten mesurar el grau de sudoració dels castellers de la mateixa manera que s'utilitzen en el control de sudoració dels esportistes.
- El grau de sudoració dels castellers és diferent si formen part del tronc o de la pinya pel tipus d'esforç que implica la seva col·locació en el castell.
- El grau de sudoració dels castellers és diferent segons la temperatura ambient.

Arran d'aquestes hipòtesis es plantegen els objectius del treball:

- Demostrar que els sensors químics permeten mesurar el grau de sudoració dels castellers.
- Comprovar si el grau de sudoració varia en funció de si formen part del tronc o de la pinya.
- Verificar si la sudoració depèn de la temperatura ambient.
- Verificar si la sudoració depèn de la massa corporal de cada casteller.
- Aconsellar als castellers quina quantitat de líquid haurien d'ingerir durant cada hora.
- Aprofundir en el coneixement dels materials emprats en el disseny dels sensors, i així com en el seu funcionament.

METODOLOGIA

La metodologia seguida per realitzar la part teòrica i la part pràctica va ser la següent: en la part teòrica vaig buscar informació en llibres, pàgines web, documents, coneixements propis i de gent entesa en el tema. En la part pràctica un grup de recerca de la universitat em va facilitar els sensors per poder obtenir el grau de sudoració i em van ensenyar a fer els càlculs per poder obtenir diferents paràmetres relacionats amb el grau de sudoració, així com també em van ensenyar a construir els sensors.

La memòria està dividida en diferents parts. La primera part consta de diferents aspectes del món casteller, la història dels castells, la seva estructura, els diferents tipus de castells així com la indumentària castellera. També es descriuen els principis bàsics dels castells, des de el punt de vista de la física, l'anatomia, la psicologia i la fisiologia. Es realitza una petita reflexió sobre la consideració sobre si els castells són un esport, aspecte que ha generat i encara avui genera molta controvèrsia.

La segona part del treball s'endinsa en una vessant més científica dels castells, concretament tracta de la importància de conèixer el nivell de deshidratació quan es realitza una activitat física. Es descriu el fonament dels sensors químics epidèrmics com a eina experimental per realitzar la mesura de la sudoració dels castellers.

La tercera part del treball conté la part experimental realitzada, que ha consistit en la mesura del grau de sudoració de diferents castellers mitjançant la utilització de sensors químics epidèrmics, i s'analitzen i es discuteixen els resultats obtinguts.

Finalment, s'inclouen les conclusions derivades del treball.

1 - ELS CASTELLS

1.1 - HISTÒRIA DELS CASTELLS

Els castells van néixer fa uns 200 anys, entre els segles XVIII i el XIX, a partir d'unes construccions petites que formaven part del Ball de Valencians. Aquestes petites construccions van ser motiu de rivalitats entre colles per veure qui podia fer el castell més alt i per poder fer això va haver un moment que es va haver de parar el ball. Els castells van arrelar molt fort a la zona de Valls, que està considerada com a ciutat bressol dels castells.

A Valls es van crear dues colles, la dels Pagesos i la dels Menestrals, que van desenvolupar l'activitat castellera durant tot el segle XIX i van arribar a fer castells de nou pisos. Aquesta època tant gloriosa va tenir un final, l'any 1889, ja que va aparèixer un nou model festiu de caire burgès que va anar més lligat als esports, als balls de saló o al teatre de repertori; i això va fer que les colles que es van crear fora de Valls anessin desapareixent i només van quedar la Vella i la Nova dels Xiquets de Valls. Van aguantar molt durament l'embranchida castellera, ja que moltes vegades no podien fer ni castells de set pisos.

Durant els primers vint anys del segle XX va tornar a néixer el fet casteller, "La Renaixença" que va durar fins l'any 1936 en que va esclatar la guerra civil espanyola. El 1922 les colles de Valls tornen a fer castells de set pisos i es comencen a formar els Xiquets de Tarragona i els Nens del Vendrell. Durant aquesta època es van arribar a fer castells com el 3d8 carregat a Torredembarra per la Colla Nova dels Xiquets de Valls.

Durant la guerra, del 1936 al 1939, no hi ha haver actuacions i a més es van fusionar diferents colles. Així doncs, de les sis colles que hi havia entre Valls (la Nova i la Vella), el Vendrell (els Nens i Xiquets) i les de Tarragona (la Nova i la Vella), es va passar a tenir només tres agrupacions: els Xiquets de Valls ("la barreja"), els Nens del Vendrell i els Xiquets de Tarragona. Al llindar de la dècada dels cinquanta les colles de Valls i de Tarragona es van separar en dos per ciutat i el 1946 es va fundar la colla dels Castellers de Vilafranca i la colla de Gavà (els Xiquets de l'Erampunyà), però aquesta última només va durar dos anys i va ser la primera de fora l'àmbit casteller.

Durant la segona renaixença (1926) es van començar a fer grans castells, com el pd6, el 4d8 i fins i tot castells amb folre com el pd7 amb folre o el 2d8 amb folre. El 1980 ja havia 17 colles a tot Catalunya. Els Nens del Vendrell van tenir una gran caiguda l'any 1975 que els va fer allunyar de grans fites. Així doncs, la rivalitat dels Nens del Vendrell amb la Colla Vella dels Xiquets de Valls desapareixia i va aparèixer una nova rivalitat entre la Vella de Valls i la Joves de Valls (aquesta última s'havia refet el 1971).

L'any 1981 la Colla Vella dels Xiquets de Valls va descarregar el primer 4d9f del segle XX durant la diada de Santa Úrsula, i la Colla Joves dels Xiquets de Valls va fer el primer 5d8 descarregat també del segle XX.

En general es pot remarcar que el segle XX va ser espectacular, ja que es van recuperar els castells de nou pisos, com el 4d9 amb folre, 3d9 amb folre, 4d9 sense folre i el 5d9 amb folre, i també el 2d9 amb folre i manilles o el 3d10 amb folre.

Un fet remarcable va arribar a principis del segle XXI quan els castells van ser reconeguts per la UNESCO com a patrimoni immaterial universal.

En els darrers anys es pot parlar d'un "boom" casteller, ja que els castells s'han anat expandint arreu del territori. Cada vegada hi ha més colles i aquestes es posen fites molt altes que pretenen aconseguir exitosament en les diades més importants.

1.2 - ESTRUCTURA DELS CASTELLS

Un castell es divideix en tres parts: la pinya, el tronc i el pom de dalt, i per descriure com és un castell concret s'utilitza una terminologia específica que es descriu tot seguit.

xdy: la "x" vol dir el nombre de castellers de base i la "y" vol dir el nombre de pisos del castell.

xdyf: la "f" vol dir que el castell és amb folre.

xdyfm: la "m" vol dir que el castell, a més de folre, té manilles.

xdyfmp: la "p" vol dir que el castell, a més de folre i manilles, té puntals.

xdya: la "a" vol dir que pel mig del castell s'hi construeix una agulla, és a dir, un pilar.

xdyfa: la "f" i la "a" en aquest cas, vol dir que el castell té folre i agulla.

xdyps: la "p" i la "s" vol dir que és un castell aixecat per sota.

pdx: pilar de x pisos.

A continuació, en els següents subapartats, es descriuen amb detall els principals components dels castells.

1.2.1 - La pinya

La pinya té un paper molt important dins d'un castell, tot hi que no és gaire valorada pel públic. Té diverses funcions: ajudar al baix a suportar bé el pes i donar estabilitat als castellers de tronc. També té una altra funció, parar el cop en cas de caiguda, ja que fa menys mal caure damunt la pinya que caure directament al terra. A la Figura 1 es mostren els diferents components de la pinya, on cadascú té una funció diferent, que es detalla a continuació:

- **El baix:** són les persones que aguanten tot el castell, per exemple si és un 3d8, hi haurà tres baixos.

- **La crossa:** és la persona que es col·loca sota l'aixella del baix, una a cada banda, per evitar que, amb el pes, aquest s'enfonsi. Cal indicar que la distància del peu del segon amb la cara de la crossa és pràcticament nul·la. Normalment acostumen a ser dones i més baixes que el baix ja que hi ha molt poc espai disponible i així caben millor.

- **El contrafort, cordó o home de darrere del baix:** cada baix té un contrafort al seu darrera i la seva missió és donar estabilitat al baix i que no es bellugui durant un casell.

- **Agulla:** és la persona que es col·loca davant del baix amb els braços aixecats agafant els genolls del segon per intentar que no es tiri endavant. I també té com a funció comunicar les ordres del baix cap al segon.

- **Les primeres mans:** té la funció d'agafar al segon pel cul amb els braços aixecats i intenta que aquest no s'assegui. Se situa darrere el contrafort, per tant, ha de ser una persona alta. La persona de darrere seu és el segones mans, que l'ajuda a aguantar el segon pels canells.

- **El lateral:** és la persona que aguanta el segon per les cuixes per tal de donar-li estabilitat lateral. Cada segon té dos laterals, un per cada cuixa.

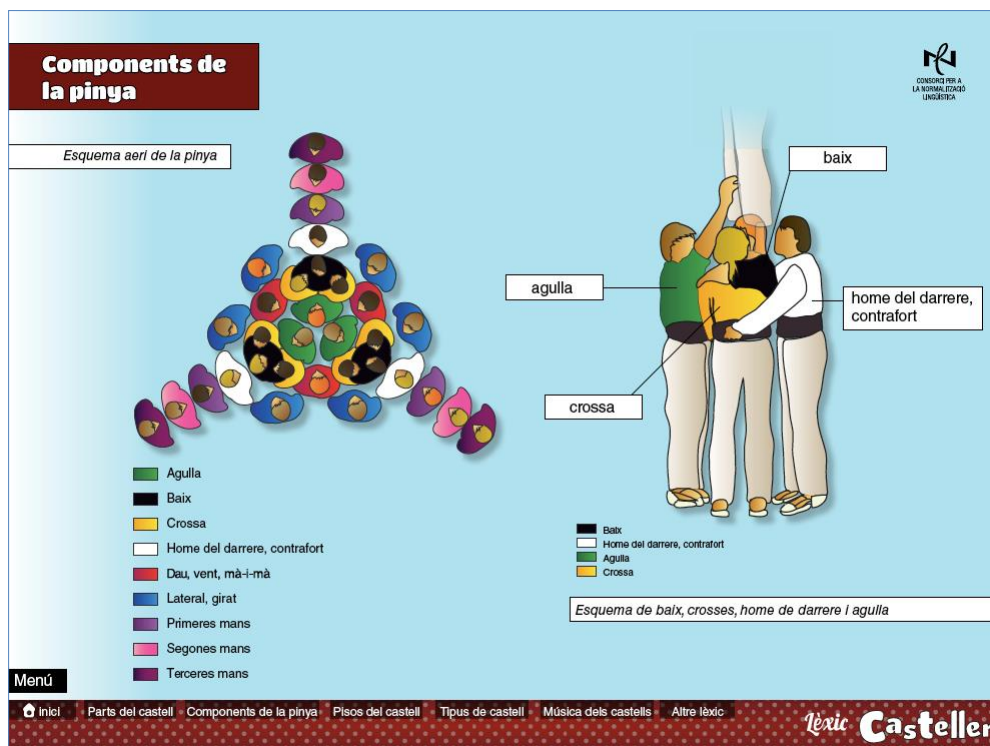


Figura 1: Components de la pinya

- **El vent:** se situa entre els dos laterals amb els braços oberts amb una mà a una cuixa d'un segon i l'altra a un altre segon, amb l'intenció de que no s'ajuntin entre ells. Ha de ser una persona alta per poder arribar bé.

1.2.2 - El folre i les manilles

Tothom que veu castells per primer cop veu una pinya més petita damunt de la pinya i pensa, que és això? Doncs bé, és el folre, que es posa generalment en els castells de nou pisos excepte el 2d9fm, el pd8fm i el pd9fmp; encara que també hi ha castells de menys pisos que també en necessiten com el 2d8f (8 pisos) i el pd7f (7 pisos). També hi ha les manilles que estan damunt del folre, i es fan servir per castells de gran dificultat com el 3d10fm, el 2d9fm o el pd8fm. A la Figura 2 es mostra el folre i les manilles d'un castell de deu pisos. En el cas del pd9fmp es necessiten uns puntals¹ que estan damunt de les manilles, que es com una quarta pinya, ja que és un pilar molt alt.



Figura 2: Folre i manilles de 3d10fm del la Colla Vella dels Xiquets de Valls

1.2.3 - El tronc

El tronc és la part del castell que va des de on s'acaba la pinya, el folre o les manilles fins el pis de sota de dosos. A la Figura 3 es mostren els diferents pisos que formen part del tronc. A continuació es descriuen els diferents components del tronc.

- **El segon:** és el casteller que es troba damunt del baix, i està subjectat per les mans de membres de la pinya (primeres mans), que li donen estabilitat. Ha d'aguantar tot el pes del castell sense ajuda de la cintura en amunt. En els castells de nou pisos o de més alçada que porten folre els segons tenen l'ajut d'aquest.

- **El terç:** aquest juga amb l'equilibri, ja que n'ha de tenir molt per aguantar la resta dels castellers que té a damunt. No té cap ajuda de cap lloc, a excepció d'aquells castells que porten manilles, ja que en aquests castells les manilles ajuden els terços.

¹ Els puntals són una part del castell que reforça el pis de quarts i ajuda el pis de quints. A vegades, també rep el nom d'ajuts.

- **Els quarts:** apareixen en els castells de set pisos i superiors. Si un castell porta manilles, aquest és el primer pis que es veurà sortir, com en el cas de la Figura 3.

- **El quints:** apareixen en castells de vuit pisos i superiors. Han de tenir equilibri per poder aguantar damunt de quatre pisos sense l'ajuda de ningú, només per les mateixes persones del seu pis.

- **Els sisens:** apareixen en els castells de nou pisos i superiors. Solen ser castellers molt lleugers i amb molt d'equilibri ja que s'han de aguantar sobre cinc pisos.

- **Els setens:** apareixen en els castells de deu pisos i van damunt dels sisens. És el màxim pis d'un tronc que s'ha arribat a col·locar mai en un castell. També han de ser castellers lleugers, hàbils i amb equilibri.

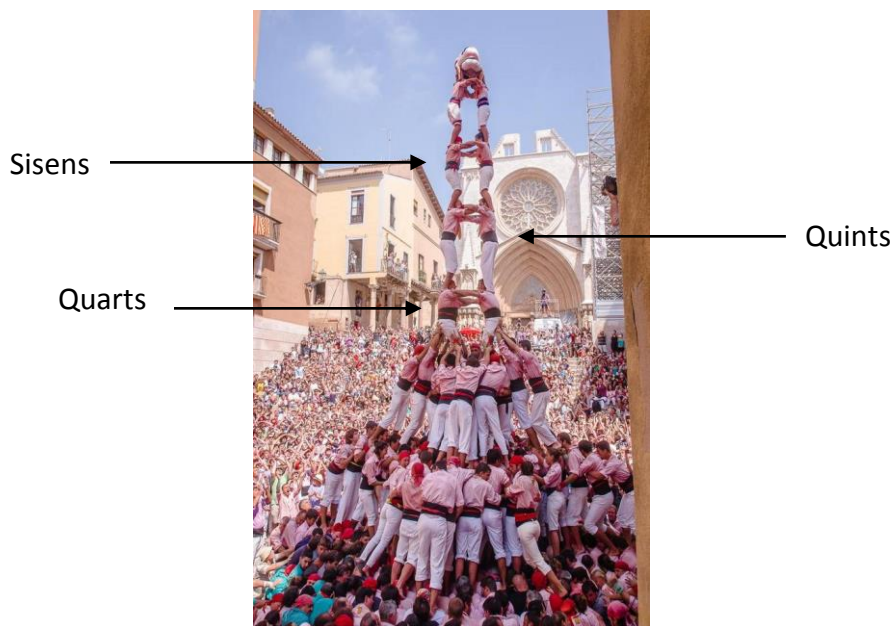


Figura 3: Tronc del 2d9fm dels Xiquets de Tarragona

1.2.4 - El pom de dalt

És la part del castell que se situa sobre el tronc. Hi pugen els nens i nenes més lleugers i que pesen poc (la canalla). Està format per tres pisos: els dosos, l'acotxador i l'enxaneta. A la Figura 4 es veu amb detall una fotografia d'aquesta part del castell. Aquests components tenen les següents característiques:

- **Els dosos:** sempre van amb parella de dos en dos. Depèn del castell s'hauran de col·locar eixarrancant o amb les cames juntes. Van sota l'acotxador i l'enxaneta.

- **L'acotxador:** és el casteller més petit i es col·loca damunt dels dosos de manera com si fes la granota per poder facilitar l'encavalcament de l'enxaneta.

- **L'enxaneta:** és el segon casteller més petit i és el que puja més amunt. És el responsable de dir quan un castell està carregat fent l'aleta amb la mà, passant per damunt de l'acotxador. Ha de ser hàbil i lleuger per no fer patir el castell a l'hora de la carregada.

La Coordinadora de Colles Castelleres de Catalunya (CCCC), l'any 2011, va promoure la utilització de cascs pel pom de dalt per evitar possibles lesions en caigudes que es poguessin produir.

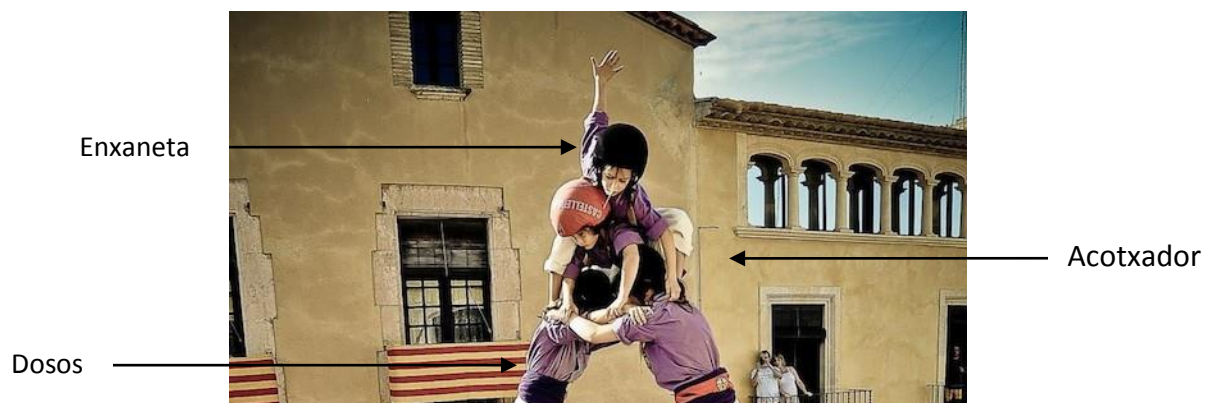


Figura 4: Pom de dalt dels Castellers d'Altafulla

1.3 - TIPUS DE CASTELLS

Els castells es poden classificar en simples i compostos:

1.3.1 - Castells simples

Els castells simples són castells d'una sola estructura, generalment són més fàcils que els castells compostos. Només es necessita una enxaneta i una sola aleta.

Els castells simples són el pilar, el dos, el tres i el quatre, i tot seguit es detallen alguns trets rellevants de cadascun.

- **El Pilar:** és el castell base, només es necessita una persona per pis. El major pilar que s'ha fet mai és el pd8 amb folre i manilles, tot i que s'ha intentat el pd9 amb folre, manilles i puntals, pels Castellers de Vilafranca, però no el van poder carregar, de manera que es va quedar en intent.

A la Figura 5 es mostra una fotografia de quatre pilars de 8 amb folre i manilles de la Diada de Sant Fèlix del 2014 a Vilafranca del Penedès.



Figura 5: Pilar de 8 amb folre i manilles de les colles Joves de Valls, Jove de Tarragona, Castellars de Vilafranca i Vella de Valls

- **El Dos:** en algunes zones de Catalunya també li diuen la Torre. És un castell amb dues persones per pis, i té molta dificultat, ja que té poca estabilitat. El màxim castell que s'ha fet és el 2d8 sense folre, ja que aquest castell habitualment porta folre. Els Castellars de Vilafranca van ser els primers en descarregar-lo, el 2010. El 2d9 amb folre i manilles és el dos més alt que s'ha arribat a fer, el Xiquets de Tarragona, per Sant Magí del 2014 van ser la primera colla casteller de la història que el van descarregar al primer intent. A la Figura 6 es pot veure un 2d9fm de la Colla Vella de Valls que va descarregar el 24 de juny del 2015 per la diada de Sant Joan a Valls.

- **El Tres:** és un castell de tres persones per pis. Un dels dosos va dret damunt la rengla² i l'altre posa un peu a cada espatlla dels altres components del pis de baix, es diu que va eixarrancat. El sostre d'aquest castell és el 3d10 amb folre i manilles. A la Figura 7 es mostra una fotografia d'un 3d10fm, aconseguit pels Castellars de Vilafranca.

² Qualsevol de les fileres de castellers, col·locats esquena amb pit, que surten en línia recta darrere dels baixos o primeres mans, dels laterals i dels vents. En el castell d'estructura de tres, pilar que porta el dosos dret. En un castell d'estructura de cinc, pilar que queda al mig de la construcció.



Figura 6: 2d9fm de la Colla Vella dels Xiquets de Valls



Figura 7: 3d10fm, dels Castellers de Vilafranca

- **El Quatre:** consta de quatre persones per pis. Els dosos van els dos eixarrancats. El millor castell d'aquesta estructura és el 4d9 sense folre (net). A la Figura 8 es pot veure un 4d9 net que van descarregar la Joves de Valls a la diada de Santa Úrsula l'any 2014 a Valls.



Figura 8: 4d9 sense folre de la Colla Joves dels Xiquets de Valls

1.3.2 - Castells compostos

Són castells formats per dues o més estructures simples. Hi van una, tres o quatre enxanetes, segons l'estructura.

- **El Cinc:** està format per dues estructures simples, un tres i un dos enganxat a la rengla del tres. Consta de cinc persones per pis, i hi ha quatre dosos, dos acotxadors i una enxaneta la qual fa dues aletes. Fins que l'enxaneta no ha fet les dues aletes no es considera carregat. El 5d9f és el castell major que s'ha fet d'aquesta estructura. A la

Figura 9 es mostra un 5d9f de la Jove de Tarragona que va descarregar l'any 2014 per Sant Magí a la Plaça de les Cols.

- **El Set:** està format per dues estructures simples, un quatre i un tres enganxat a una rengla del tres. Es necessiten set persones per pis, i igual que el cinc, van quatre dosos, dos acotxadors i una enxaneta que fa dues aletes. Va ser creat l'any 2009 pels Margeners de Guissona, que van fer el 7d7. Els Castellans de Vilafranca anys més tard van fer el 7d8, i aquest 2015 van estrenar el 7d8a que es mostra a la Figura 10.



Figura 9: 5d9f de la Colla Jove de Tarragona



Figura 10: 7d8 dels Castellans de Vilafranca

- **El Nou:** està format per quatre estructures simples: un tres central i tres dosos, un en cada rengla. És a dir hi ha tres estructures de dos enganxades a un tres central de manera que hi ha nou persones per pis, sis dosos, tres acotxadors i una o tres enxanetes, per tant hi han tres aletes. Igual que en els altres castells, fins que l'enxaneta o les enxanetes no hagin fet les tres aletes no es considera carregat. El castell més important és el 9d8, que és el més baix de gamma extra³. A la Figura 11 es mostra un 9d8 de la Colla Vella de Valls fet a Reus.

- **El Dotze:** és un castell que consta de dotze persones per pis i està compost per cinc estructures simples, un quatre central i un dos a cada rengla del quatre enganxats, és a dir, hi ha un quatre, i quatre torres. També es necessiten vuit dosos, quatre acotxadors i quatre enxanetes amb la seva aleta respectiva. Com en els altres castells, no es compta carregat fins quan les enxanetes no han fet les quatre aletes. El seu sostre és el 12d7. A la Figura 12 es mostra un 12d7 dels Castellans de Barcelona fet l'any 2015.

³ Gamma més difícil de totes les construccions intentades a partir del 3d9f.



Figura 11: 9d8 de la Colla Vella dels Xiquets de Valls



Figura 12: 12d7 dels Castellers de Barcelona

- **El Tres amb el Pilar o amb Agulla:** té la mateixa estructura que el tres normal però s'hi afegeix un pilar al mig, que es va construint al mateix temps que el tres. Quan l'enxaneta corona el castell, ell o l'acotxador entren dins al pilar i passen a ser l'enxaneta del pilar, i el tres segueix desmuntant, però el pilar segueix dret. Hi han dues aletes. No es considera carregat fins que l'enxaneta no fa l'aleta dins el pilar i el tres ja esta tot desmuntat, que és quan el pilar es pot anar desmuntant per considerar-lo descarregat. El màxim castell amb aquesta estructura és el 3d9 amb folre i agulla/pilar. A la Figura 13 es mostra un castell d'aquest tipus descarregat pels Minyons de Terrassa.

- **El Quatre amb el Pilar o amb Agulla:** es fa igual que el tres amb l'agulla, però en lloc de ser un tres, és un quatre. El màxim castell és el 4d9fa que es mostra a la Figura 14.



Figura 13: 3d9fa dels Minyons de Terrassa



Figura 14: 4d9fa de la Colla Vella dels Xiquets de Valls

- **El Cinc amb el Pilar o amb Agulla:** també es fa igual que el quatre i el tres amb l'agulla, però com que el cinc és un castell compost, l'agulla anirà dins la part del tres, i hi haurà tres aletes. De la mateixa manera, no es considera carregat fins que l'estructura del cinc no està tota desmuntada i només queda el pilar. Els Castellers de Vilafranca el van crear l'any 2008.

- **Els castells aixecats per sota:** aquest tipus de castells són normalment d'estructura simple, ja que són bastant difícils. El castell en lloc que es construeix a partir dels baixos, es construeix a partir de la canalla (pom de dalt), i es va aixecant i es van afegint els pisos de baix. Per poder fer aquest tipus de castells s'ha de tenir una pinya molt forta. A la Figura 15 es mostren les diferents fases de l'aixecament del castell.



Figura 15: 3d7 aixecat per sota dels Castellers de Barcelona

1.4 - INDUMENTÀRIA CASTELLERA

La indumentària tradicional està composta per diferents peces que es detallen tot seguit:

- **La camisa:** és l'element que identifica a cada colla, ja que cada colla la porta d'un color diferent i amb l'escut de la colla corresponent. A la Figura 16 es mostra una fotografia d'una camisa amb un escut identificatiu. La camisa ha de ser resistent a les estrebades i ha de permetre que tot i que s'agafi fort no s'estripi.

- **Els pantalons:** a totes les colles són del mateix color, blancs, tal com es pot veure a la Figura 17. Han de ser d'un teixit resistent perquè a l'hora de pujar no s'estripin.



Figura 16: Camisa castellera dels Xiquets de Tarragona



Figura 17: Pantalons blancs castellers

- **El mocador:** per tradició acostuma a ser vermell amb puntets blancs. També hi ha els mocadors específics de cada colla que porten el seu escut brodat a la punta. Es pot portar a moltes parts del cos, alguns castellers el porten al genoll per ajudar a la canalla a pujar, al cap o al front, als canells pels primeres mans, a la faixa, etc... A la Figura 18 es pot veure un exemple de mocador casteller.

- **La faixa:** és l'element més important, ja que protegeix l'esquena i ajuda a pujar. Sol ser negre i també s'hi pot posar el mocador per fer fàcil la pujada. En algunes colles la canalla la poden portar blava, o lila o vermella, per tradició de la colla. Però l'original és de color negre, tal com es veu a la Figura 19.



Figura 18: Mocador casteller



Figura 19: Faixa castellera

2 - PRINCIPIS BÀSICS DELS CASTELLS

En aquest apartat s'analitzen alguns aspectes que ens defineixen què són els castells des de el punt de vista de les diferents branques de la ciència, com són la física, l'anatomia, la psicologia i la fisiologia.

2.1 - FÍSICA DELS CASTELLS

Un dels trets que ha generat més comentaris en el món dels castells ha estat el de les dimensions de les torres humanes.

La tendència general actualment és alleugerir el tronc tant com sigui possible, ja que és important per la seguretat, i es fa a partir d'estratègies tècniques. En quant a xifres un segon d'un castell de vuit pisos porta de mitjana 200 kg damunt de les seves espatlles i en un castell de nou pisos net (sense folre) carrega uns 250 kg. Per fer aquests càlculs es suma el pes de mitjana de cada pis, excepte els dosos, que es divideix per dos, i el de la enxaneta i acotxador entre quatre.

És difícil calcular el pes total d'un castell o la càrrega que pot suportar una pinya. Brotons⁴ i Ollé⁵ apunten que en un 3d10 amb folre i manilles, la pinya pot suportar unes vuit tones incloent el tronc, el folre i les manilles. Tot hi que es fa difícil calcular amb exactitud les xifres, la magnitud ens fa entendre que la gran dificultat dels castells és que no s'enfonsi l'estructura a causa del gran pes que suporta. El secret no és tan sols aconseguir una pinya compacta i multitudinària, sinó que el folre i les manilles siguin molt estables per evitar oscil·lacions en la pinya que facin deformar-la i enfonsar-la.

El castell no és una estructura constant, sinó que està sotmès a un seguit de càrregues dinàmiques que varien en el temps, aquestes càrregues fan canviar les dimensions, els centres de gravetat i sobretot les tensions i els esforços de cada moment. Els castells que a simple vista semblen "parats", tenen oscil·lacions constants que s'originen en els pisos baixos i van pujant tronc amunt. En un castell de nou els quarts poden patir desplaçament lateral d'uns 10 cm, i a l'alçada de l'acotxador entre 20 i 30 cm. Aquests canvis provoquen redistribucions de les càrregues i condicionen que hi hagi forces que passin d'una rengla a l'altra a través de l'acció dels braços en intentar mantenir l'estructura del castell i evitar que es deformi. Un altre factor que afegeix noves tensions a l'estructura d'un castell són les estrebades dels castellers quan pugen i baixen i la seva separació quan estan a l'esquena dels companys. Els braços de palanca i estrebades incrementen els esforços i les tensions i generen pics de càrrega molt alts. Per tant, com

⁴ BROTONS, X., "El món casteller estarà pendent avui en un 3 de 10 dels Minyons de Terrassa", Avui, [5-7-1998]. p.28.

⁵ OLLÉ, J.M., "Minyons apuestan por el tres de deu", Diari de Terrassa, [21-11-1998]. p.13.

més constant sigui la velocitat de pujada i baixada i menys se separi el casteller, menys tensions addicionals es generaran i hi haurà menys perill en l'estructura. Aquestes dades ens confirmen que el castell és una estructura "viva".

2.2 - ANATOMIA DELS CASTELLS

En general podem dir que hi ha tres tipus de treball o tasca en el castell, pujar i baixar del tronc (treball dinàmic), aguantar pes (a través de les espatlles o de les mans) i empènyer amb el pit (treball estàtic o isomètric). En cada treball actuen uns grups musculars diferents i ho fan de manera també desigual.

2.3 - PSICOLOGIA DELS CASTELLS

És poc probable que les colles arribin a tenir un psicòleg que guiï les decisions del cap de colla o que motivi a les persones de la pinya, però segons Plaza⁶ diu que estaria bé que s'intentés fer aportacions des del camp de la psicologia al món dels castells.

Els principals atractius dels castells són els fets poc previsibles i la incertesa del resultat i això genera un major o menor grau d'angoixa. Hi ha una sèrie de sensacions que experimenta un casteller en aquestes situacions, com són les palpitations, la sequedat de boca, l'augment del to muscular, la disminució de la gana, etc. Tot això va acompanyat de l'alliberament d'hormones com l'adrenalina, la noradrenalina i el cortisol.

Un altre factor que pot patir un casteller és l'estrès que es pot mesurar a partir de la freqüència cardíaca. Malgrat que no s'ha identificat l'estrès amb una situació perjudicial, si els estímuls estressants són excessius, la resposta de l'organisme pot ser exagerada i aleshores existeix el risc de desenvolupar alteracions, sobretot en el sistema cardiocirculatori. L'estrès apart de fer augmentar la freqüència cardíaca, fa pujar la pressió arterial. Per minimitzar l'estrès el casteller hauria d'estar ben entrenat, ja que els ben entrenats tenen una freqüència cardíaca més baixa i a l'acabar l'activitat retorna més ràpid a la situació normal. Els aspectes que determinen bàsicament l'estrès són: l'edat, el sexe, la posició, la dificultat, el context i el nivell tècnic.

⁶ PLAZA, F. (1996): "Aspectes psicològics en l'actuació". *Memòria de la 3a Jornada de Prevenció de Lesions del Casteller*. Manresa.

2.4 - FISIOLOGIA DELS CASTELLS

La fisiologia dels castells estudia els canvis en l'organisme dels castellers com a resposta a l'estrès físic i psíquic al que estan sotmesos durant l'actuació. Alguns aspectes tècnics que s'han de controlar són, determinar el temps que ha d'esperar el cap de colla entre intent i intent d'un castell per poder tenir a tots els castellers en les màximes condicions, saber quin casteller està més dotat per a cada una de les posicions o quin és el millor castell per fer en un dia determinat.

En termes generals els castellers poden fer tres tipus de treball, i el cap de colla distribueix a cadascú segons aptituds:

- Treball de tipus dinàmic: els músculs del casteller es contrauen i es relaxen cíclicament. El realitzen els que puguen castell amunt.
- Treball de tipus estàtic o isomètric: els músculs del casteller es contrauen sostingudament. El realitzen els de la pinya.
- Treball de càrrega de pes en equilibri dinàmic: els músculs del casteller es contrauen però realitzen curtes relaxacions per permetre reequilibrar el cos. El realitzen l'equip de mans (primeres i segones mans) i el tronc.

Com més puja el casteller més treball dinàmic realitza i menys pes té per aguantar. L'enxaneta només realitza exercici dinàmic i el baix només aguanta el pes. Entre aquestes dues posicions hi ha una graduació variable dels tipus de treball.

3 - ELS CASTELLS SÓN UN ESPORT?

Hi ha molts dubtes sobre aquesta pregunta, cada persona té la seva opinió i no hi ha una única resposta. Els castells són tradició i cultura, però també comporten la realització d'activitat física.

Hi ha una sèrie d'aspectes que permeten relacionar els castells amb l'esport com són, l'especialització dels subrols, és a dir, cada persona fa una funció concreta, l'espai, el temps, l'expansió territorial, el calendari, la tipologia dels practicants, la tècnica, el control de risc i els mitjans de comunicació. Amb tot això no es pot afirmar que els castells són un esport, però sí que tenen aspectes que s'hi acosten.

La realització de castells és una pràctica organitzada, a través de colles, sota una determinada normativa (de la pròpia colla, de la coordinadora de colles, d'un concurs, ...) en què es busca el millor rendiment i bons resultats a través de la participació en diades, i finalment s'estableixen una sèrie de rànquings. En aquest sentit el tema competitiu és força important en el món casteller, de la mateixa manera que en qualsevol esport.

La realització de castells és indubtable que és una activitat física amb un origen tradicional que pretén fomentar la participació d'un col·lectiu de persones de manera organitzada amb l'objectiu d'assolir una determinada construcció i on es fomenten les relacions humanes i implicant un elevat grau d'exercici físic. En aquest sentit els podríem considerar un esport.

És en aquest punt, doncs, que en aquest treball es pretén tractar els castells com un esport i poder aplicar als castells alguns aspectes aplicats en els esports. Concretament, en aquest treball s'estudia la viabilitat de poder oferir als castellers una eina que creiem molt útil per tal de poder saber si els castellers pateixen problemes de deshidratació, la qual cosa implicaria una baixada del seu rendiment amb les conseqüències descrites anteriorment.

4. - HIDRATACIÓ I EXERCICI FÍSIC

Com l'objectiu principal del treball és la mesura de la quantitat de suor produïda que pot donar lloc a saber el grau de deshidratació del casteller, mitjançant sensors químics epidèrmics, en aquest apartat es descriuen els aspectes més importants de la hidratació en la realització d'exercici físic, ja que tal com s'ha comentat anteriorment, en la realització de castells es realitza activitat física.

L'aigua té propietats tèrmiques ja que contribueix a mantenir la temperatura corporal constant, especialment durant la pràctica d'un exercici llarg en un ambient calorós i humit.

En situacions d'estrès físic, el nostre organisme realitza una sèrie de respostes per adaptar-se als esforços a que es troba sotmès. Una d'aquestes respostes és la sudoració, a conseqüència de la qual pot tenir lloc un quadre de deshidratació i per tant una reducció del rendiment.

La sudoració és una resposta fisiològica que intenta limitar l'augment en la temperatura interna, mobilitzant aigua cap a la pell per a la seva evaporació. L'evaporació de la suor és el mecanisme més eficient per evitar l'escalfament del cos, i per tant temperatures ambientals per sobre els 30°C presenten un risc greu de patologia per calor.

Depenent de la variabilitat individual, del tipus d'exercici i, fonamentalment, de la intensitat del mateix, la quantitat de suor pot inclús arribar a valors iguals o superiors a 3 litres/hora. Però, si aquesta pèrdua de líquid no es compensa amb una ingesta de fluids, hi haurà un deteriorament en la regulació de la temperatura, el rendiment i possiblement de la salut. Per tant, és necessari dissipar l'excés de calor cap a l'ambient de manera efectiva i evitar arribar a un estat de deshidratació.

Si perdem aigua a causa de l'activitat física i la calor, el nostre rendiment baixarà i tindrem més possibilitats a lesionar-nos durant l'activitat. És molt important beure aigua, més de la que el cos ens demana i menjar fruits secs entre castell i castell, ja que aquests aliments aporten energia i contenen uns minerals que es perden amb la suor (concretament sodi que cal restablir). Una altra alternativa per la reposició dels líquids perduts en l'exercici és el consum de begudes isotòniques que ja porten l'aigua i els minerals adequats.

En els líquids corporals que es perden en la sudoració es realitzen les diverses reaccions bioquímiques, es transporten substàncies energètiques i s'eliminen els productes de degradació i calor. Durant l'activitat física els líquids corporals porten glucosa i oxigen

als músculs i agafen àcid làctic i diòxid de carboni. És important mantenir un equilibri entre les pèrdues i l'ingesta de líquids (equilibri hídric).

4.1 - DETERMINACIÓ DE LA DESHIDRATACIÓ

Generalment, per avaluar el grau de deshidratació deguda a l'exercici físic es determina el pes corporal abans i després de la sessió d'entrenament i s'expressa la diferència en tant per cent del pes inicial.

Els efectes de la deshidratació es van presentant progressivament a mesura que continua la sudoració. L'evidència de com la deshidratació afecta al sistema circulatori és que a partir de l'1% de pèrdua de pes corporal, la freqüència cardíaca augmenta de 5 a 8 puls/min, el volum sanguini es redueix significativament, i llavors la temperatura corporal augmenta de 0,2 a 0,3 °C. A la taula 1 es mostra l'estat d'hidratació basat en els canvis del pes corporal.

Taula 1: Estat d'hidratació basat en els canvis del pes corporal⁷

ESTAT D'HIDRATACIÓ	CANVI EN EL PES CORPORAL (%)
Ben hidratat	+1 a -1%
Deshidratació mínima	-1 a -3%
Deshidratació significativa	-3 a -5%
Deshidratació greu	>5%

A la taula 2 es mostren els efectes fisiològics sobre el rendiment segons el percentatge de pèrdua de pes.

La pèrdua de líquids per sudoració que correspon a la pèrdua de l'1 al 2% de pes corporal afecta a diferents funcions fisiològiques i té efectes negatius en el rendiment físic de l'esportista. Una pèrdua més gran del 3% del pes corporal té un major risc de desenvolupar alguna patologia per calor.

⁷ GARCÍA PELLICER, J.J. (2009): *Reposición hídrica y su efecto sobre la pérdida de peso y deshidratación en jugadores de fútbol sala*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.

Taula 2: Efectes fisiològics sobre el rendiment segons el percentatge de pèrdua de pes

% PÈRDUA DE PES	EFFECTES
1%	-Increment del treball cardíac. -Disminució del rendiment aeròbic en climes càlids.
2%	-Set més intensa, malestar, pèrdua de la gana. -Disminució del rendiment mental i cognitiu.
3%	-Disminució del volum sanguini. -Augment del risc de contractures, rampes i lipotímies. -Reducció del temps de reacció, concentració i discriminació perceptiva.
4%	-Major esforç pels treballs físics, nàusees. -Disminució de la força muscular.
5%	-Increment de la temperatura corporal fins als 30°C. -Ràpida disminució del rendiment. -Alt risc de lesions al múscul tendinós.
6%	-Disminució i fallida dels mecanismes de termoregulació.
7%	-(Perillós) Dificultats per empassar saliva.
10%	-Dificultats per caminar.
15%	-Deliri.
20%	-Límits de la tolerància. -La pell seca es comença a trencar.

4.2 - HIDRATACIÓ I CONDICIONS AMBIENTALS

Els principals factors ambientals sobre la hidratació són la temperatura ambiental i la humitat relativa. El clima càlid augmenta el percentatge de deshidratació, però si aquest clima càlid va acompanyat d'una major humitat ambiental, augmenta el risc d'acumulació interna de calor. De la mateixa manera, si el clima càlid va acompanyat d'una baixa humitat ambiental el major risc és la deshidratació i la pèrdua d'electròlits.

4.3 - LA HIDRATACIÓ ABANS, DURANT I DESPRÉS DE L'EXERCICI

En la hidratació prèvia a l'inici de l'exercici, l'objectiu és aconseguir que els esportistes estiguin ben hidratats abans del començament de l'entrenament o de la prova de competició, ja que assegura una funcionalitat i un rendiment muscular correctes.

En la hidratació durant l'exercici, l'objectiu és aconseguir que els esportistes ingereixin prou quantitat de líquid per no arribar a la hidratació parcial que pot comprometre el treball muscular, tot repercutint negativament en el rendiment esportiu.

Per últim, cal recordar que en la rehidratació després de l'exercici, l'objectiu fonamental és restablir immediatament la funció fisiològica muscular, especialment si s'inicia després d'una nova tongada d'exercicis. La rehidratació post exercici consisteix a corregir qualsevol pèrdua de líquid acumulada durant el transcurs de l'exercici. L'ideal és completar la rehidratació durant les dues primeres hores després d'haver finalitzat un exercici.

Per una rehidratació post exercici correcta i ràpida es recomana ingerir almenys un 150% de la pèrdua de pes per cobrir la pèrdua de líquid deguda a la suor a més de la deguda a les pèrdues obligatòries d'orina.

5 - MESURA DE LA SUDORACIÓ: SENSORS QUÍMICS EPIDÈRMICS

En aquests moments, la monitorització aplicada als esportistes que ofereix qualsevol dispositiu comercial està principalment centrada en dades biomètriques, obtingudes de sensors físics com serien els acceleròmetres o els GPS, en combinació amb paràmetres fisiològics com la freqüència cardíaca. En canvi, existeix una gran limitació en controlar paràmetres com la suor o la seva composició que fins ara només es podien analitzar als laboratoris, després de la recollida de les mostres.

I és precisament això el que estan desenvolupant un grup d'investigadors de la Universitat Rovira i Virgili, el control a temps real de la suor dels esportistes per conèixer la quantitat que en perden, i poder-ho relacionar amb el pes que es perd durant la realització d'exercici físic.

Amb aquestes mesures es pot alertar als esportistes quan estan en perill de deshidratació, i així ells poden ser més conscients de la necessitat que tenen de beure i quan ho han de fer.

En aquest treball s'han utilitzat sensors químics epidèrmics per tal de mesurar el grau de sudoració dels castellers. Els sensors estan fets d'uns fils minúsculs de cotó amb un tractament especial de nanotubs de carboni que detecten a temps real la sudoració i envien la informació via *bluetooth* a un telèfon mòbil.

5.1 - SENSORS QUÍMICS EPIDÈRMICS

Un sensor és un dispositiu que detecta alguna característica del medi extern, la transforma en una altra que pugui ser fàcilment transmissible, mesurable i processable i transmet aquesta última a un dispositiu de control.

Els nanotubs de carboni es presenten com una opció interessant per la fabricació de sensors de petit tamany, portàtils, ràpids i de baix consum.

La propietat que s'aprofita en aquest cas dels nanotubs de carboni és que aquests poden detectar la variació de la resistència elèctrica, basant-se en què la resistència dels nanotubs depèn del nombre de càrregues lliures en el seu interior i aquest nombre es pot alterar mitjançant forces electrostàtiques provinents de l'exterior.

5.1.1 - Què són els nanotubs de carboni?

Des del seu descobriment, el 1991 per Iijima⁸, els nanotubs de carboni han estat, i són, un dels materials cridats a revolucionar la ciència, la indústria, l'electrotècnia i, en definitiva, les nostres vides.

Un nanotub de carboni es pot considerar un tub fet amb un sol full de grafè. Aquests nanotubs reben el nom de *single walled carbon nanotube* (SWNT) ja que només tenen una paret. En cas que els tubs estiguin formats per varis cilindres concèntrics reben el nom de *multi walled carbon nanotube* (MWNT). En la nomenclatura s'especifica que són de carboni ja que existeixen altres nanotubs formats per altres materials, com per exemple el nitrur de bor (BN). D'aquí en endavant sempre que ens referim a un nanotub serà un nanotub de carboni.

Els SWNT solen tenir uns diàmetres distribuïts segons una estadística gaussiana amb una mitjana $d_0 \approx 1 - 1,5$ nm i amb una longitud de l'ordre de desenes o centenars de micres. Els MWNT, amb una longitud similar, tenen un diàmetre molt més gran, l'interior sol rondar els 5 nm i l'exterior uns 100 nm per a 30 parets.

Els nanotubs de carboni són unes formes al·lotròpiques en què es presenta el carboni, en estat sòlid, a la naturalesa. Les altres formes són el grafit, el diamant i el carboni amorf, tot i que aquest últim no es consideri completament sòlid. El grafè, una fulla mono atòmica d'àtoms de carboni arranats en forma hexagonal s'usa per a descriure les propietats dels nanotubs considerant-los una fulla enrotllada d'aquests. El grafè no es considera una forma al·lòtropa del carboni ja que no es troba a la naturalesa i fins ara no s'ha produït en el laboratori.

A la Figura 20 es mostra la representació d'un full de nanotubs de carboni.

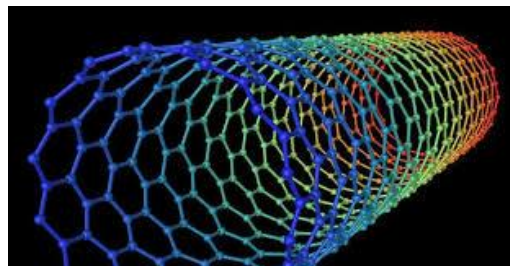


Figura 20: Full de nanotubs de carboni

⁸ IIJIMA, S. (1991): "Helical microtubes of graphitic carbon". Dins: *Nature*. Vol. 354, p.56-58.

Abans de centrar-nos en descriure les propietats dels nanotubs de carboni es descriurà la matèria bàsica de la que estan compostos els nanotubs: el grafè.

El grafè, és un full monoatòmic d'àtoms de carboni arranjats en forma hexagonal, el millor símil per entendre la forma del grafè seria comparar-ho amb un rusc d'abelles tal com es pot veure a la Figura 21.

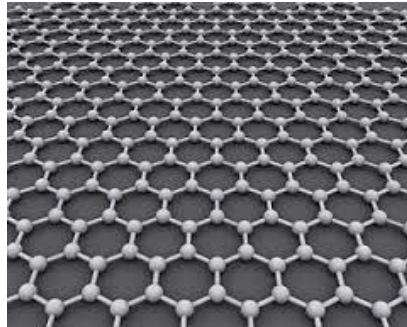


Figura 21: Full de grafè

Els àtoms de carboni tenen sis electrons quatre dels quals són de valència. Quan els carbonis formen el grafè, tres d'aquests àtoms es troben en orbitals híbrids sp^2 . Aquests orbitals sp^2 donen lloc a enllaços σ . El quart electró es troba en un orbital p perpendicular al pla del grafè. L'encavalcament d'aquests orbitals dóna lloc a enllaços π . Aquests enllaços π , degut a la seva feblesa, permeten que les capes de grafit es puguin separar amb molta facilitat.

El grafè, degut a la seva configuració atòmica, és un semimetall o un semiconductor. És un conductor elèctric.

El nombre de possibles aplicacions dels nanotubs de carboni és enorme. Si bé en aquest treball ens centrarem en la seva aplicació com a sensors.

Les propietats dels nanotubs de carboni són les següents:

- Elevada relació longitud/radi: el radi és inferior a un parell de nanòmetres i la longitud pot arribar a ser de 10^5 nm. Degut això es poden considerar unidimensionals.
- Elevada àrea superficial: la seva estructura porosa i en capes proporciona als nanotubs una elevada àrea superficial que els fa ideals per emmagatzemar diversos elements i substàncies químiques.

- Propietats elèctriques: els nanotubs es caracteritzen per presentar una gran complexitat electrònica que junt amb la seva geometria tenen un ampli marge de comportament pel que fa a la seva conductivitat elèctrica.
- Propietats mecàniques: els enllaços entre els àtoms de carboni del nanotub li donen molta robustesa i estabilitat cosa que fa que sigui la fibra més resistent que es pot fabricar.
- Propietats tèrmiques: alguns models de nanotubs tenen una conductivitat tèrmica elevada i també són molt estables tèrmicament (poden resistir les altes temperatures).

5.1.2 - Quina propietat mesuren els sensors?

En molts casos, encara que no sempre, s'aprofita el fet de que les propietats elèctriques dels nanotubs de carboni depenen de la seva estructura atòmica i electrònica i qualsevol modificació d'origen físic o químic que es produeixi en aquesta provocarà un canvi en dites propietats. Mesurant el canvi tindrem un reflex de la característica que la va provocar.

Tal i com s'ha esmentat a l'inici d'aquest capítol, els sensors químics utilitzats en aquest treball basen el seu funcionament en la mesura de la resistència elèctrica. Concretament, es mesura l'increment de resistència elèctrica que es produeix quan s'afegeix una solució aquosa (en aquest cas la suor) a la superfície del material conductor (en aquest cas els nanotubs de carboni). Aquesta propietat encara no està ben detallada ja que actualment està en fase d'investigació, si bé es suggereix que l'augment de resistència ve donat per la interacció de les molècules d'aigua de la suor amb el surfactant (com un sabó) i els nanotubs de carboni. La hipòtesi és que les molècules d'aigua solubilitzen el surfactant dipositat entre els nanotubs de carboni durant el procés de fabricació del paper conductor i així, les molècules d'aigua es disposen al voltant del nanotub i impedeixen o dificulten el flux d'electrons al llarg dels nanotubs de carboni, produint un increment en la resistència.

5.1.3 - Què és la resistència elèctrica?

La resistència elèctrica és una mesura del grau d'oposició que presenta un objecte al pas del corrent elèctric a l'aplicar una diferència de potencial. La unitat del Sistema Internacional d'Unitats per a la resistència elèctrica és l'ohm, que se simbolitza amb la lletra grega omega majúscula (Ω).

5.2 - ESQUEMA D'UN SENSOR I EL SEU FUNCIONAMENT

A la Figura 22 es pot veure un esquema de les diferents parts d'un sensor. La suor entra per un petit orifici realitzat a una làmina de policarbonat, i arriba a la làmina de paper que conté els nanotubs de carboni. A l'aplicar una diferència de potencial a través dels fils de coure s'obté la resistència elèctrica que ofereixen els nanotubs de carboni. El transductor converteix el senyal analògic en digital, i envia les dades via *bluetooth* a un telèfon mòbil.

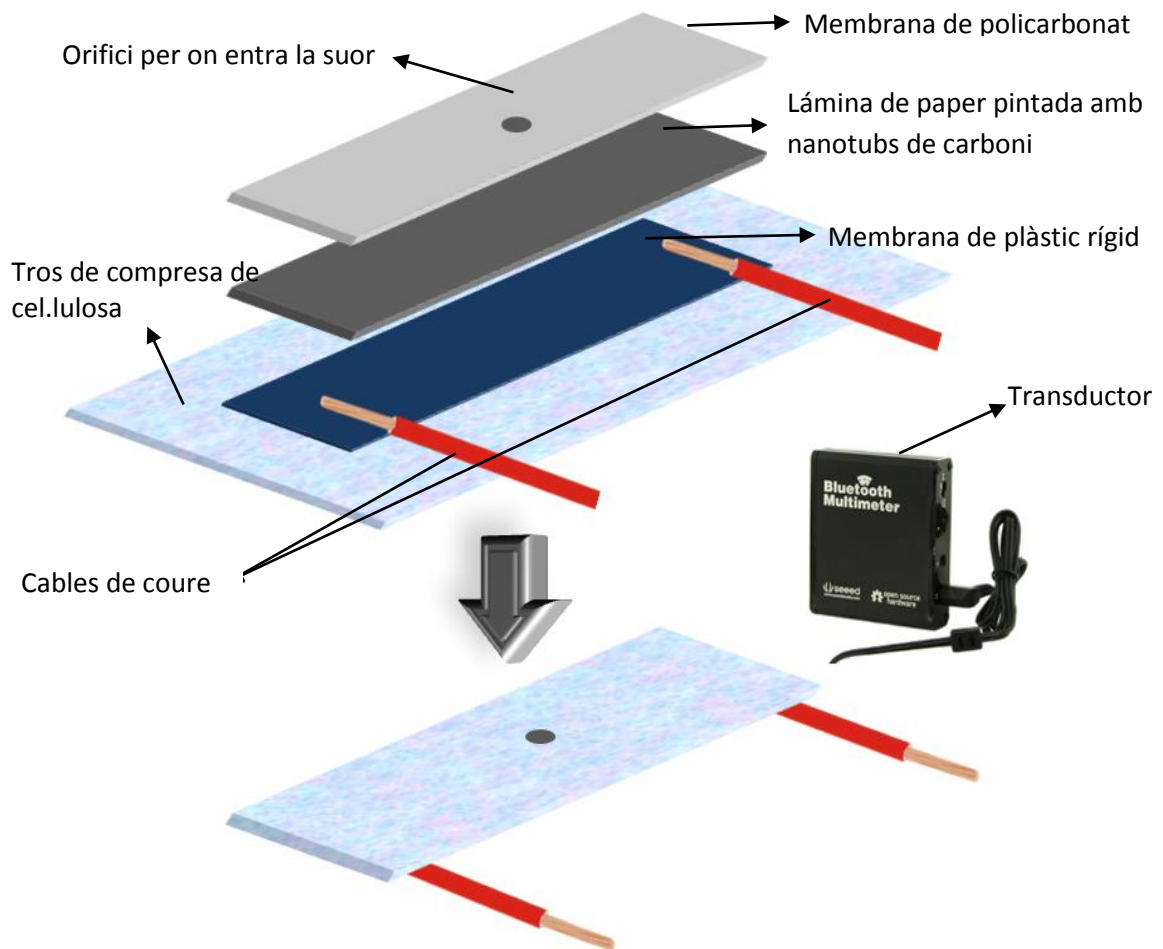


Figura 22: Esquema d'un sensor químic epidèrmic

5.3 - CÀLCUL DEL VOLUM DE LÍQUID PERDUT

Per a calcular el volum de suor dels castellers participants en l'estudi, a partir de les dades de resistència elèctrica mesurada amb el sensor, és necessari prèviament haver realitzat la calibració del sensor. Aquesta calibració es realitza mitjançant l'addició de diferents volums coneguts de solució aquosa al sensor i mesurant la resistència elèctrica s'obté una recta de calibratge (Equació 1). Es calcula el percentatge de resistència segons l'Equació 2 i, aquest s'interpol·la a la recta de calibratge per tal de predir el volum de suor en una àrea de 0,2 cm² (Equació 3), que és l'àrea de la circumferència de 5 mm de diàmetre (orifici per on la suor entra en contacte amb el sensor pròpiament dit).

$$\%R = 1,8723 + 1,1664V \quad \text{Equació 1}$$

$$\%R = \frac{R_f - R_i}{R_i} \cdot 100 \quad \text{Equació 2}$$

$$V(\mu L) = \frac{\%R - 1,8723}{1,1664} \quad \text{Equació 3}$$

%R: increment de resistència elèctrica (%)

R_i: resistència elèctrica inicial (Ω_i)

R_f: resistència elèctrica final (Ω_f)

V (μL): volum de suor, mesurat en μL

Per a calcular el volum de suor per unitat de superfície (cm²), es divideix el volum de suor calculat a partir de la recta de calibratge per 0,2 cm² (Equació 4).

$$\text{Volum suor} \left(\frac{\mu L}{cm^2} \right) = \frac{V(\mu L)}{0,2 cm^2} \quad \text{Equació 4}$$

Per poder calcular el volum de suor perdut en tot el cos hem de calcular prèviament l'àrea superficial del cos del casteller (m²) segons l'Equació 5.

$$\text{Àrea superfície cos (ASC) (m}^2\text{)} = \sqrt{\text{alçada (cm)} \times P_i(\text{kg})/3600} \quad \text{Equació 5}$$

Finalment es calcula el volum total de líquid perdut (VLP) (L) mitjançant l'equació 6.

$$VLP(L) = vol suor \left(\frac{\mu L}{cm^2} \right) \cdot \frac{10^4 cm^2}{1 m^2} \cdot ASC(m^2) \cdot \frac{1L}{10^6 \mu L} + 0,08L \quad \text{Equació 6}$$

On 0.08 L són els litres d'aigua que es perden en la respiració durant un exercici d'activitat moderada.

5.4 - CÀLCUL DEL PERCENTATGE DE DESHIDRATACIÓ

Per calcular el percentatge de deshidratació segons el mètode de pes amb la balança (%DH (b)) s'utilitza l'Equació 7, on "% DH (b)" indica que s'ha calculat amb el mètode de la balança. Es pesen els castellers abans i després de l'assaig, i es mesura l'aigua beguda durant l'assaig (amb una proveta d'1 L). La mesura dels pesos es realitza mitjançant una bàscula de bany.

$$\%DH (b) = \frac{(P_f - Ingesta aigua) - P_i}{P_i} \cdot 100 \quad \text{Equació 7}$$

P_i : pes inicial (kg): pes del casteller a l'inici de l'assaig

P_f : pes final (kg): pes del casteller al final de l'assaig

Ingesta d'aigua (L): aigua que beu el casteller durant l'assaig

%DH: percentatge de deshidratació

Per calcular el grau de deshidratació mitjançant la utilització dels sensors (%DH (s)) s'utilitza l'Equació 8, on "% DH (s)" indica que s'ha calculat amb el mètode del sensor.

$$\%DH (s) = \frac{volum líquid perdut}{P_i} \cdot 100 \quad \text{Equació 8}$$

El volum de líquid perdut és el volum, en litres, perdut pel casteller calculat segons el mètode que utilitza el sensor.

Per tant, la quantitat de deshidratació i/o volum de líquid perdut la podem calcular mitjançant dos mètodes diferents, el mètode que utilitza el sensor (a partir d'ara anomenat *mètode del sensor*) i el mètode del càlcul de la pèrdua de pes del casteller mitjançant la pesada del casteller abans i després de l'assaig (a partir d'ara anomenat *mètode de la balança*). Un cop analitzades les dades podem veure quin dels mètodes és més fiable, i si els dos mètodes donen resultats semblants.

Per comparar el percentatge de correlació entre els dos mètodes es calcula la relació entre la dada proporcionada pel mètode del sensor i la dada proporcionada pel mètode de la balança, que anomenarem % de correlació.

5.5 - CÀLCUL DE LA TAXA DE SUDORACIÓ

La taxa de sudoració és una mesura del volum del líquid perdut per unitat de temps. Per calcular-la segons el mètode de la balança es necessita conèixer el pes inicial i el pes final del casteller, la quantitat de líquid begut durant l'exercici físic i la durada en hores del mateix (Equació 9).

$$\text{Taxa sudoració (b)} \left(\frac{L}{h} \right) = \frac{(P_i - P_f + \text{ingesta aigua})}{\text{durada exercici}} \quad \text{Equació 9}$$

Per calcular la taxa de sudoració segons el mètode del sensor s'utilitza l'Equació 10.

$$\text{Taxa sudoració (s)} \left(\frac{L}{h} \right) = \frac{\text{volum líquid perdut}}{\text{durada exercici}} \quad \text{Equació 10}$$

6 - PART EXPERIMENTAL

La part experimental del treball ha consistit en la mesura de la sudoració mitjançant els sensors químics a quatre castellers durant onze dies d'assaig. Després de prendre les diferents dades, les quals es detallen a l'apartat 6.3 del treball, es realitzen els diferents càlculs detallats als apartats 5.3, 5.4 i 5.5 per tal de poder obtenir el volum total de líquid perdut, el percentatge de deshidratació i la taxa de sudoració. La dada del volum total de líquid perdut és un paràmetre indicatiu de la quantitat de líquid que s'ha d'ingerir per tal de no patir problemes de deshidratació.

Com a pas previ a les mesures abans esmentades, també vaig tenir la oportunitat de construir els sensors, seguint les indicacions dels membres del grup de recerca de la universitat que els han desenvolupat.

6.1 - CONSTRUCCIÓ DELS SENSORS EPIDÈRMICS

Els materials emprats en la construcció dels sensor són:

- plàstic flexible
- plàstic rígid
- làmina de paper pintada amb nanotubs de carboni
- membrana de policarbonat
- cola conductora
- cable de coure
- compreses de cel·lulosa
- cercles de cotó de desmaquillar
- esparadrap impermeable
- esparadrap de plàstic
- gasses
- cinta aïllant
- *hydrofilm* - material adherent a la pell

A la Figura 23 es mostren les diferents etapes en la construcció d'un sensor i a continuació es detallen aquestes:

1 - Es tallen els dos cables de coure i es despunten (traient el recobriments que envolta el fil de coure) (Figura 23a).

2 - Es talla un tros de compresa en forma de quadrat de 6 x 4,5 cm (material molt absorbent), i al mig es talla un quadrat de 3 x 2,5 cm (Figura 23b).

3 - Es talla en forma quadrada un cercle de cotó de desmaquillar i es fa un forat al mig d' aproximadament 4 mm de diàmetre (Figura 23c).

4 - Es talla un rectangle de la làmina de paper pintada amb nanotubs de carboni de 5 x 1 cm (Figura 23d).

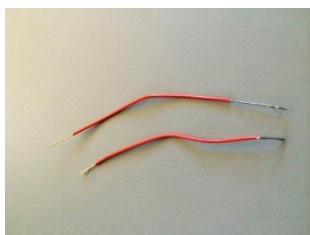
5 - Es talla un rectangle de 5 x 1 cm del plàstic flexible i es fa un forat al mig de 4 mm de diàmetre (Figura 23e). Es talla un quadrat de la membrana de policarbonat de 0.8 x 0.8 cm, que cobrirà el forat realitzat en el rectangle de plàstic flexible. A la figura quedaria a la part del darrere.

6 - Es talla un rectangle de plàstic rígid transparent de 5 x 1 cm (Figura 23f).

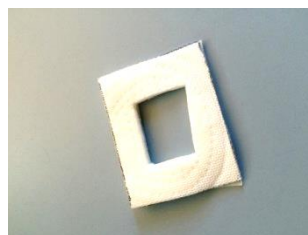
7 - Es munten les diferents parts tal com es mostra a la Figura 23g. S'enganxen els terminals de coure als extrems del rectangle de la làmina de nanotubs de carboni amb la cola conductora. Els extrems es subjecten amb cinta aïllant.

8 - Es cobreix el sensor amb esparadrap impermeable deixant l'orifici al descobert. D'aquesta manera la suor només entra en contacte amb els nanotubs de carboni a través del petit orifici (Figura 23h).

9 - S'adhereix el cotó a la làmina de plàstic flexible i damunt s'enganxa el tros de compresa encaixant-l'ho amb l'orifici (Figura 23i).



(a)



(b)



(c)

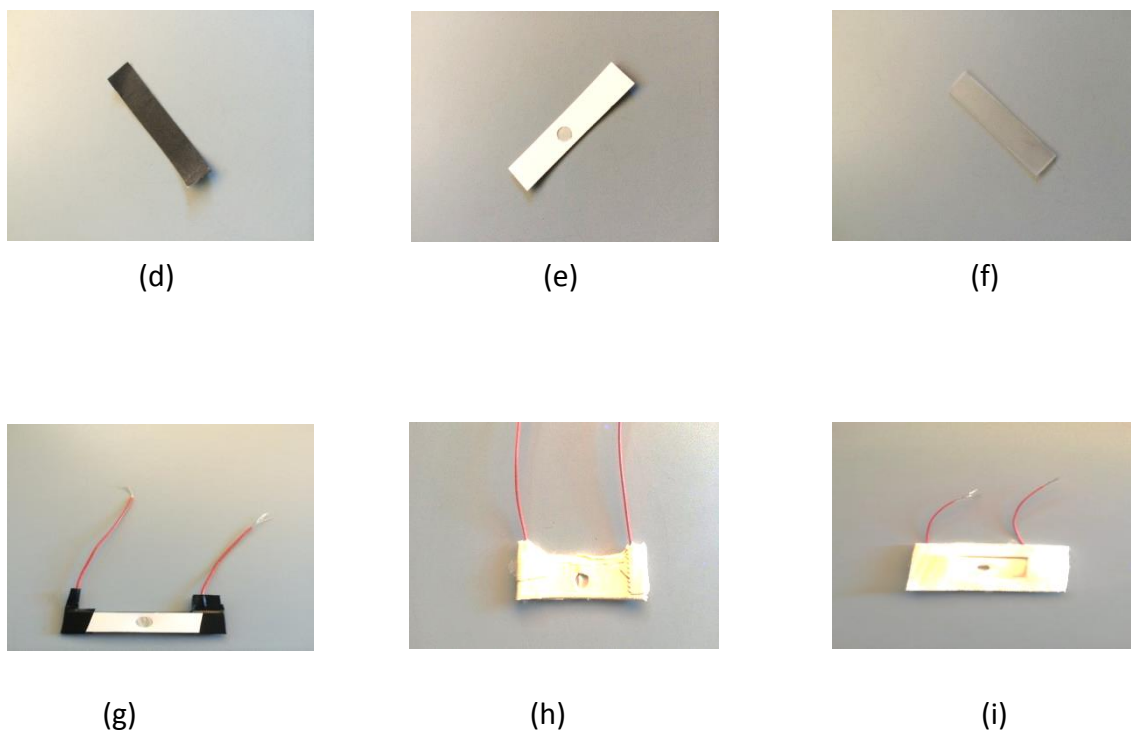


Figura 23: Etapes de la construcció d'un sensor

6.2 - COL·LOCACIÓ DELS SENSORS EPIDÈRMICS

Per col·locar els sensors als participants en l'estudi s'agafa el sensor i es col·loca sota el pit tocant a la pell per la part on hi ha el forat, i es subjecta amb un material adherent a la pell (*hydrofilm*). Els cables de coure del sensor es connecten a un transductor, que envia les dades via *bluetooth* a un telèfon mòbil. Els cables s'emboiquen amb gasses i esparadrap per a que no molestin al casteller. A la Figura 24 es pot veure una fotografia d'un casteller amb el sensor col·locat.

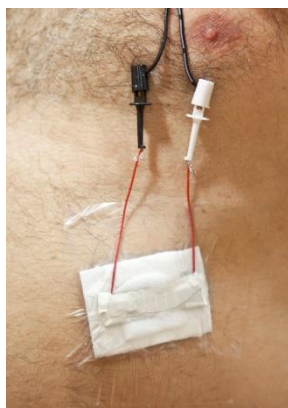


Figura 24: Fotografia d'un casteller amb el sensor col·locat

6.3 - DADES DELS PARTICIPANTS

Els castellers participants de l'estudi han estat quatre homes, dos que formen part del tronc i dos que formen part de la pinya, ocupant diferents posicions segons el castell. Per tal de preservar la identitat dels castellers se'ls anomena amb les lletres A, B, C i D.

Les dades d'edat i alçada així com el tipus de casteller es mostren a la taula 3.

Taula 3: Dades dels participants

CASTELLERS	SEXE	EDAT	ALÇADA (cm)	TIPUS DE CASTELLER
A	Home	33	178	Tronc
B	Home	24	170	Tronc
C	Home	52	169	Pinya
D	Home	23	171	Pinya

6.4 - MESURES EXPERIMENTALS

El full utilitzat per apuntar les mesures realitzades al local d'assaig es mostra a la taula 4, que inclou la temperatura del local, la humitat relativa, el pes a l'inici i al final de l'assaig i les dades de resistència inicial i final que proporciona el sensor. També s'anota l'hora de començament i d'acabament de l'assaig, així com l'aigua beguda durant l'assaig. Els castellers es pesen amb roba interior.

Les diferents mesures experimentals es van realitzar durant onze dies d'assaig, entre el 28 de juliol i el 10 de setembre del 2015, coincidint aquestes dates amb la època de més intensitat tant d'assajos com de diades a plaça.

Les taules amb el recull de dades es mostren a la taula 5 i a l'annex.

Taula 4: Taula per anotar les dades a l'assaig

DADES:	HORA:	TEMPERATURA (°C):	HUMITAT (%):
A			
	PES	RESISTÈNCIA	SENSOR (Ω)
INICI			
FINAL			
B			
	PES	RESISTÈNCIA	SENSOR (Ω)
INICI			
FINAL			
C			
	PES	RESISTÈNCIA	SENSOR (Ω)
INICI			
FINAL			
D			
	PES	RESISTÈNCIA	SENSOR (Ω)
INICI			
FINAL			

7 - RESULTATS I DISCUSSIÓ

En aquest apartat es mostren i discuteixen les dades obtingudes en les diferents experiències realitzades durant onze dies d'assaig a quatre castellers. Un cop realitzades les mesures s'han calculat diferents paràmetres per tal d'avaluar, en primer lloc la viabilitat de la utilització de sensors per la mesura del grau de deshidratació dels castellers, i en segon lloc, s'han calculat i avaluat diferents paràmetres per tal de poder recomanar als castellers la quantitat d'aigua que haurien de beure durant els assajos i durant les actuacions a plaça per tal de no patir problemes de deshidratació.

Prèviament, cal comentar diferents aspectes importants abans de realitzar l'anàlisi de les dades, així com també detallar les experiències dels castellers a l'experimentar l'ús del sensor i la consciència que han tingut de beure aigua durant les proves.

El primer que cal destacar és la bona predisposició dels castellers a participar en l'estudi, tenint en compte que els podia produir una certa molèstia el fet de portar el sensor enganxat a la pell. Si bé en un principi, sobretot els primers dies de col·locació del sensor, els castellers estaven una mica preocupats per veure si el sensor els podia incomodar, finalment varen comprovar que no els produïa cap tipus de molèstia. Cal esmentar que una correcta col·locació i una bona protecció amb gasses i esparadrap proporciona comoditat ja que no produeix cap ferida a la pell. També el fet de que el transductor queda embolcallat en la faixa proporciona comoditat ja que no representa perill en quant a possibles estrebades dels cables que uneixen el sensor amb el transductor.

Les mesures al local d'assaig van presentar certes dificultats degut principalment a que l'espai, la lluminositat, i les presses dels castellers feien que, en algunes ocasions, la col·locació dels sensors i la mesura del pes amb la balança no fossin del tot acurades.

La transmesa de dades des del sensor al transductor, i d'aquest fins al telèfon mòbil també va ocasionar alguns problemes, i, per aquest motiu alguns dies determinats no es van poder obtenir dades per algun casteller tal i com queda palès a les taules recollides a l'annex. Aquests problemes s'han de tenir en compte a l'hora de millorar la connexió des del sensor al transductor, ja que algun dia determinat va ser impossible realitzar la connexió. A la finalització d'aquest treball ja es van poder realitzar algunes mesures amb unes noves connexions que milloren molt la fixació entre el sensor i el transductor.

A la taula 5 es mostren les dades de les experiències corresponents al dia 4 d'agost del 2015, on es poden veure tant les dades recollides al local d'assaig, com són la durada de l'assaig, el pes inicial i final del casteller i la seva alçada, la temperatura i la humitat relativa del local, l'aigua beguda i les dades de resistència elèctrica a l'inici i al final de

l'assaig obtingudes a través del sensor. A partir d'aquestes dades s'ha calculat, tal i com s'indica a l'apartat 5.3, el volum de líquid perdut pels castellers. El càlcul del volum de líquid perdut segons el mètode de la balança correspon a la columna de la taula on s'indica (P_f -ingesta d'aigua- P_i), i tenint en compte que la densitat de l'aigua és 1 Kg/L i assumint que la suor té la mateixa densitat que l'aigua, el volum total de líquid perdut s'expressa en litres.

El volum total de líquid perdut segons el mètode del sensor s'indica com "Líquid total perdut (L)" a la taula 5 i a les taules de l'annex.

A partir del volum total del líquid perdut per ambdòs mètodes es calcula el percentatge de deshidratació i la taxa de sudoració, tal i com s'indica en els apartats 5.4 i 5.5, respectivament. A la taula 5 i a l'annex el percentatge de deshidratació i la taxa de sudoració es designen amb un parèntesi al final de tal manera que "(b)" indica que s'ha calculat segons el mètode de la balança i "(s)" indica que s'ha calculat segons el mètode del sensor.

En l'anàlisi de resultats obtinguts es pot observar que hi ha una sèrie de valors que queden fora de l'interval habitual segons dades bibliogràfiques⁹. Aquests valors, considerats discrepants, es troben marcats en color vermell a les taules, i corresponen a valors positius de " P_f -Ingesta aigua- P_i ", ja que no és possible que la ingesta d'aigua més el pes inicial sigui més gran que el pes final. Quan aquest paràmetre dóna positiu, el corresponent percentatge de deshidratació i la taxa de sudoració, ambdós amb el mètode de la balança, donen valors positius, considerats, per tant, valors discrepants.

Quan el càlcul del volum total de suor, calculat segons el mètode del sensor, dóna un valor més gran que 4 litres, es considera un valor fisiològicament discrepant⁹, ja que una pèrdua de suor de 4 litres o més es considera no viable.

Tots aquests valors discrepants es troben escrits en color vermell a les taules, i no seran considerats en la discussió de resultats posterior. A la taula 6 es recull el nombre de vegades que cadascun del dos mètodes ha donat uns valors considerats discrepants o fora d'interval. Considerant que el mètode del sensor ha donat un nombre de vegades fora d'interval inferior al mètode de la balança es consideraran els resultats obtinguts amb el mètode del sensor més fiables que els resultats obtinguts amb el mètode de la balança. Per tant, una vegada comparats els resultats obtinguts per ambdós mètodes, només s'utilitzaran les dades obtingudes amb el mètode del sensor en la discussió de

⁹ GONZÁLEZ-ALONSO, J., COYLE, E.F. (1998): "Efectos fisiológicos de la deshidratación ¿Por qué los deportistas deben ingerir líquidos durante el ejercicio en el calor?". Dins: *Apuntes de Educación Física y Deportes*. Vol.54, p. 46-52.

resultats respecte al volum total de líquid perdut, del percentatge de deshidratació i a la taxa de sudoració.

Taula 5: Recull dels diferents paràmetres mesurats i calculats corresponents al 4 d'agost del 2015

DIA	HORA		DURADA (h)	T(°C)	HUMITAT (%)
	INICI	FINAL			
4-ag-2015	19:30h	22:15	1,75	27°C	85%

CASTELLER	PES (kg)		P _f - INGESTA AIGUA (h)	P _f - INGESTA AIGUA - P _i	ALÇADA (cm)	IMC (Kg/cm ²)	INGESTA AIGUA (L)	%DH(b)	TAXA DE SUDORACIÓ (b) (L/h)
	INICI	FINAL							
A	93,8	92,4	91,8	-2,03	178	0,003	0,630	-2,164	-1,160
B	69,2	70,2	68,9	-0,27	170	0,002	1,270	-0,390	-0,154
C	80,5	79,0	78,3	-2,20	169	0,003	0,700	-2,733	-1,257
D	59,2	59,0	59,0	-0,23	171	0,002	0,030	-0,389	-0,131

CASTELLER	R _i (Ω)	R _f (Ω)	R _f (Ω) - R _i (Ω)	%R	μL sensor	μL/cm ²	ÀREA SUPERFICIAL DEL COS (m ²)	VOLUM TOTAL SUJOR (L)	LIQUID TOTAL PERDUT (s) (L)	%DH(s)	TAXA DE SUDORACIÓ(s) (L/h)
A	140	178	38	27,143	21,665	108,327	2,154	2,333	2,413	2,572	1,379
B	120	147	27	22,500	17,685	88,425	1,808	1,598	1,678	2,426	0,959
C	122	135	13	10,656	7,530	37,652	1,944	0,732	0,812	1,009	0,464
D	155	173	18	11,613	8,351	41,755	1,677	0,700	0,780	1,318	0,446

Taula 6: Resultats discrepants segons els dos mètodes

MÈTODE	Vegades fora d'interval
Sensor	3
Balança	8

Per tal de comparar els resultats obtinguts pels dos mètodes, a la taula 7 es mostra el percentatge de correlació entre ells, calculat com la relació, en percentatge, entre el volum de líquid perdut segons el mètode del sensor i el volum de líquid perdut segons el mètode de la balança. Valor propers al 100% indiquen una bona correlació entre els dos mètodes. Dels 20 valors obtinguts, 5 mostren un valor de correlació comprés en l'interval 80-120%, 3 valors són inferiors al 80% i 12 valors són superiors al 120%. Per tant, la majoria de valors mostren un valor de volum de líquid perdut superior amb el mètode del sensor. Aquest fet podria ser degut a que per a calcular el volum total de líquid perdut amb el sensor no s'ha fet servir cap factor de correcció a l'extrapolar la quantitat de suor mesurada pel sensor en una àrea de 0.2 cm² a la quantitat de líquid perdut de tot el cos calculant l'àrea de la superfície del cos de cada casteller.

A la Figura 25 es mostra en forma de gràfic la correlació entre els dos mètodes, i a la Figura 26 es representen les mateixes dades que a la Figura 25 però de manera individual per cada casteller per tal de visualitzar els resultats de manera més clara.

Es pot observar una falta de correlació entre ambdós mètodes, fet que possiblement és degut a que les diferents variables mesurades no s'han mesurat amb la suficient precisió, com les mesures de pesos amb la balança i el volum de líquid ingerit. La possible incorrecció de la mesura del pes podria ser deguda a que la balança no estigués ben calibrada; i la possible manca de precisió en el volum de líquid ingerit podria ser degut a que s'ha emprat una proveta d'un litre de capacitat, que és un material de poca precisió. En el cas de la utilització del sensor, aquest podria no mesurar correctament si es produeix una saturació a causa d'una gran quantitat de suor.

Taula 7: Percentatge de correlació del volum de líquid perdut (L) entre el mètode del sensor i el mètode de la balança

	Volum líquid perdut (L)		
	Mètode Sensor	Mètode Balança	% Correlació
CASTELLER A			
28-jul	1,757	0,60	292,813
31-jul	1,098	0,45	244,086
04-ago	2,413	2,03	118,862
10-sep	1,753	1,15	152,060
CASTELLER B			
28-jul	0,921	1,18	78,040
31-jul	0,881	0,87	101,24
04-ago	1,678	0,27	621,649
07-ago	3,559	0,63	577,582
11-ago	3,235	0,37	874,346
10-sep	0,933	0,44	212,045
CASTELLER C			
31-jul	0,416	0,35	116,762
01-ago	1,168	1,46	78,450
04-ago	0,812	2,20	36,210
07-ago	2,614	0,50	512,131
09-ago	1,058	1,13	91,781
14-ago	1,241	0,41	296,801
25-ago	1,664	0,17	959,473
CASTELLER D			
04-ago	0,780	0,23	323,685
07-ago	0,879	0,59	142,001
11-ago	0,315	0,30	101,005
25-ago	0,316	0,13	233,96
08-sep	0,163	0,20	79,498
10-sep	1,340	0,05	2550,64

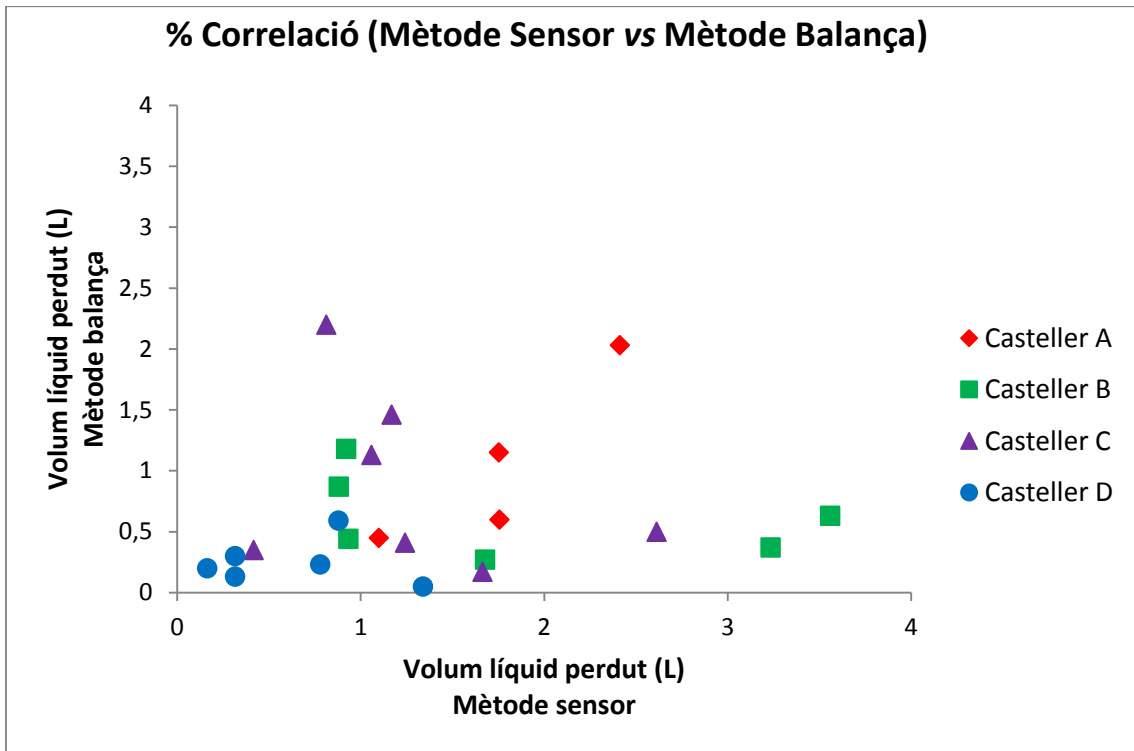


Figura 25: Correlació del volum total de líquid perdut entre el mètode del sensor i el mètode de la balança

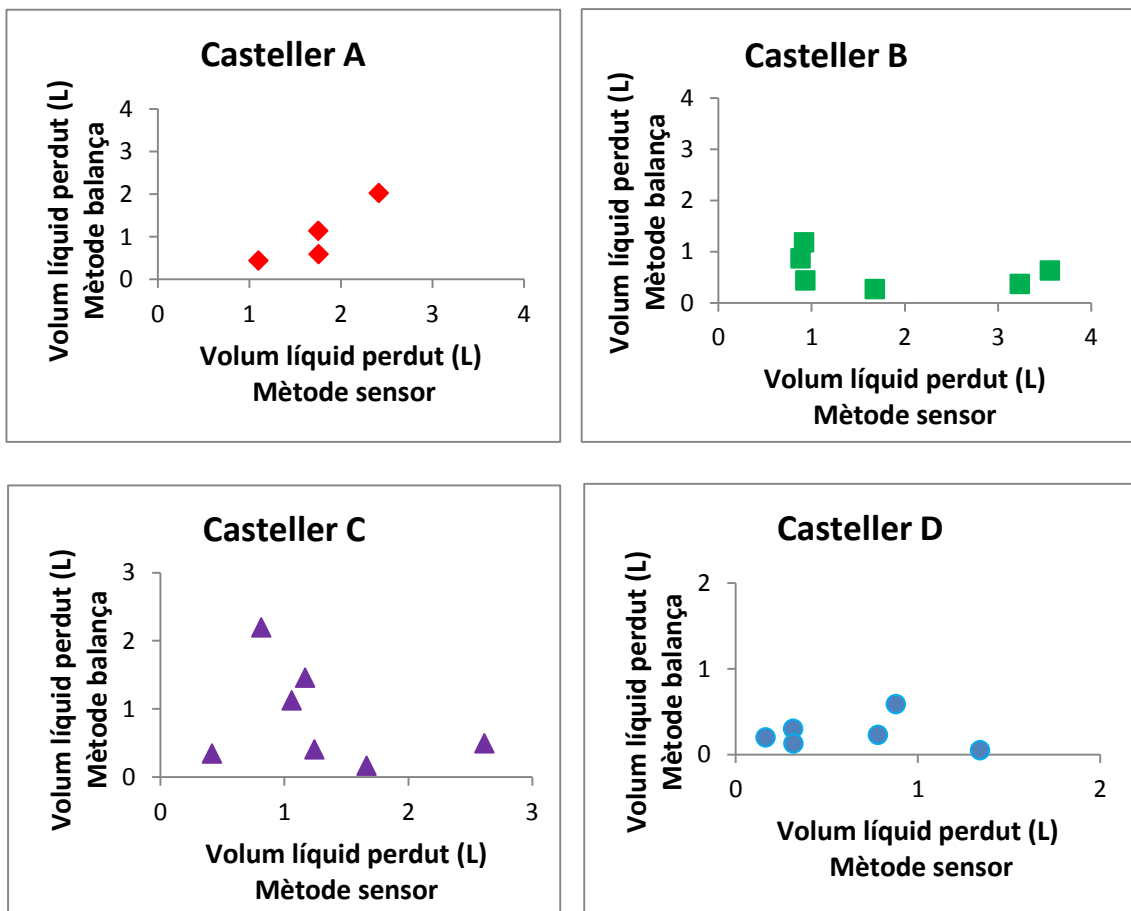


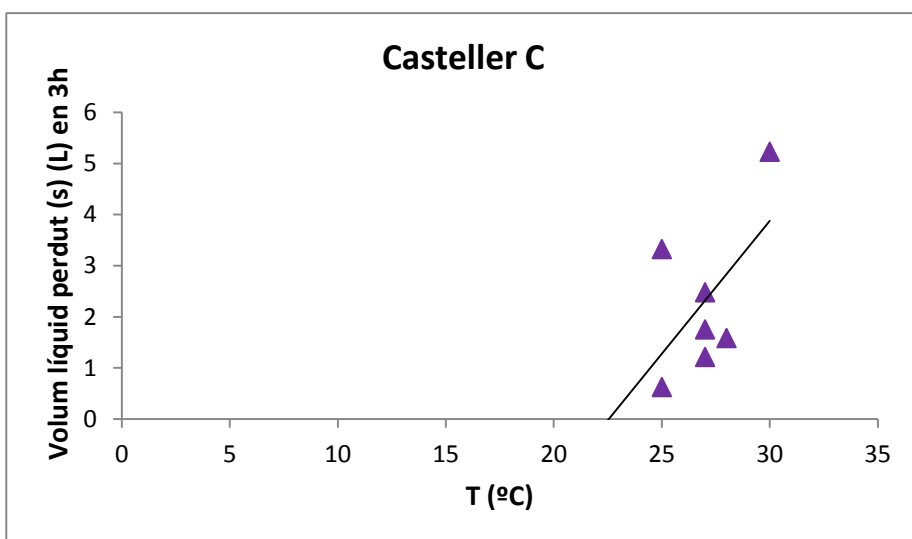
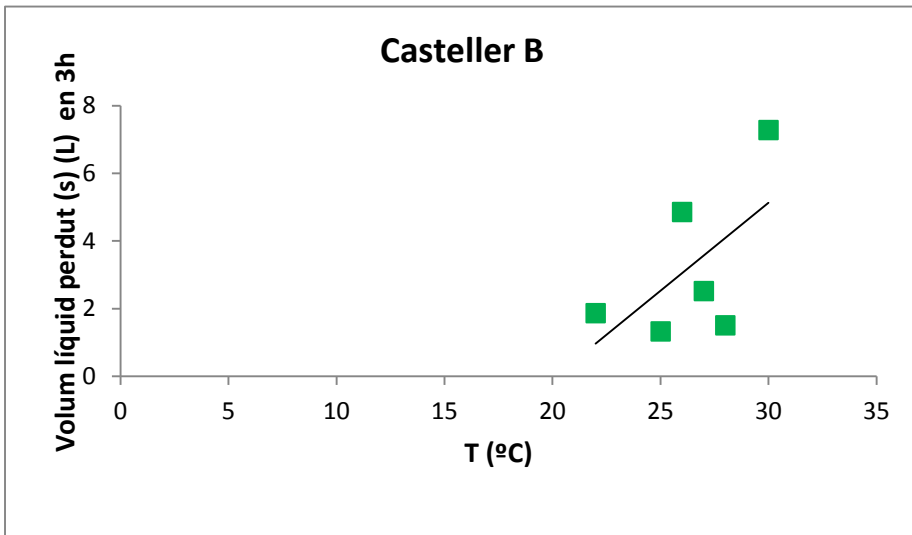
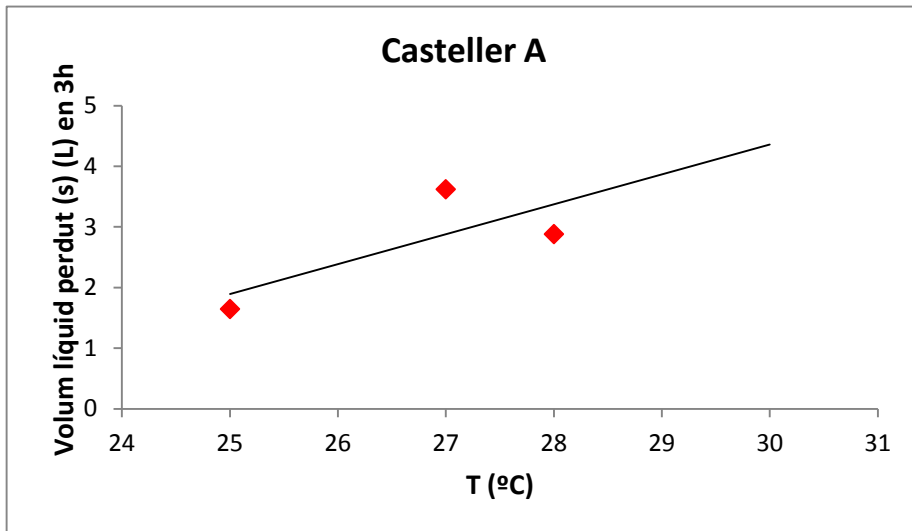
Figura 26: Correlació del volum total de líquid perdut entre el mètode del sensor i el mètode de la balança per cada casteller

A la taula 8 es mostren els valors del volum total de líquid perdut pels castellers en funció de la temperatura ambient corregint els valors de la taula 5 i de les taules de l'annex a una durada de l'exercici de 3 hores, per tal de simular una actuació castellera a plaça. Cal tenir en compte que la durada de les diades castelleres és molt variable, depenent del lloc físic on es realitza i del nombre de colles participants. La normalització dels valors a 3 hores permet observar la variació del líquid perdut en funció de la temperatura. Si no es realitza aquesta normalització no es podria observar aquesta variació ja que cada dia que es varen prendre mesures la durada de l'assaig era diferent. Es mostren els resultats obtinguts per als dos mètodes.

Si es representen els valors de la taula 8 obtinguts pel mètode del sensor s'obtenen els gràfics de la Figura 27 per cada casteller. En el cas dels castellers A i D es va eliminar el primer punt ja que es va observar que era un punt clarament discrepant. Es pot observar que existeix una certa dependència entre el volum de líquid perdut i la temperatura, a l'augmentar la temperatura augmenta el volum de líquid perdut.

Taula 8: Valors del volum de líquid perdut en 3 hores per cada casteller en funció de la temperatura

		Volum líquid perdut (s) (L) en 3 hores											
		Casteller A			Casteller B			Casteller C			Casteller D		
T (°C)		Sensor (L)	Balança	Sensor (L)	Balança	Sensor (L)	Balança	Sensor (L)	Balança	Sensor (L)	Balança	Sensor (L)	Balança
10-set	22	3,506	2,300	1,866	0,880					2,680	0,100		
31-jul	25	1,647	0,675	1,322	1,305	0,624	0,525						
25-ag	25					3,328	0,340			0,632	0,195		
8-set	25									0,244	0,238		
11-ag	26			4,852	0,555					0,472	0,454		
1-ag	27					1,7552	2,190						
4-ag	27	3,620	3,045	2,517	0,405	1,218	3,300	1,170	0,345				
14-ag	27					2,482	0,82						
28-jul	28	2,880	0,984	1,510	1,934								
9-ag	28					1,587	1,695						
7-ag	30			7,278	1,260	5,228	1,000	1,758	1,180				



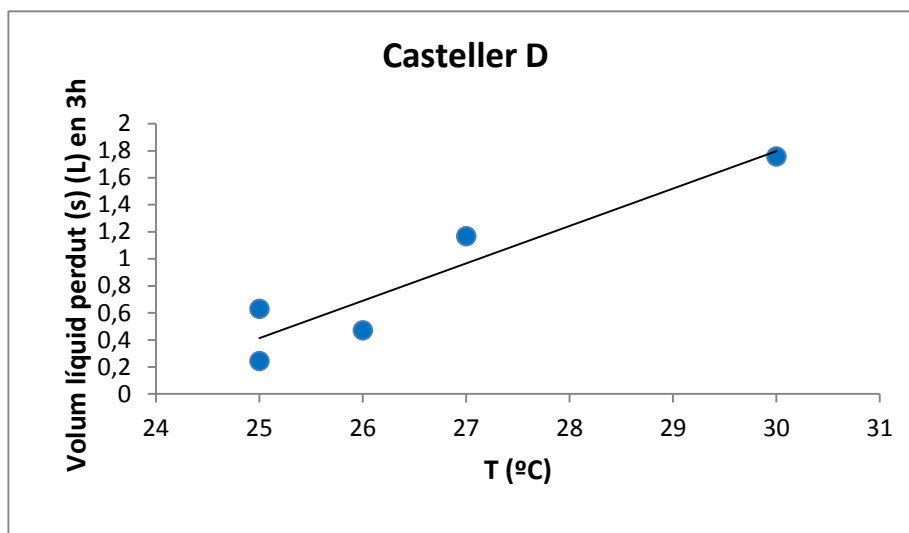


Figura 27: Volum de líquid perdut en 3 hores per cada casteller en funció de la temperatura ambiental

Un paràmetre molt important per qualsevol persona que realitza un esport, i per tant, també en el cas dels castellers, és el grau de deshidratació que pot patir degut a l'exercici físic, tal i com s'ha comentat a l'apartat 4 del treball. La taula 9 mostra les dades de percentatge de deshidratació en cada jornada d'assaig i també el percentatge de deshidratació en 3 hores per cada casteller en funció de la temperatura ambiental. Representant les dades (% deshidratació en 3 h en funció de la temperatura) s'obté el gràfic de la Figura 28. Es pot observar clarament que pels castellers A i B, que són castellers de tronc, s'obté un percentatge de deshidratació més elevat que pels castellers C i D que són castellers que formen part de la pinya.

Quan els valors de deshidratació són superiors a 1.5% però inferiors al 3% podríem dir que l'individu es troba en un estat de deshidratació lleu. Valors superiors al 3% indiquen un estat de deshidratació important i el nivell físic i cognitiu ha decaigut bastant. Per cada 1% de deshidratació pot decaure un 5% el rendiment.

Els valors del % de deshidratació durant la jornada d'assaig mostren només tres valors superiors al 3%. És el cas del casteller B (2 valors) i el casteller C (1 valor), i dos d'aquests valors es presenten els dies en què la temperatura va ser més alta, 30°C. Aquests dos castellers presentaven una deshidratació important al final d'assaig, i podríem dir que el seu rendiment ja no era òptim.

Les dades de % de deshidratació en 3 hores mostren molts més valors superiors al 3%, el que indica que els castellers no beuen suficient líquid durant els assajos, i per tant el seu rendiment va disminuint a mesura que avança l'assaig i, en el seu cas, l'actuació a plaça. Valors superiors al 3% també augmenten el risc de contractures musculars i també produeixen un deteriorament de les funcions cognitives, tals com la capacitat de

concentració, atenció i coordinació, a la vegada que també una reducció en el temps de reacció. Concretament, el dia en que la temperatura va ser més alta, 30°C, el nivell de deshidratació va ser molt important pels castellers B i C, amb valors de 10,6 i 6,6% respectivament; i el del casteller D, si bé no va assolir un valor superior al 3% també va ser elevat.

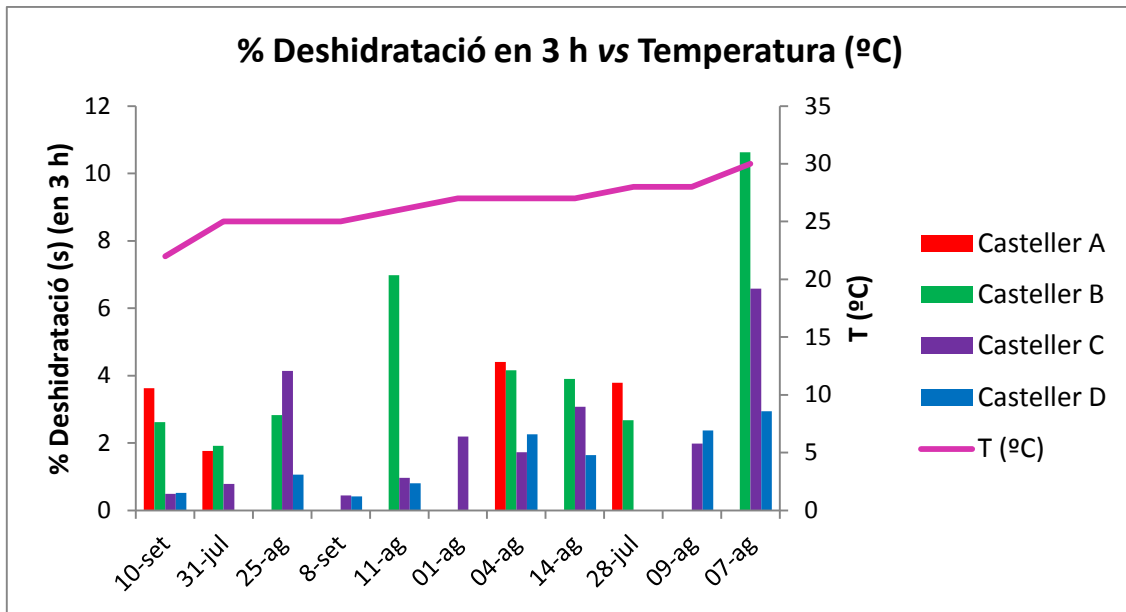


Figura 28: Percentatge de deshidratació en 3 h en funció de la temperatura ambient per cada casteller

Taula 9: Percentatge de deshidratació en cada jornada i en 3 hores en funció de la temperatura ambient per cada casteller

	T (°C)	% Deshidratació (s)				% Deshidratació (s) en 3 hores			
		Casteller A	Casteller B	Casteller C	Casteller D	Casteller A	Casteller B	Casteller C	Casteller D
10-set	22	1,811	1,309	0,243	0,259	3,622	2,618	0,486	0,518
31-jul	25	1,175	1,275	0,523		1,763	1,913	0,785	
25-ag	25		1,415	2,07	0,531		2,830	4,140	1,062
8-set	25			0,295	0,276			0,443	0,414
11-ag	26		4,655	0,644	0,534		6,983	0,966	0,801
1-ag	27			1,459				2,189	
4-ag	27	2,572	2,426	1,009	1,318	4,409	4,159	1,730	2,259
14-ag	27		1,952	1,538	0,822		3,904	3,076	1,644
28-jul	28	1,893	1,338			3,786	2,676		
9-ag	28			1,321	1,584			1,982	2,376
7-ag	30		5,312	3,288	1,469		10,624	6,576	2,938

La quantitat de suor perduda per unitat de temps es coneix com a Taxa de Sudoració, i també com a Ritme o Velocitat de Sudoració. A la taula 10 es troben els valors de la taxa de sudoració, expressada el L/h, en funció de la temperatura per cada casteller, i a la Figura 29 aquests valors es troben representats gràficament. Es pot observar que, en general, també es produeix un increment de la taxa de sudoració en funció de la temperatura.

S'observen valors de 0,08 a 2,426 L/h, que són valors freqüentment trobats de taxa de sudoració per diferents esportistes¹⁰.

Taula 10: Taxa de sudoració per cada casteller en funció de la temperatura ambient

	Taxa Sudoració (s) (L/h)				
	T (°C)	Casteller A	Casteller B	Casteller C	Casteller D
10-set	22	1,168	0,622	0,130	0,893
31-jul	25	0,549	0,440	0,208	
25-ag	25		0,662	1,110	0,211
8-set	25			0,118	0,082
11-ag	26		1,618	0,256	0,158
01-ag	27			0,584	
04-ag	27	1,379	0,959	0,464	0,446
14-ag	27		0,885	0,827	0,328
28-jul	28	0,960	0,503		
09-ag	28			0,529	0,470
07-ag	30		2,426	1,742	0,586
Mitjana		1,014	1,014	0,597	0,397

¹⁰ GARCÍA PELLICER, J.J. (2009): *Reposición hídrica y su efecto sobre la pérdida de peso y deshidratación en jugadores de fútbol sala*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.

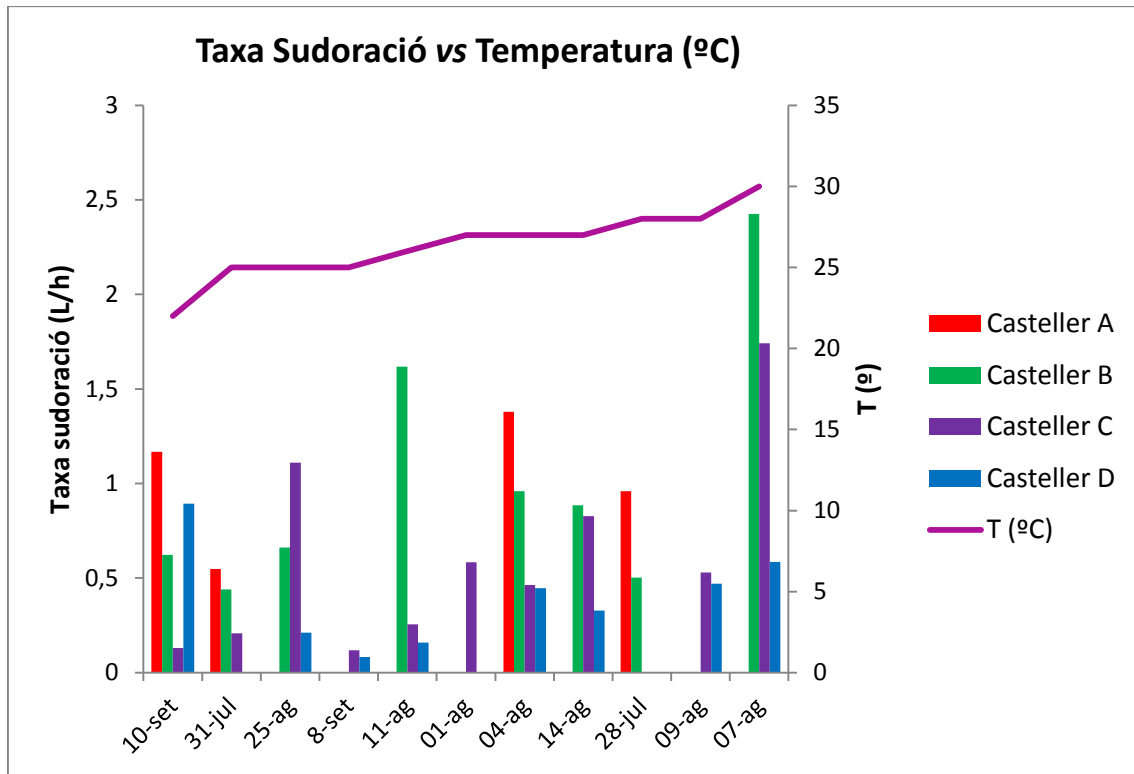


Figura 29: Taxa de deshidratació per cada casteller en funció de la temperatura ambiental

Per tal de veure si l'índex de massa corporal (IMC) de cada casteller té influència en el percentatge de deshidratació i en la taxa de sudoració, a la taula 11 es recullen els valors mitjans dels dos paràmetres per cada casteller, i a les Figures 30 i 31 es troben aquests valors representats gràficament. Respecte la taxa de sudoració, els castellers de tronc, castellers A i B, presenten una taxa de sudoració més elevada que els castellers de pinya, castellers C i D, independentment de l'índex de massa corporal. Els dos castellers de tronc, A i B, amb índexs de massa corporal diferent mostren la mateixa taxa de sudoració mitjana; en canvi, els dos castellers que formen part de la pinya, C i D, mostren que el casteller amb un IMC més gran, el C, també presenta una taxa de sudoració més gran.

Respecte el percentatge de deshidratació en funció de l'índex de massa corporal, si comparem els castellers de tronc i els de pinya, els primers mostren un percentatge de deshidratació més gran. Comparant els dos castellers de tronc entre ells podem observar que el casteller amb un IMC més gran, casteller A, presenta un percentatge de deshidratació més baix. En el cas dels dos castellers de pinya s'observa el fet contrari, com més IMC més % de deshidratació.

Taula 11: Valors mitjans del % de deshidratació en 3 hores, de la taxa de sudoració i de l'índex de massa corporal de cada casteller

	Taxa Sudoració (s) (L/h)	IMC (kg/cm ²)	% Deshidratació (s) en 3 h
Casteller A	1,014	0,003	3,786
Casteller B	1,014	0,002	4,463
Casteller C	0,597	0,003	2,237
Casteller D	0,397	0,002	1,502
Mitjana	0,756		

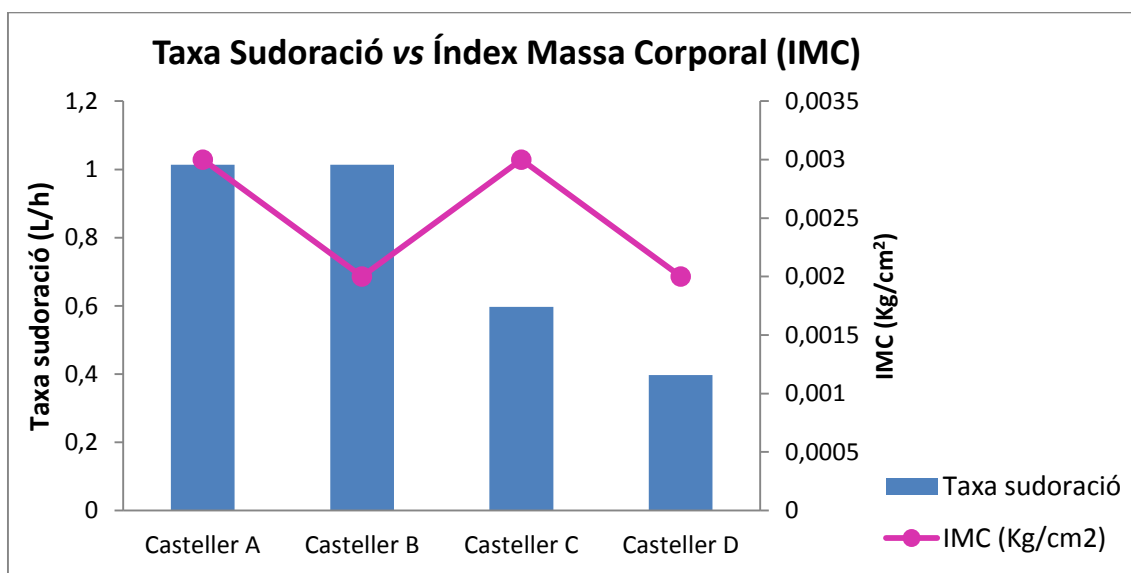


Figura 30: Representació gràfica de la Taxa de Sudoració mitjana i l'Índex de Massa Corporal per cada casteller

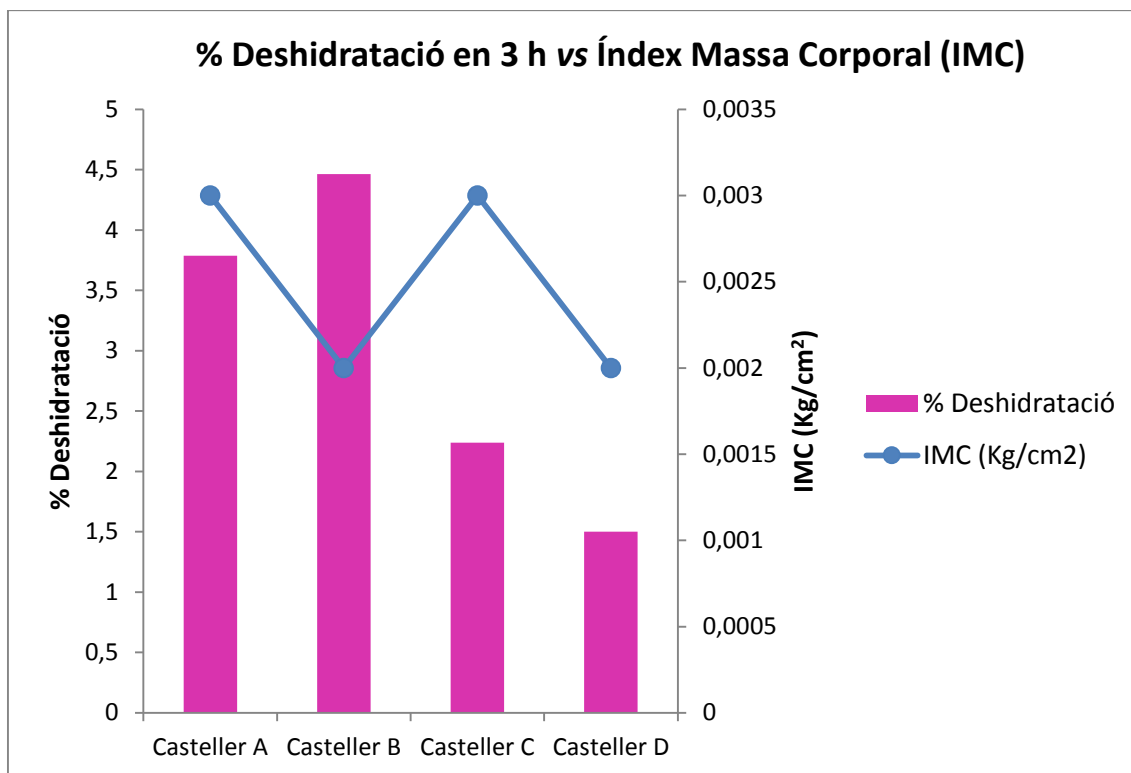


Figura 31: Representació gràfica del % Deshidratació i l'Índex de Massa Corporal per cada casteller

Observant aquestes dades, es podria recomanar als castellers que formen part sempre del tronc, i quasi bé en tots els castells fets en un assaig o en una actuació, beure aproximadament 1 L d'aigua cada hora. En canvi, els castellers de la pinya sembla que no necessiten beure tanta aigua, aproximadament haurien de beure al voltant de 0.5 L cada hora.

Fent la mitjana de la taxa de sudoració dels quatre castellers s'obté un valor de 0.756 L/h, que podria servir com a valor orientatiu per tenir en compte el líquid que hauria de beure un casteller cada hora d'activitat. En aquest cas hauria de beure 756 mL de líquid cada hora, independentment de si és casteller de tronc o forma part de la pinya.

8 - CONCLUSIONS

Les conclusions del treball de recerca han estat les següents:

- Els sensors químics epidèrmics emprats han permès mesurar el percentatge de deshidratació dels castellers, i els valors obtinguts entren dins l'interval de valors habituals trobats a la bibliografia per diferents esportistes.
- La concordança dels valors obtinguts de volum total de líquid perdut pels castellers entre el mètode del sensor i el mètode de la balança no és massa bona. Aquest fet pot ser degut a que les diferents mesures realitzades, com són la mesura dels pesos dels castellers, la mesura del líquid ingerit i la mesura de la resistència amb el sensor no hagin estat realitzades amb suficient precisió. En el cas del sensor l'error podria ser degut a una sobresaturació del mateix.
- El volum total de líquid perdut mesurat amb el mètode del sensor ha donat valors més elevats que els obtinguts pel mètode de la balança. Aquest fet podria ser degut a que s'ha calculat el volum total de líquid perdut multiplicant el líquid perdut mesurat en una àrea de $0,2 \text{ cm}^2$ per la superfície total del cos. Possiblement s'hauria d'aplicar un factor de correcció a l'hora de fer el càlcul del volum total tenint en compte el lloc de col·locació del sensor, si bé aquest factor de correcció encara no es coneix amb certesa.
- Els percentatges de deshidratació mostren una majoria valors de valors inferiors al 2%, valor que es podria considerar a partir del qual ja decau el rendiment. Alguns dies puntuals, sobretot els dies de més calor s'observa un percentatge de deshidratació més elevat, el que indica que els castellers no beuen l'aigua suficient per mantenir uns nivells òptims d'hidratació.
- El percentatge de deshidratació és més gran en els castellers que formen part del tronc que en els que formen part de la pinya. Aquest fet podria ser degut a que els castellers de tronc pateixen molt més estrès que els de la pinya.
- En els castellers de tronc el percentatge de deshidratació no mostra dependència de l'índex de massa corporal, i en canvi, en els castellers de la pinya el que presenta un índex de massa corporal més gran també presenta una major deshidratació.
- S'ha observat una certa dependència del percentatge de deshidratació amb la temperatura ambient, si bé la correlació no és massa bona. En general, com més elevada és la temperatura més gran és el percentatge de deshidratació.

- La taxa de sudoració mostra, com a mitjana, un valor de 1,014 L/h pels castellers de tronc, i de 0,497 L/h pels castellers de pinya, valors habituals trobats per diferents esportistes.
- Un cop realitzats els diferents estudis i observats els valors obtinguts de percentatge de deshidratació i de taxa de sudoració, es pot concloure que hi ha molts aspectes que no s'han tingut en compte, i que influeixen en el grau de sudoració dels castellers. Aquests factors són la quantitat de persones que hi ha al local d'assaig un dia determinat, el tipus de castells que s'assagen, el lloc que ocupen a cada castell els diferents castellers participants en l'estudi, el nivell d'estrès dels castellers, etc; factors molt difícils de tenir en compte. A més, també cal considerar que cada individu respon de manera diferent davant la realització d'exercici físic.
- De les dades obtingudes, es podria aconsellar als castellers de tronc i als castellers de pinya beure un litre i mig litre de líquid, respectivament, cada hora d'assaig o d'actuació a plaça. En general, sense tenir en consideració el lloc que ocupen en un castell, es podria aconsellar als castellers beure de mitjana uns 750 mL.
- La utilització de sensors és una bona eina per tal que els castellers puguin arribar al final dels assajos i de les actuacions a plaça en unes bones condicions físiques i psíquiques per tal de no patir possibles lesions, ja que es pot aconsellar als castellers la quantitat d'aigua que han d'ingerir.
- En un futur, quan el grup de recerca hagi finalitzat el desenvolupament dels sensors, aquests permetran avisar, mitjançant una alarma del telèfon mòbil, quan han de beure els castellers per no patir problemes de deshidratació.
- Respecte a la transmissió de dades des del transductor al telèfon mòbil cal destacar les millores incorporades actualment amb la utilització d'un nou tipus de transductor, si bé aquests nous instruments ja no s'han pogut utilitzar amb els castellers per falta de temps, ja que es van començar a utilitzar quan ja s'havia finalitzat la part experimental del treball.

9 - BIBLIOGRAFIA

ALONSO, J.A., RUBIO, A. (2001): "Nanotubos de carbono. Nuevos sensores químicos". Dins: *Investigación y Ciencia*, Núm. 295.

CHEUVRONT, S.N., HAYMES, E.M. (2001): "Thermoregulation and Marathon Running. Biological and Environmental Influences". Dins: *Sports Medicine*, Vol. 31, p. 743-762.

COSTES, A. (2012): "Els castells evolucionen vers un model positiu?". Ponència a les *Jornades d'Estudi dels Castells de l'Institut Tarragonès d'Antropologia*, Tarragona, [5-10-2012].

COORDINADORA DE COLLES CASTELLERES DE CATALUNYA. *Revista castells*. [Data de consulta: 4.08.15]. <http://revistacastells.cat/wpcontent/uploads/2013/10/5de8a.jpg>.

ENCICLOPÈDIA CATALANA. *Enciclopèdia.cat*. [Data de consulta: 8.05.15]. <http://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0224801.xml>.

GARCÍA JIMÉNEZ, J.V., YUSTE, J.L. (2010): "Tasa de sudoración y niveles de deshidratación en jugadores profesionales de fútbol sala durante competición oficial". Dins: *Archivos de Medicina del Deporte*, Vol. XXVII, Núm. 140, p. 457-464.

GARCÍA PELLICER, J.J. (2009): *Reposición hídrica y su efecto sobre la pérdida de peso y deshidratación en jugadores de futbol sala*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.

GENERALITAT DE CATALUNYA. *Servei Meteorològic de Catalunya*. [Data de consulta: Juliol - Setembre 2015]. <http://www.meteo.cat/observacions/xema/dades>.

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS. *Diccionari de la llengua catalana*. [Data de consulta: 16.08.15, 30.09.15]. <http://dlc.iec.cat/>.

PALACIOS, N., FRANCO, L., MANONELLES, P., MANUZ, B., VILLEGAS, J.A. (2008): "Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de líquidos". Dins: *Archivos de Medicina del Deporte*, Vol. 126, Núm. 25, p. 245-258.

POOLE Jr., Ch.P., OWENS, F.J. (2003): *Introducción a la nanotecnología*. Barcelona. Ed. Reverté, S.A.

ROSET, J. (2000): *Manual de supervivència del casteller. La ciència al servei de les torres humanes*. Valls. Col·lecció l'Aixecador. Edicions Cossetània.

ROSÉS, J.M., PUJOL, P. (2006): "Hidratació i exercici físic". Dins: *Apunts. Medicina de l'esport*, Vol. 150, p.70-77.

SANS, R., MARTÍNEZ DEL HOYO, P. (2013): *Quarts de nou. Tot el que cal saber del món casteller*. Barcelona. Publicacions Televisió de Catalunya.

SHIRREFS, S.M., ARAGÓN, L.F., CHAMORRO, M., MAUGHAN, R.J., SERRATOSA, L., ZACHWIEJA, J. (2005): "The sweating response of elite professional soccer players to training in the heat." Dins: *International Journal of Sports and Medicine*, Vol. 26, p. 90-95.

WEB CASTELLER. "Són els castells un esport?". Bloc Xavier Brotons, 25-06-2009, [Data de consulta: 20.07.2015]. <http://www.webcasteller.com/ca/article.php?id=2145>.

10 - ANNEX

Recull de taules dels diferents paràmetres mesurats i calculats corresponents als dies 28 i 31 de juliol, 1, 7, 9, 11, 14 i 25 d'agost i 8 i 10 de setembre del 2015.

DIA	HORA		DURADA (h)	T (°C)	HUMITAT (%)
	INICI	FINAL			
28-jul-15	20:30h	22:20h	1,83	28°C	86%

CASTELLER	PES (Kg)		P _f - INGESTA AIGUA	P _f - INGESTA AIGUA - P _i	ALÇADA (cm)	IMC (kg/cm ²)	INGESTA AIGUA (L)	%DH(b)	TAXA DE SUDORACIÓ(b) (L/h)
	INICI	FINAL							
A	92,8	92,7	92,20	-0,60	178	0,003	0,500	-0,647	-0,328
B	68,8	68,0	67,62	-1,18	170	0,002	0,380	-1,715	-0,645
C									
D									

CASTELLER	R _i (Ω)	R _f (Ω)	R _f (Ω) - R _i (Ω)	%R	μL sensor	μL/cm ²	ÀREA SUPERFÍCIE COS (m ²)	VOLUM TOTAL SUOR (L)	LIQUID TOTAL PERDUT (s) (L)	%DH(s)	TAXA SUDORACIÓ(s) (L/h)
A	149	179	30	20,134	15,657	78,283	2,142	1,677	1,757	1,893	0,960
B	196	221	25	12,755	9,330	46,651	1,802	0,841	0,921	1,338	0,503
C											
D											

DIA	HORA		DURADA (h)	T (°C)	HUMITAT (%)
	INICI	FINAL			
31-jul-2015	22:30h	00:30h	2	25°C	98%

CASTELLER	PES (Kg)		P _f - INGESTA AIGUA	P _f - INGESTA AIGUA - P _i	ALÇADA (cm)	IMC (Kg/cm ²)	INGESTA AIGUA (L)	%DH(b)	TAXA DE SUDORACIÓ(b) (L/h)
	INICI	FINAL							
A	93,5	93,4	93,05	-0,45	178	0,003	0,350	-0,481	-0,225
B	69,1	68,9	68,23	-0,87	170	0,002	0,670	-1,259	-0,435
C	79,5	79,8	79,15	-0,35	169	0,003	0,650	-0,440	-0,175
D									

CASTELLER	R _i (Ω)	R _f (Ω)	R _f (Ω) - R _i (Ω)	%R	μL sensor	μL/cm ²	ÀREA SUPERFÍCIA L COS (m ²)	VOLUM TOTAL SUOR (L)	LIQUID TOTAL PERDUT (s) (L)	%DH(s)	TAXA DE SUDORACIÓ(s) (L/h)
A	178	201	23	12,921	9,473	47,364	2,150	1,018	1,098	1,175	0,549
B	131	147	16	12,214	8,866	44,331	1,806	0,801	0,881	1,275	0,440
C	135	143	8	5,926	3,475	17,377	1,932	0,336	0,416	0,523	0,208
D											

DIA	HORA		DURADA (h)	T (°C)	HUMITAT (%)
	INICI	FINAL			
1-ag-2015	19h	21h	2	27°C	73%

CASTELLER	PES (Kg)		P _f - INGESTA AIGUA	P _f - INGESTA AIGUA - P _i	IMC (Kg/cm ²)	INGESTA AIGUA (L)	%DH(b)	TAXA DE SUDORACIÓ(b) (L/h)
	INICI	FINAL						
A								
B								
C	80,06	79,0	78,6	-1,46	0,003	0,400	-1,824	-0,730
D								

CASTELLER	R _i (Ω)	R _f (Ω)	R _f (Ω) - R _i (Ω)	%R	μL sensor	μL/cm ²	ÀREA SUPERFICIAL DEL COS (m ²)	VOLUM TOTAL SUOR (L)	LIQUID TOTAL PERDUT (s) (L)	%DH(s)	TAXA DE SUDORACIÓ(s) (L/h)
A											
B											
C	147	169	22	14,966	11,226	56,129	1,939	1,088	1,168	1,459	0,584
D											

DIA	HORA		DURADA (h)	T (°C)	HUMITAT (%)
	INICI	FINAL			
7-ag-2015	22h	00:30h	1,5	30°C	86%

CASTELLER	PES (Kg)		Pf - INGESTA AIGUA	Pf - INGESTA AIGUA - Pi	ALÇADA (cm)	IMC (Kg/cm ²)	INGESTA AIGUA (L)	%DH(b)	TAXA DE SUDORACIÓ(b) (L/h)
	INICI	FINAL							
A	93,7	93,4	91,9	-1,8	178	0,003	1,5	-1,921	-1,200
B	68,5	69,2	67,9	-0,63	170	0,002	1,33	-0,920	-0,420
C	79,5	80,0	79,0	-0,5	169	0,003	1	-0,629	-0,333
D	59,8	60,0	59,21	-0,59	171	0,002	0,79	-0,987	-0,393

CASTELLER	R _i (Ω)	R _f (Ω)	R _f (Ω) - R _i (Ω)	%R	μL-sensor	μL/cm ²	ÀREA SUPERFICIAL DEL COS (m ²)	VOLUM TOTAL SUOR (L)	LIQUID TOTAL PERDUT (s) (L)	%DH(s)	TAXA DE SUDORACIÓ(s) (L/h)
A	120	218	98	81,667	68,41	342,054	2,152	7,362	7,442	7,943	4,962
B	127	188	61	48,031	39,57	197,870	1,799	3,559	3,639	5,312	2,426
C	154	204	50	32,468	26,23	131,152	1,932	2,534	2,614	3,288	1,742
D	147	166	19	12,925	9,48	47,380	1,685	0,799	0,879	1,469	0,586

DIA	HORA		DURADA (h)	T (°C)	HUMITAT (%)
	INICI	FINAL			
9-ag-2015	18h	20h	2	28°C	62%

CASTELLER	PES (Kg)		P _f - INGESTA AIGUA	P _f - INGESTA AIGUA - P _i	ALÇADA (cm)	IMC (Kg/cm ²)	INGESTA AIGUA (L)	%DH(b)	TAXA DE SUDORACIÓ(b) (L/h)
	INICI	FINAL							
A									
B									
C	80,05	79,5	78,92	-1,13	169	0,003	0,580	-1,412	-0,565
D	59,3	60,9	60,24	0,94	171	0,002	0,660	1,585	0,47

CASTELLER	R _i (Ω)	R _f (Ω)	R _f (Ω) - R _i (Ω)	%R	μL sensor	μL/cm ²	ÀREA SUPERFICIAL COS (m ²)	VOLUM TOTAL SUOR (L)	LIQUID TOTAL PERDUT (s) (L)	%DH(s)	TAXA DE SUDORACIÓ(s) (L/h)
A											
B											
C	132	150	18	13,636	10,086	50,429	1,939	0,978	1,058	1,321	0,529
D	152	173	21	13,816	10,240	51,198	1,678	0,859	0,939	1,584	0,470

DIA	HORA		DURADA (h)	T (°C)	HUMITAT (%)
	INICI	FINAL			
11-ag-2015	20:30h	22:30h	2	26°C	75%

CASTELLER	PES (Kg)		P _f - INGESTA AIGUA	P _f - INGESTA AIGUA - P _i	ALÇADA (cm)	IMC (kg/cm ²)	INGESTA AIGUA (l)	%DH(b)	TAXA DE SUDORACIÓ(b) (L/h)
	INICI	FINAL							
A									
B	69,5	69,6	69,13	-0,37	170	0,002	0,470	-0,532	-0,185
C	79,5	80,1	79,7	0,20	169	0,003	0,350	0,252	0,100
D	59	59,2	58,7	-0,30	171	0,002	0,500	-0,508	-0,150

CASTELLER	R _i (Ω)	R _f (Ω)	R _f (Ω) - R _i (Ω)	%R	μL sensor	μL/cm ²	ÀREA SUPERFICIAL COS (m ²)	VOLUM TOTAL SUOR (L)	LIQUID TOTAL PERDUT (s) (L)	%DH(s)	TAXA DE SUDORACIÓ(s) (L/h)
A											
B	120	171	51	42,500	34,832	174,159	1,812	3,155	3,235	4,655	1,618
C	127	136	9	7,087	4,470	22,352	1,932	0,432	0,512	0,644	0,256
D	136	143	7	5,147	2,808	14,038	1,674	0,235	0,315	0,534	0,158

DIA	HORA		DURADA (h)	T (°C)	HUMITAT (%)
	INICI	FINAL			
14-ag-2015	22h	00:30h	1,5	27°C	73%

CASTELLER	PES (Kg)		P _f - INGESTA AIGUA	P _f - INGESTA AIGUA - P _i	ALÇADA (cm)	IMC (kg/cm ²)	INGESTA AIGUA (L)	%DH(b)	TAXA DE SUDORACIÓ(b) (L/h)
	INICI	FINAL							
A	91,1	93,3	92,3	1,18	178	0,003	1,020	1,295	0,787
B	68,0	68,9	68,2	0,17	170	0,002	0,730	0,250	0,113
C	80,7	81,0	80,3	-0,41	169	0,003	0,710	-0,508	-0,273
D	59,9	61,8	60,8	0,89	171	0,002	1,010	1,486	0,593

CASTELLER	R _i (Ω)	R _f (Ω)	R _f (Ω) - R _i (Ω)	%R	μL-sensor	μL/cm ²	ÀREA SUPERFICIAL COS (m ²)	VOLUM TOTAL SUOR (L)	LIQUID TOTAL PERDUT (s) (L)	%DH(s)	TAXA DE SUDORACIÓ(s)
											(L/h)
A	120	178	58	48,333	39,833	199,164	2,122	4,227	4,307	4,728	2,871
B	127	150	23	18,110	13,921	69,607	1,792	1,247	1,327	1,952	0,885
C	133	154	21	15,789	11,932	59,659	1,946	1,161	1,241	1,538	0,827
D	132	142	10	7,576	4,890	24,449	1,687	0,412	0,492	0,822	0,328

DIA	HORA		DURADA (h)	T(°C)	HUMITAT (%)
	INICI	FINAL			
25-ag-2105	19:30h	22h	1,5	25°C	86%

CASTELLER	PES (kg)		P _f - INGESTA AIGUA - P _i	ALÇADA (cm)	IMC (kg/cm ²)	INGESTA AIGUA (L)	%DH(b)	TAXA DE SUDORACIÓ(b) (L/h)
	INICI	FINAL						
A	94,9	94,1	94,1	178	0,003	0,040	-0,885	-0,560
B	70,2	71,3	70,5	170	0,002	0,800	0,427	0,200
C	80,4	80,9	80,2	169	0,003	0,670	-0,211	-0,113
D	59,6	59,5	59,5	171	0,002	0,030	-0,218	-0,087

CASTELLER	R _i (Ω)	R _f (Ω)	R _f (Ω) - R _i (Ω)	%R	μL sensor	μL/cm ²	ÀREA SUPERFICIAL COS (m ²)	VOLUM TOTAL SUOR (L)	LIQUID TOTAL PERDUT (s) (L)	%DH(s)	TAXA DE SUDORACIÓ(s) (L/h)
A	127	324	197	155,118	131,384	656,918	2,166	14,230	14,310	15,079	9,540
B	140	159	19	13,571	10,030	50,151	1,821	0,913	0,993	1,415	0,662
C	134	162	28	20,896	16,309	81,547	1,943	1,584	1,664	2,070	1,110
D	136	143	7	5,147	2,808	14,038	1,683	0,236	0,316	0,531	0,211

DIA	HORA		DURADA (h)	T (°C)	HUMITAT (%)
	INICI	FINAL			
8-set-2015	20:30h	22:00h	2	25°C	80%

CASTELLER	PES (Kg)		Pf - INGESTA AIGUA	Pf - INGESTA AIGUA - Pi	ALÇADA (cm)	IMC (kg/cm ²)	INGESTA AIGUA (L)	%DH(b)	TAXA DE SUDORACIÓ(b) (L/h)
	INICI	FINAL							
A									
B									
C	80,2	80,4	80,4	0,18	169	0,003	0,020	0,224	0,090
D	59,2	59,0	59,0	-0,2	171	0,002	0,000	-0,338	-0,100

CASTELLER	R _i (Ω)	R _f (Ω)	R _f (Ω) - R _i (Ω)	%R	μL sensor	μL/cm ²	ÀREA SUPERFICIAL COS (m ²)	VOLUM TOTAL SUOR (L)	LIQUID TOTAL PERDUT (s) (L)	%DH(s)	TAXA DE SUDORACIÓ(s) (L/h)
A											
B											
C	133	138	5	3,759	1,618	8,089	1,940	0,157	0,237	0,295	0,118
D	132	136	4	3,030	0,993	4,964	1,677	0,083	0,163	0,276	0,082

DIA	HORA		DURADA (min)	T (°C)	HUMITAT (%)
	INICI	FINAL			
10-set-2015	22h	00:30h	1,5	22°C	81%

CASTELLER	PES (kg)		P _f - INGESTA AIGUA	P _f - INGESTA AIGUA - P _i	ALÇADA (cm)	IMC (kg/cm ²)	INGESTA AIGUA (L)	%DH(b)	TAXA DE SUDORACIÓ(b) (L/h)
	INICI	FINAL							
A	96,8	96,4	95,7	-1,1	178	0,003	0,750	-1,188	-0,767
B	71,3	71,1	70,9	-0,44	170	0,002	0,240	-0,617	-0,293
C	80,0	80,5	80,2	0,185	169	0,003	0,315	0,231	0,123
D	59,3	59,6	59,3	-0,05	171	0,002	0,350	-0,084	-0,033

CASTELLER	R _i (Ω)	R _f (Ω)	R _f (Ω) - R _i (Ω)	%R	μL sensor	μL/cm ²	ÀREA SUPERFICIAL COS (m ²)	VOLUM TOTAL SUOR (L)	LIQUID TOTAL PERDUT (s) (L)	%DH(s)	TAXA DE SUDORACIÓ(s) (L/h)
A	137	164	27	19,708	15,291	76,456	2,188	1,673	1,753	1,811	1,168
B	173	195	22	12,717	9,297	46,487	1,835	0,853	0,933	1,309	0,622
C	123	127	4	3,252	1,183	5,914	1,938	0,115	0,195	0,243	0,130
D	129	154	25	19,380	15,010	75,049	1,678	1,260	1,340	2,259	0,893

RESUM

La deshidratació és una de les causes principals de reducció del rendiment dels esportistes, degut a una insuficient ingesta de líquids durant l'activitat física. Els castellers realitzen una activitat física important, i una correcta hidratació durant els assajos i a les actuacions a plaça evitaria moltes lesions. En aquest treball s'han emprat uns sensors químics epidèrmics per mesurar el grau de deshidratació dels castellers, els quals estan en fase de desenvolupament per un grup d'investigadors de la universitat, que fins al moment només havien estat experimentats en atletes. L'objectiu del treball ha consistit en demostrar que els sensors permeten mesurar el grau de deshidratació dels castellers, així com també comprovar si existeixen diferències entre diferents tipus de castellers, i si la sudoració depèn de la temperatura ambient. Per tot això, es van col·locar els sensors a quatre castellers durant onze dies, i es va mesurar el seu pes a l'inici i al final de l'assaig, la temperatura ambient, el líquid ingerit i la resistència elèctrica inicial i final amb els sensors. El percentatge de deshidratació en tres hores va ser més elevat pels castellers que formen part del tronc que pels que formen part de la pinya. La taxa de sudoració va mostrar un valor mitjà pels castellers de tronc de 1,014 L/h i de 0,497 L/h pels castellers de pinya. Existeix una relació entre la quantitat de suor dels castellers i la temperatura. La utilització dels sensors és una bona eina ja que permet aconsellar als castellers beure de mitjana uns 750 mL de líquid cada hora d'assaig o d'actuació a plaça per tal d'evitar possibles lesions i que el seu rendiment sigui òptim.

ABSTRACT

Dehydration is one of the leading causes of the performance reduction in athletes, due to an inadequate fluid intake during physical activity. *Castellers* (people who practice the Catalan human tower tradition) make a very hard physical effort during the activity process. For this reason, a right hydration during rehearsals and public performance may avoid an important quantity of injuries. For this essay, we have used some epidermal chemical sensors in order to measure dehydration degrees in *castellers*. These sensors are being developed by a group of researchers from the university, which had just been used by sport athletes before our project. The objective of this essay has been to demonstrate that these sensors can measure dehydration degrees in *castellers* and we have also wanted to test if there are differences between various types of people practicing *castells*, and at the same time, we wanted to check if sweating depends on temperature. In order to get this information, we put the sensors on four *castellers* during eleven days in their rehearsals hours; we measure their weight before and after their rehearsals, the room temperature, the amount of liquid drunk and the initial and final resistance with the sensor in their bodies. The dehydration percentage during three hours was higher for those *castellers* who were in the structure than for those who were in the base. The sweating rate showed an average value of 1,014 L/h for the *castellers* in the structure and 0,497 L/h for the ones in the base. There exists a relationship between the quantity of sweat and the temperature. The use of sensors is a very useful tool because it allows us to advise *castellers* to drink an average of 750 mL of liquid per hour during rehearsal or public performances, in order to avoid injuries and to have a correct efficiency of the participants.

RESUMEN

La deshidratación es una de las principales causas de reducción del rendimiento de los deportistas, debido a una insuficiente ingesta de líquidos durante la actividad física. Los *castellers* realizan una actividad física importante, y una correcta hidratación durante los ensayos y durante las actuaciones evitaría muchas lesiones. En este trabajo se han utilizado unos sensores químicos epidérmicos para determinar el grado de deshidratación de los *castellers*. Estos sensores se encuentran en fase de desarrollo por un grupo de investigadores de la universidad y hasta el momento solo habían estado experimentados en atletas. El objetivo del trabajo ha consistido en demostrar que los sensores permiten determinar el grado de deshidratación de los *castellers*, así como también comprobar si existen diferencias entre diferentes tipos de *castellers*, y si la sudoración depende de la temperatura ambiente. Para ello, se han colocado los sensores a cuatro *castellers* durante once días, los cuales se pesaron al inicio y al final de cada ensayo. También se anotó la temperatura ambiente, el líquido ingerido y se midió la resistencia eléctrica al inicio y al final de los ensayos mediante los sensores. El porcentaje de deshidratación en tres horas fue más elevado para los *castellers* que forman parte del tronco de los *castells* que para los que forman parte de la piña. La tasa de sudoración mostró un valor medio para los *castellers* de tronco de 1,014 L/h y de 0,497 L/h para los *castellers* de piña. Se observó una relación entre la cantidad de sudor y la temperatura. La utilización de sensores es una buena herramienta ya que permite aconsejar a los *castellers* la ingestión de unos 750 mL de líquido como media, cada hora de ensayo o de actuación, con la finalidad de evitar posibles lesiones y conseguir un rendimiento óptimo.

AGRAÏMENTS

El meu agraïment a totes aquelles persones que han col·laborat d'una manera o altra en el desenvolupament del treball.

En primer lloc voldria agrair a la tutora del treball, Cintà Sebastià, per haver confiat en mi i haver-me donat la oportunitat de fer el treball relacionat amb el món casteller, una de les meves passions. Entre tots vam trobar com es podia fer un treball de castells amb una vessant científica i experimental.

Un agraïment molt especial al Jordi Ferré Albiol i al Marc Parrilla Pons del grup de recerca Quimiometria, Qualimetria i Nanosensors de la Universitat Rovira i Virgili (URV) que m'han facilitat els sensors per portar a terme la part experimental del treball i m'han ensenyat a fer tots els càlculs per obtenir el grau de sudoració dels castellers.

També voldria agrair als castellers de la Colla Castellers Xiquets de Tarragona, Josep Maria Solé Artigau, Albert Guillemat Álvarez, Marc Rosselló Fontanals i Xavi Sabaté Álvarez, per participar com a voluntaris portant els sensors durant els assajos.

Finalment, voldria donar les gràcies a la meva família que m'han ajudat molt, sobretot en les mesures experimentals al local d'assaig, i a tots els amics que han estat al meu costat per ajudar-me en els moments difícils.
