



EPS

Escola Politècnica
Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Arquitectura Tècnica

Títol: Reaprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids, per a la fabricació de rajols i rajoles.

Document: Memòria projecte

Alumne: Jordi Martil Soria / Arnau Mestre Reus

Director/Tutor: Maria Mercè Pareta Marjanedas

Departament: Arquitectura i Enginyeria de la Construcció

Àrea: Construccions Arquitectòniques

Convocatòria (mes/any): Juny 2014

1. INTRODUCCIÓ

1

2. MEMÒRIA

3

2.1. Antecedents

4

2.2. Objectius

5

2.3. Estat de la qüestió

7

2.3.1. El context dels residus a Catalunya

2.3.2. La ceràmica

2.4. Metodologia

44

2.5. Procés d'obtenció dels fangs

46

2.6. Classificació i gestió del residu

51

2.7. Procés de preparació de la matèria primera: el fang

54

2.8. Procés de preparació de les mostres

59

2.8.1. Procés de preparació de les mostres de ceràmica cuïta

2.8.2. Procés de preparació de les mostres de gres

2.9. Evolució i incidències en el procés d'estudi de les mostres de gres

75

3. EXPERIÈNCIES DEL COMPORTAMENT TÈRMIC

145

3.1. Càlcul de la contracció lineal i pèrdua de massa per calcinació

146

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

149

4.1. Assaig de determinació de l'absorció d'aigua

150

4.2. Assaig de determinació de la resistència a la flexió i de la força de ruptura

172

4.3. Assaig de determinació de la resistència a l'impacte per mesurament del coeficient de restitució

193

4.4. Assaig de determinació de la resistència a l'abradió profunda de les rajoles no esmaltades

205

4.5. Assaig de determinació de la dilatació tèrmica lineal

225

4.6. Assaig de determinació de la resistència al xoc tèrmic

234

4.7. Assaig de determinació de la dilatació per humitat

241

4.8. Assaig de determinació de la resistència a la gelada

250

4.9. Assaig de determinació de la resistència química

261

4.10. Assaig de determinació de la resistència a les taques

286

4.11. Assaig de determinació de la conductivitat tèrmica

308

5. CONCLUSIONS GENERALS

322

6. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

328

7. NORMATIVA

334

8. AGRAÏMENTS

337

9. ANNEXES

339

9.1. *Annex 1: Inventari*

9.2. *Annex 2: Dosificacions i mesures*

9.3. *Annex 3: Assaig de determinació de la resistència a la flexió i de la força de ruptura*

9.4. *Annex 4: Assaig de determinació de la conductivitat tèrmica*

1. INTRODUCCIÓ

Enrere va quedant el pensament de la naturalesa com a única font d'explotació de recursos de veritable valor. Les fórmules empresarials i el teixit industrial es troben en ple canvi per adaptar-se als nous models de negoci o sistemes industrials competitiu on la sostenibilitat ambiental juga un paper cada vegada més rellevant.

Comptar amb una indústria de transformació i valorització dels residus és una de les bases d'aquesta nova competitivitat industrial, i com a tal està present als països més desenvolupats. El coneixement dels pilars fonamentals de la valorització i totes les seves oportunitats, no només presents sinó futures, és requisit necessari per a professionals del món del disseny, l'enginyeria i l'arquitectura.

El model català promou el reciclatge o valorització material per sobre l'eliminació. Així, tots aquells residus que ofereixen unes condicions mínimes de reciclabilitat han de destinar-se a plantes encarregades de seleccionar-los i reciclar-los en nous productes que es puguin introduir a l'economia novament com a recursos. El rendiment de la valorització material ha de ser el més elevat possible, de manera que es redueixi el rebuig de les plantes de selecció i valorització.

Al llarg dels anys s'ha avançat en l'ensenyament reglat en valorització i reciclatge, i determinades institucions públiques han fet un esforç en aquest sentit, però manca millorar l'apreciació necessària cap a la valorització com una font d'oportunitats que permeti retornar materials al cicle productiu i, d'altra banda, minimitzar les barreres comercials cap als productes reciclats.

L' indústria del reciclatge ja activa, proporciona exemples pràctics de valorització de subproductes no desitjats que són residus sense valor per a un sector i que, en canvi, es converteixen en oportunitats per a uns altres. Per tant, donada la manca cada vegada major de matèries primeres resulta imprudent no aprofitar aquests materials.

El present projecte pretén ser un clar exemple pràctic de l'aprofitament d'un subproducte com és el fang sobrant d'una central de tractament d'àrids, en el nostre cas, de l'empresa d'Àrids Guixeras, per a ser utilitzat a la fabricació de materials ceràmics per a la construcció.

2. MEMÒRIA

2.1. ANTECEDENTS

El present treball de final de grau és la continuació del Projecte Fi de Carrera anomenat *“Reaprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids per a la seva aplicació a la construcció”*, realitzat pels alumnes Bjorn-Erik Berthelsen Molist i Francesc Xavier Janer Adrian.

Aquest projecte de final de carrera tenia com a principal objectiu el reaprofitament del rebuig procedent d'una central d'àrids, pel seu posterior ús en el ram de la construcció. Es va analitzar la viabilitat de la utilització d'aquest subproducte, com a matèria primera per produir materials de paleta per a la construcció d'habitatges, amb el menor impacte ambiental possible.

Una de les experiències per les quals sorgeix el present treball de final de grau és l'obtenció inesperada d'un nou material.

A una de les proves de cocció, van canviar el programa del forn arribant a la temperatura de 1200°C amb 2 hores de permanència, tot i haver llegit en nombroses fonts que la temperatura màxima per coure la ceràmica és de 1100°C.

Les mostres d'aquesta cocció estaven compostes per un percentatge variable d'argila i fang, un 20% de sorra normalitzada i un 10,7% d'aigua.

A l'extreure les mostres del forn van observar que havien obtingut un material totalment diferent al que esperaven. Aquest s'havia gresificat.

Per tant, van decidir que podrien aprofitar aquestes mostres per a realitzar alguns assaigs per determinar si aquest era apte per a la utilització com a maons i així poder-ho comparar amb els altres resultats de la ceràmica cuita.

Un cop realitzat els assaigs d'aquestes mostres, van determinar que havien obtingut un material amb unes característiques d'absorció d'aigua pràcticament nul·la, una duresa considerable, però molt fràgil.

També van arribar a la conclusió que aquest material seria més apte per a la utilització com a paviment o revestiment, que de paret de càrrega.

L'altra experiència per la qual sorgeix el present treball de final de grau és la indeterminació del coeficient de conductivitat tèrmica dels maons ceràmics, degut a un procediment i un equip no adients per a la realització d'aquest assaig. Per tant, es considera l'assaig erroni i que s'hauria de tornar a realitzar emprant un mètode i un aparell més fiable.

2.2. OBJECTIUS

Al llarg dels anys s'ha anat evolucionant l'educació reglada en valorització i reciclatge. Aquests impliquen aprofitar deixalles com a recursos contribuint d'aquesta forma a conservar matèries primeres i energia, i reduint la quantitat de residu final que es genera.

S'ha de millorar l'apreciació cap a la valorització com una font d'oportunitats que permeti retornar els subproductes al cycle productiu i minimitzar les barreres comercials cap als productes reciclats.

Sota aquesta premissa, el projecte que es desenvolupa pretén ser un exemple de reutilització d'un subproducte.

L'objectiu general del present treball de final de grau és l'aprofitament d'un subproducte com és el fang sobrant d'una central de tractament d'àrids, per a ser utilitzat a la fabricació de materials ceràmics per a la construcció.

Per dur a terme aquest objectiu general, es plantegen tres objectius principals:

- *Continuació del Projecte Fi de Carrera que precedeix el present treball.*
- *Estudi de les propietats de les rajoles de gres no esmaltades per a la utilització com a paviments per habitatges i obtenir el marcat CE del producte.*
- *Estudi de les propietats de les rajoles de gres no esmaltades per a obtenir els resultats que permetin preparar les bases per a un posterior estudi econòmic de viabilitat de comercialització.*

Per tal d'aprofundir més en els objectius principals, es plantegen el següents objectius específics per a cada un:

- ***Continuació del Projecte Fi de Carrera que precedeix el present treball.***

Realitzar de nou l'assaig de conductivitat tèrmica, el qual es va considerar erroni al projecte que ens precedeix i analitzar els resultats que s'obtenen.

- Estudi de les propietats de les rajoles de gres no esmaltades per a la utilització com a paviments per habitatges i obtenir el marcat CE del producte.

Realitzar tots els assaigs possibles que estableix la normativa per a la obtenció del marcat CE del producte.

- Determinació de la reacció al foc.
- Determinació de la resistència a la flexió i de la força de ruptura.
- Determinació de la resistència al lliscament.
- Determinació de la resistència a la gelada.

Un cop realitzats els assaigs, extreure conclusions i determinar si el material compleix els requisits normatius, i per tant, si es podria obtenir el marcat CE del producte.

- Estudi de les propietats de les rajoles de gres no esmaltades per a obtenir els resultats que permetin preparar les bases per a un posterior estudi econòmic de viabilitat de comercialització.

Realitzar tots els assaigs possibles que estableix la normativa que no són essencials per a l'obtenció del marcat CE, però si que ho són a l'hora de comercialitzar el producte.

- Determinació de les dimensions i l'aspecte superficial.
- Determinació de l'absorció d'aigua.
- Determinació de la resistència a l'impacte per mesurament del coeficient de restitució.
- Determinació de la resistència a l'abrasió profunda de les rajoles no esmaltades.
- Determinació de la dilatació tèrmica lineal.
- Determinació de la resistència al xoc tèrmic.
- Determinació de la dilatació per humitat.
- Determinació de la resistència química.
- Determinació de la resistència a les taques.

Un cop realitzats els assaigs, extreure conclusions i determinar si el material compleix els requisits normatius.

2.3. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

2.3.1. EL CONTEXT DELS RESIDUS A CATALUNYA

INTRODUCCIÓ

Els recursos són un element bàsic per satisfer les necessitats de les societats humanes i garantir el seu desenvolupament. A la vegada, els recursos naturals tenen la limitació de la seva escassetat i en determinades situacions la seva extracció i processament pot causar importants desequilibris en els ecosistemes. L'extracció de recursos a Catalunya va ser l'any 2011 de 46,8 milions de tones, de les que un 19% corresponien a recursos renovables i un 81% a recursos no renovables. Així mateix, s'ha de destacar que Catalunya és deficitària en molts dels recursos que consumeix, motiu pel qual es veu obligada a la seva importació des d'altres zones del món. En aquest sentit, els recursos (propis o importats) existents al territori s'han de mantenir en circulació i evitar el seu malbaratament.

Es fa evident que la gestió dels residus, començant per la seva prevenció, pot contribuir de manera significativa a l'ús eficient dels recursos.

Els residus que es generen per a les activitats que es duen a terme a Catalunya i els seus habitants s'han de gestionar per minimitzar els impactes negatius sobre el medi ambient i la salut de les persones. A més d'evitar efectes nocius i no desitjables des d'un punt de vista ambiental, també cal potenciar el valor dels residus com a recursos per a l'obtenció de materials que es puguin integrar de nou en els processos productius i contribuir, d'aquesta manera, a que Catalunya esdevingui un referent de societat econòmicament i socialment sostenibles.

En aquest primer apartat s'exposa i es defineix en primer lloc el concepte de residu, el qual inclou el concepte de subproducte, la fi de la condició de residu i es descriuen les diverses categories de residus.

Creiem que cal tenir clar aquests conceptes, ja que tot aquest projecte està enfocat cap a la utilització d'un subproducte produït en l'àmbit industrial.

CONCEPTE I CATEGORIES DE RESIDU

El residu es defineix com a qualsevol substància o objecte del qual el seu posseïdor se'n desprèn o té la intenció o l'obligació de desprendre's.

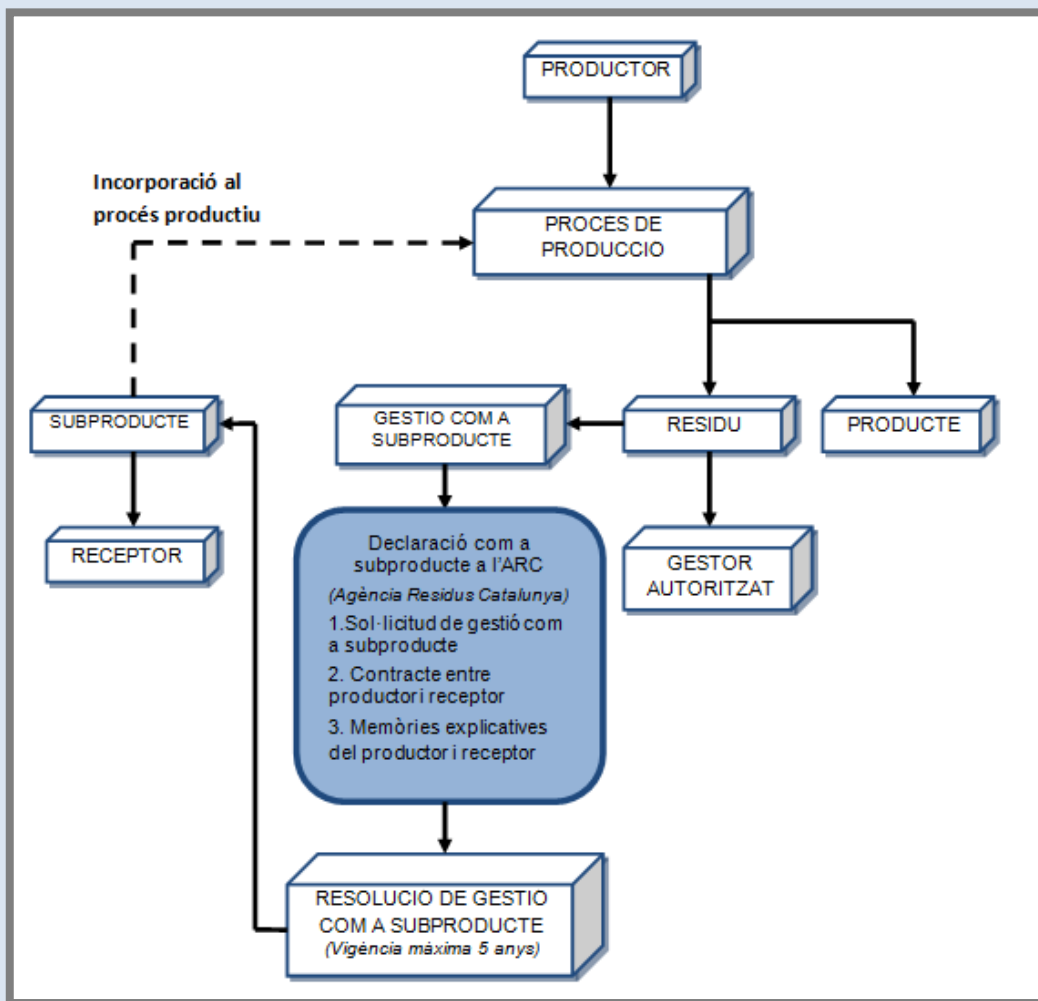
La limitació del concepte de residu es fa a través dels conceptes de subproducte i de la fi de la condició de residu.

Es defineix com a subproducte tota aquella substància o objecte resultant d'un procés de producció en què la finalitat principal d'aquest, no sigui la producció d'aquesta substància o objecte, i quan es compleixin determinades condicions:

- Que es tingui la seguretat que la substància o objecte s'utilitzarà posteriorment.
- Que no calgui cap transformació ulterior diferent de la pràctica industrial habitual per a poder utilitzar aquesta substància directament.
- Que la substància sigui produïda com a part integrant d'un procés de producció.
- Que es compleixin tots els requisits pertinents relatius al producte, així com a la protecció de la salut humana i del medi ambient, quan s'utilitzi ulteriorment.

Per tant, podem dir que els subproductes són tots aquells residus que es poden utilitzar directament com a matèries primeres en d'altres processos productius o com a substituïts de productes comercials. Aquestes són recuperables sense necessitat de sotmetre'ls a operacions de tractament, enteses com a tal, aquelles operacions de canvi de característiques físiques, químiques o biològiques d'un producte per tal de reduir o neutralitzar les substàncies que puguin ser perilloses, recuperar-ne matèries o substàncies valoritzables, facilitar-ne l'ús com a font d'energia o afavorir-ne la disposició del rebuig.

A continuació es mostra de forma esquemàtica el procés bàsic de gestió de residu com a subproducte.



Esquema bàsic de gestió de residu com a subproducte. Font: Pròpia

D'altra banda, es pot definir el concepte de fi de condició de residu, que s'introdueix amb l'objectiu d'enfortir el reciclatge majoritàriament en l'àmbit comunitari, contribuint també a delimitar el concepte de residu.

Un residu podrà deixar de ser considerat com a tal, quan aquest hagi estat sotmès a una operació de valorització i sempre que es compleixin les condicions següents:

- Que les substàncies o objectes resultants es facin servir habitualment per a finalitats específiques.
- Que hi hagi un mercat o una demanda per a aquestes substàncies o objectes.
- Que les substàncies o objectes que resultin, compleixin els requisits tècnics per a finalitats específiques, la legislació existent i les normes aplicables a productes.
- Que l'ús de la substància no generi impactes adversos per al medi o la salut.

2. MEMÒRIA

Per finalitzar, les categories de residus estan classificades en tres grans grups: domèstics o municipals, comercials i industrials.

En el conjunt de residus domèstics o municipals s'inclouen tots aquells residus que es generen als domicilis com a conseqüència de les activitats domèstiques i els similars als anteriors però que es generen en serveis i indústries. S'inclouen també els residus d'aparells elèctrics i electrònics, roba, piles, acumuladors, mobles, enderrocs d'obres procedents d'obres menors de construcció i reparació domiciliària, els procedents de la neteja de vies públiques, zones verdes, àrees recreatives i platges, animals domèstics morts i els vehicles abandonats, que es generin en les llars.

En el conjunt de residus comercials s'inclouen tots aquells residus que es generin com a conseqüència de l'activitat pròpia del comerç a l'engròs i al detall, en serveis de restauració i bars, en oficines i mercats, així com en la resta del sector serveis.

S'inclouen dins el conjunt de residus industrials tots aquells residus resultants dels processos de fabricació, de transformació, d'utilització de consum, de neteja o de manteniment generats per l'activitat industrial, excloses les emissions a l'atmosfera.

Per altra banda, es defineixen tres conceptes que també es fan servir per a la classificació dels residus, que són el conceptes de residu especial, no especials i inerts.

Es considerarà que un residu és especial quan es classifiqui com a tal a la normativa bàsica de l'Estat i per a la normativa de la Unió Europea.

Els residus no especials són tots aquells residus qualificats com a no perillosos per la normativa bàsica de l'Estat i per la normativa de la Unió Europea.

Els residus inerts són tots aquells residus no especials que no experimenten transformacions físiques, químiques o biològiques significatives, és a dir, no són residus solubles ni combustibles, ni reaccionen físicament ni químicament, ni són biodegradables, ni afecten negativament a les altres matèries amb les quals puguin entrar en contacte.

Es defineix el residu perillós com aquell residu que presenta una o diverses de les característiques que, d'acord amb la Directiva Marc de Residus (DMR), permeten considerar-lo perillós, així com els recipients i envasos que els hagin contingut.

Amb aquest apartat queda definit el concepte de residu i les seves principals classificacions.

2. MEMÒRIA

En els apartats següents ens centrarem en fer una recopilació d'informació sobre els antecedents i l'estat actual del tractament de residus a Catalunya, per tal de conèixer l'evolució de la qüestió, donant dades dels diversos grups de residus esmentats anteriorment (domèstics o municipals, comercials i industrials).

ANTECEDENTS DE LA GESTIÓ DE RESIDUS A CATALUNYA

La gestió de residus a Catalunya ha experimentat canvis a través dels temps, adaptant-se als nous requeriments ambientals i normatius i establint nous models de gestió basats en els resultats que s'han anat obtenint.

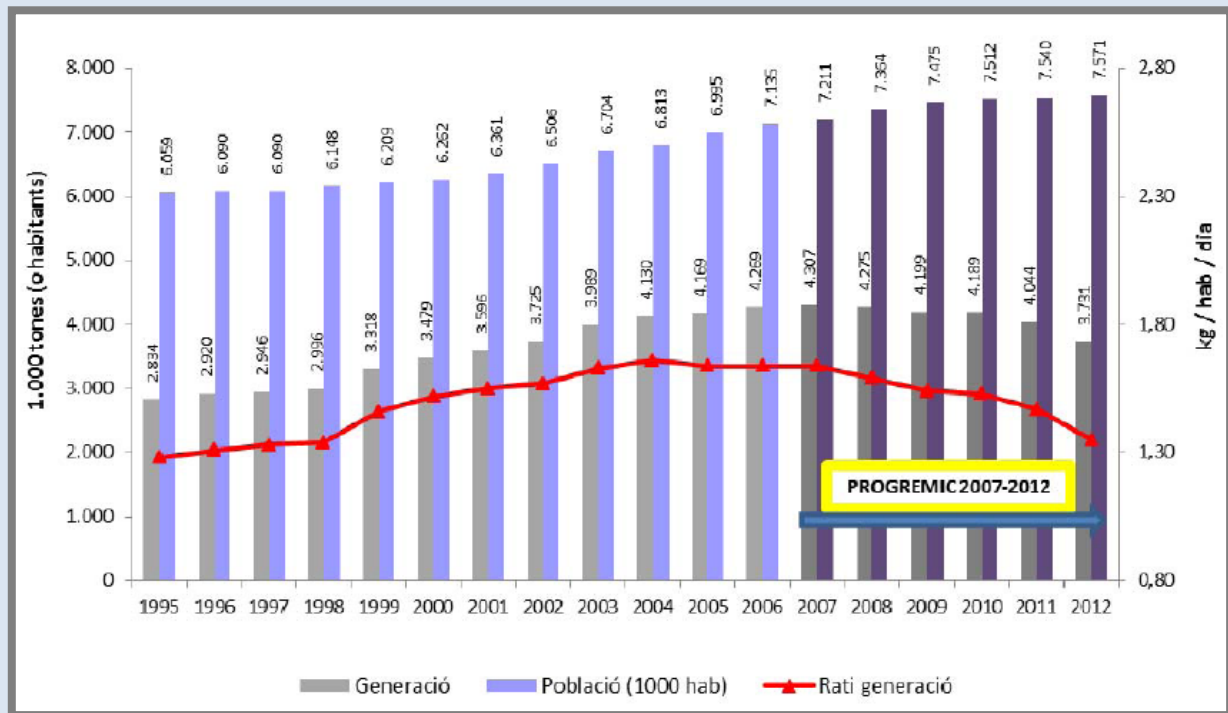
Durant el període 2007-2012 la gestió de residus a Catalunya es va realitzar en base a tres programes de gestió que es diferenciaven en funció de l'àmbit de generació: el Programa de Gestió dels Residus Municipals a Catalunya (PROGREMIC), el Programa de Gestió dels Residus Industrials a Catalunya (PROGRIC) i el Programa de Gestió dels Residus de Construcció a Catalunya (PROGROC), els quals s'agrupen ara dins el PRECAT20 el qual s'analitza en apartats posteriors

A continuació es defineixen cadascun dels programes esmentats anteriorment i es realitza un breu anàlisi de les dades obtingudes, recollides als Annexos del programa PRECAT20 el qual s'analitzarà en apartats posteriors.

- *El Programa de Gestió dels Residus Municipals a Catalunya (PROGREMIC)*

El Programa de Gestió dels Residus Municipals a Catalunya (PROGREMIC) desenvolupa els criteris del Pla d'acció per a la gestió de residus municipals a Catalunya durant el període 2005-2012 basats en el foment de la prevenció, l'augment i extensió territorial de la recollida selectiva i en el tractament de tots els residus generats. Consta de tres eixos fonamentals que són la definició d'un model de gestió centrat en la ciutadania, l'establiment d'uns objectius organitzatius i logístics i l'impuls de les infraestructures previstes per fer-los possibles.

A continuació s'analitza en termes generals les dades obtingudes en l'annex 5: Balanç del Programa de gestió de residus municipals de Catalunya (PROGREMIC 2007-2012), del PRECAT20.



Evolució de la generació de residus municipals a Catalunya (període 1995-2012)

Font: PROGEMIC 2007-2012

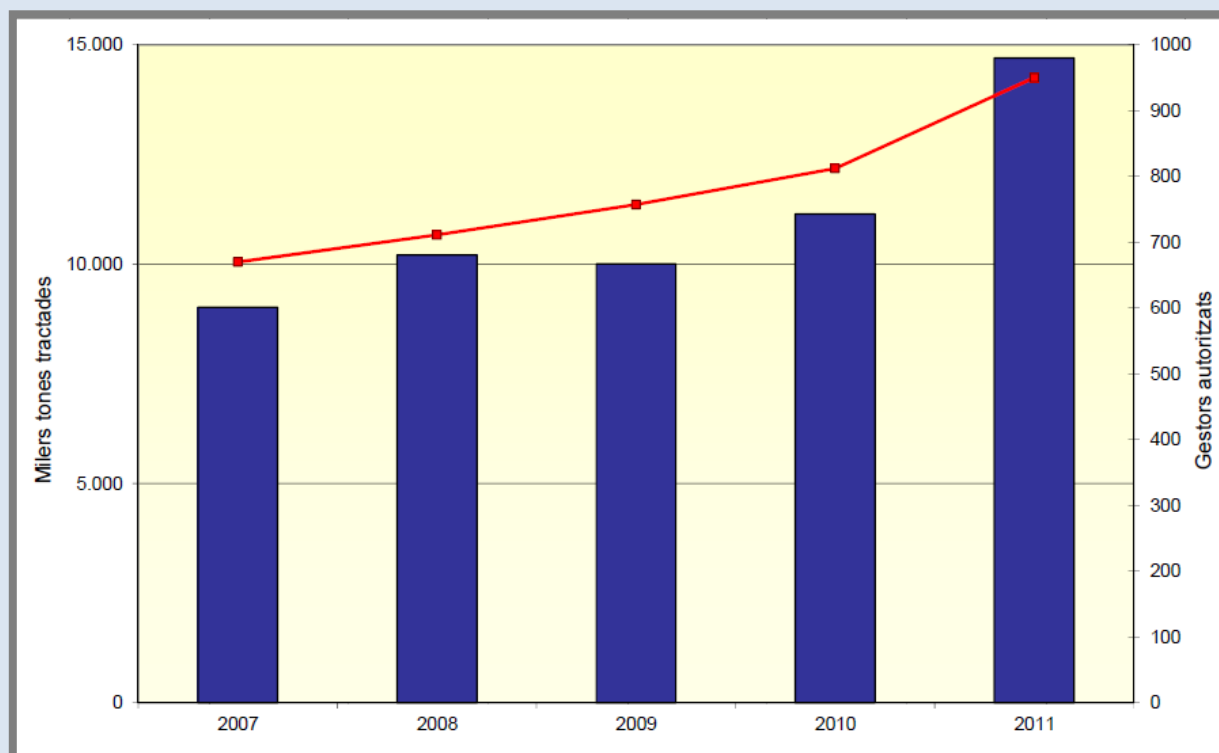
Analizant el gràfic, s'observa que l'any 2012 es van generar 3.731.437 tones de residus municipals. Respecte l'any 2007, la generació del total de residus municipals va disminuir en un 13,4%, tot i que la població va incrementar-se un 5% en el mateix període. En aquest sentit, s'ha de destacar la major reducció de la generació produïda en els darrers dos anys.

- *El Programa de Gestió dels Residus Industrials a Catalunya (PROGRIC)*

El Programa de Gestió de Residus Industrials a Catalunya (PROGRIC) desenvolupa els criteris del pla d'acció per a la gestió de la producció i la gestió dels residus industrials.

Pel que fa a la planificació de les instal·lacions de gestió es contempla també la producció i la gestió dels residus industrials assimilables als municipals, i certs residus municipals que es gestionen en instal·lacions concebudes per a la gestió de residus industrials.

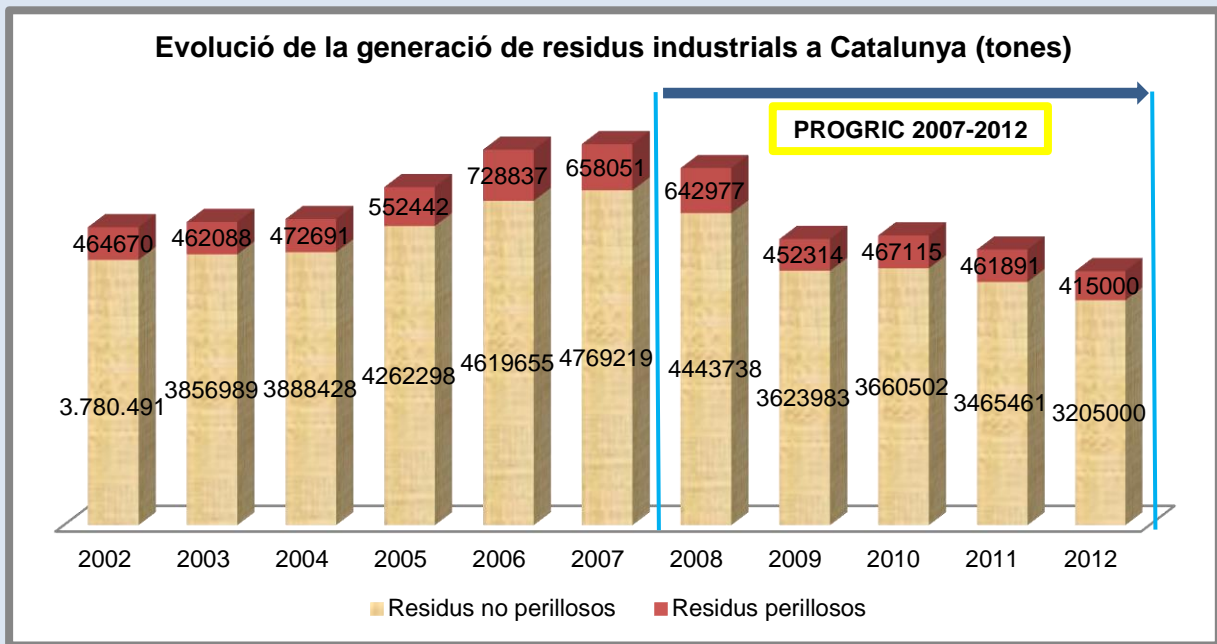
A continuació s'analitza en termes generals les dades obtingudes en l'annex 6: Balanç del Programa de gestió dels residus Industrials de Catalunya (PROGEMIC 2007-2012), del PRECAT20, referents a l'evolució de la gestió de residus industrials, l'evolució de la generació de residus industrials i la generació de residus per grups d'activitat d'origen.



Evolució del nombre de gestors i de les tones de residus industrials tractades

Font: PROGRIC 2007-2012

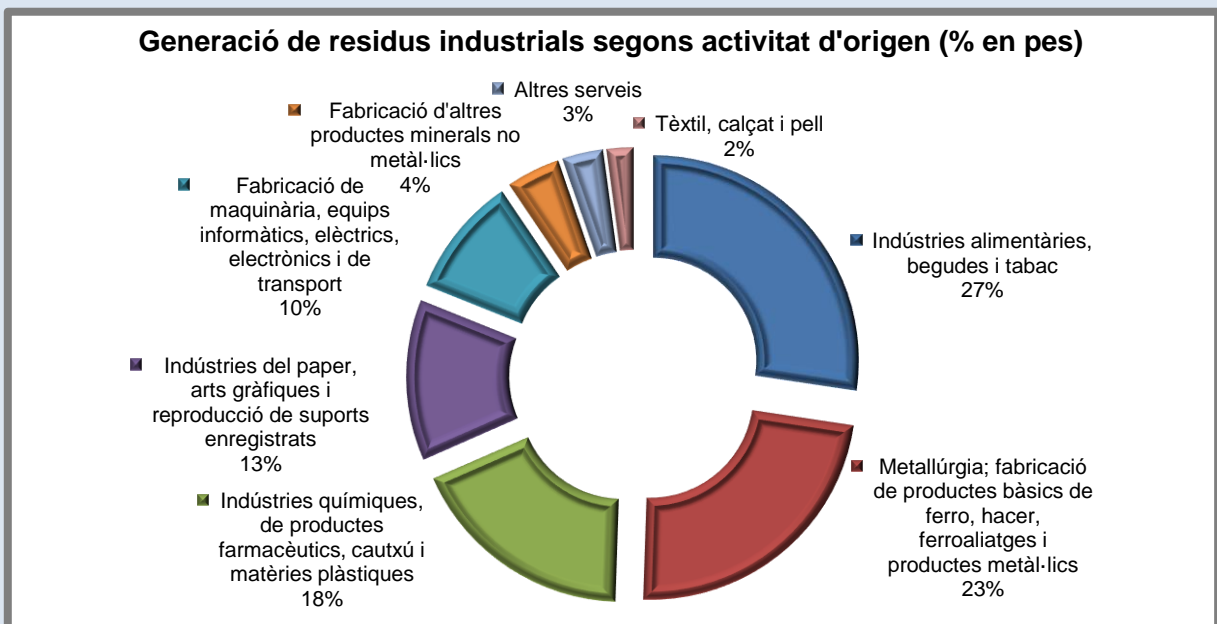
S'observa com el nombre de gestors de residus ha anat augmentant de forma contínua al llarg dels anys. El creixement del nombre de gestors en el període 2007-2011 ha estat del 42%, passant de 670 gestors a l'any 2007 a 950 l'any 2011.



Evolució de la generació de residus industrials a Catalunya (tones)

Font: PROGRIC 2007-2012

S'observa una clara tendència de reducció de residus industrials respecte l'any 2007, quantificada segons les dades en un 33%. Aquesta disminució és deguda, en part, a la menor activitat productiva associada a la crisi econòmica i, a un cert nivell de desacoblament entre la generació de residus i l'activitat industrial.



Generació de residus industrials a Catalunya segons activitat d'origen l'any 2012 (% en pes)

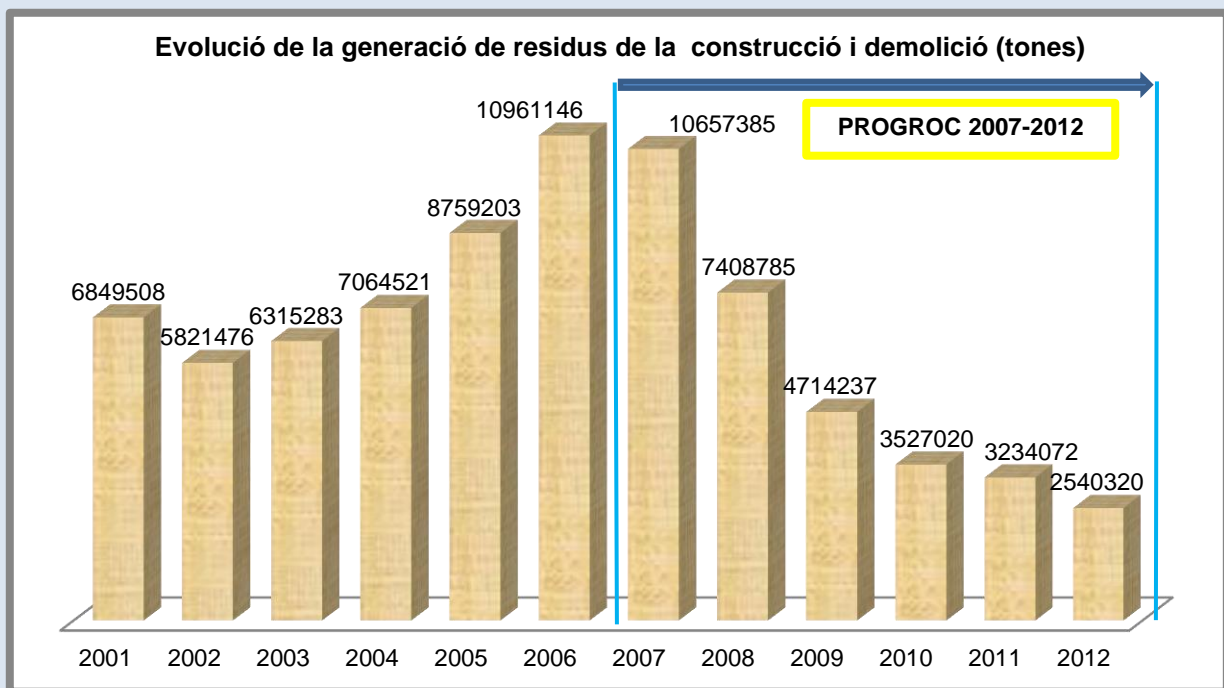
Font: PROGRIC 2007-2012

Amb aquest gràfic queda clarament reflectit, que les activitats industrials que generen més residus són les del sector alimentari i metal·lúrgic així com les indústries químiques i les del paper amb una fracció important respecte el global de la generació de residus.

- *El Programa de Gestió dels Residus de Construcció a Catalunya (PROGROC)*

El Programa de Gestió de Residus de Construcció a Catalunya (PROGROC) desenvolupa els criteris del Pla d'acció per a la gestió de la producció dels residus de construcció i demolició, i el cànon sobre la deposició controlada dels residus de la construcció.

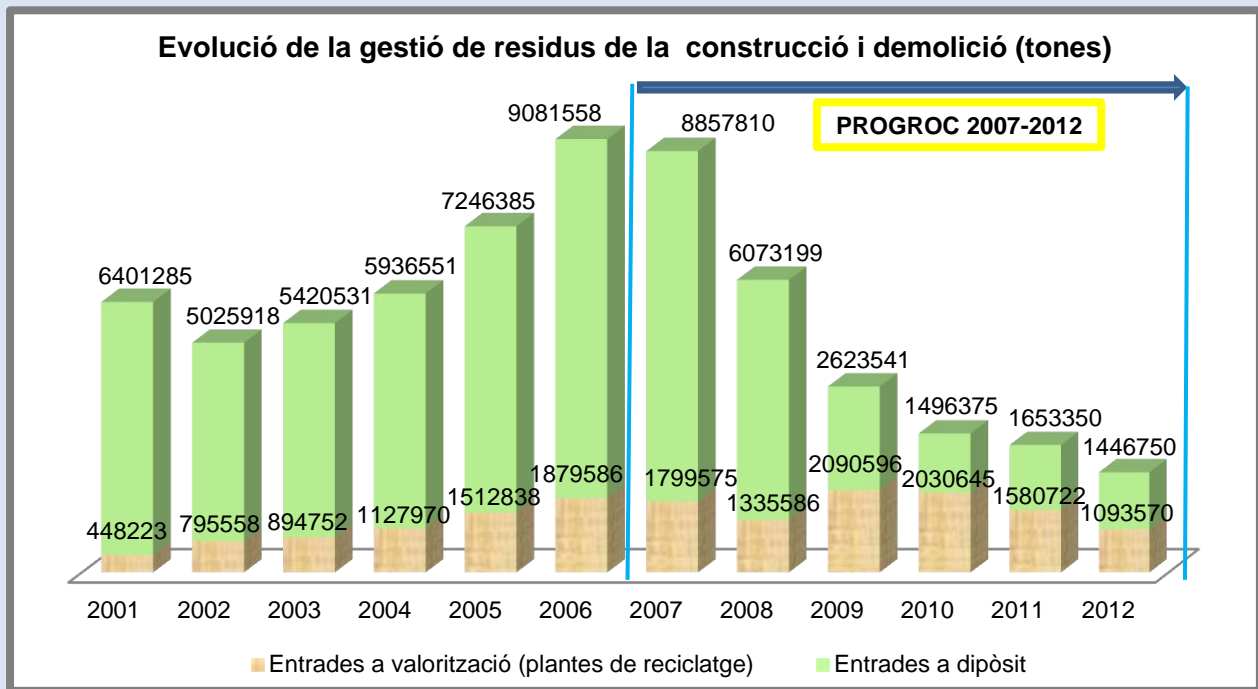
A continuació s'analitza en termes generals les dades obtingudes en l'annex 7: Balanç del Programa de gestió dels residus de la construcció a Catalunya (PROGROC 2007-2012), del PRECAT20, referents a l'evolució de la generació de residus de la construcció i demolició, la evolució de la gestió de residus de la construcció i demolició.



Evolució de la generació de residus de la construcció i demolició (tones) a Catalunya en el període 2001-2012

Font: PROGROC 2007-2012

S'observa una clara tendència en la disminució de la generació de residus, que s'inicia l'any 2007 com a conseqüència de la menor activitat i obra civil a Catalunya deguda a la crisi econòmica. Com a dada final, s'observa que l'any 2012 es van generar 2.540.320 tones de residus de la construcció i demolició.



Evolució de la gestió de residus de la construcció i demolició a Catalunya en el període 2001-2012 (tones)

Font: PROGROC 2007-2012

La gestió de residus està marcada per la destinació final d'aquests. S'observa que un 43% dels residus generats l'any 2012 es van destinar a la seva valorització a través de reciclatge i triatge. En aquest sentit, les entrades de residus de la construcció a instal·lacions de valorització ha anat disminuint tant en percentatge com en valor absolut des de l'any 2010.

ESTAT ACTUAL DE LA GESTIÓ DE RESIDUS A CATALUNYA

Per a fer front als reptes estratègics i als nous objectius en matèria de prevenció i gestió de residus durant els propers vuit anys, la Generalitat de Catalunya crea el Programa General de Prevenció i Gestió de Residus i Recursos a Catalunya 2013-2020 (PRECAT20).

Aquest programa integra els anteriors programes de gestió de residus a Catalunya, esmentats, definits i caracteritzats en l'apartat anterior d'aquest projecte. Els integra en un nou programa de caràcter general basat en els fluxos de materials de residus. Aquesta orientació fa que la condició de residu s'enforteixi, així com les sinèrgies existents en la gestió dels diferents fluxos materials independentment del seu origen i permet la superació dels límits de les estratègies clàssiques de gestió.

Aquest programa té com a objectiu general determinar l'estratègia d'actuació de la Generalitat de Catalunya en matèria de prevenció i gestió de residus fins l'any 2020, sota la perspectiva de contribuir a l'obtenció i l'ús eficient dels recursos i afavorint el desenvolupament d'una economia circular baixa en carboni.

A les taules següents, extreïdes del mateix programa PRECAT20, queden reflectits els principals objectius estratègics i quantitius, en relació als establerts en l'anterior període de programació i a la situació existent l'any 2012, que estableix el programa.

Objectius estratègics	
Troncals	1. Potenciar la visió dels residus com a recursos
	2. Contribuir, des d'una perspectiva de cicle de vida, i en el marc de la política energètica, a la lluita contra el canvi climàtic i altres impactes associats a la gestió de residus i a l'ús de recursos.
	3. Protegir el sòl com a medi bàsic i recurs de caràcter renovables
Jerarquia de gestió	4. Reduir la generació de residus, impulsant la prevenció i particularment la reutilització.
	5. Fomentar la preparació per a la reutilització de residus.
	6. Incrementar la valorització del conjunt de residus, particularment la valorització material, des d'una òptica de l'economia circular i baixa en carboni
	7. Suprimir progressivament la disposició de residus valoritzables
Complementaris	8. Impulsar el sector català dels residus com un referent tècnic, econòmic i legal.
	9. Disposar d'una xarxa d'infraestructures de gestió de residus adaptada a les necessitats territorials, econòmiques i tècniques de Catalunya.
	10. Fer transparent i sostenible econòmicament la gestió de residus.

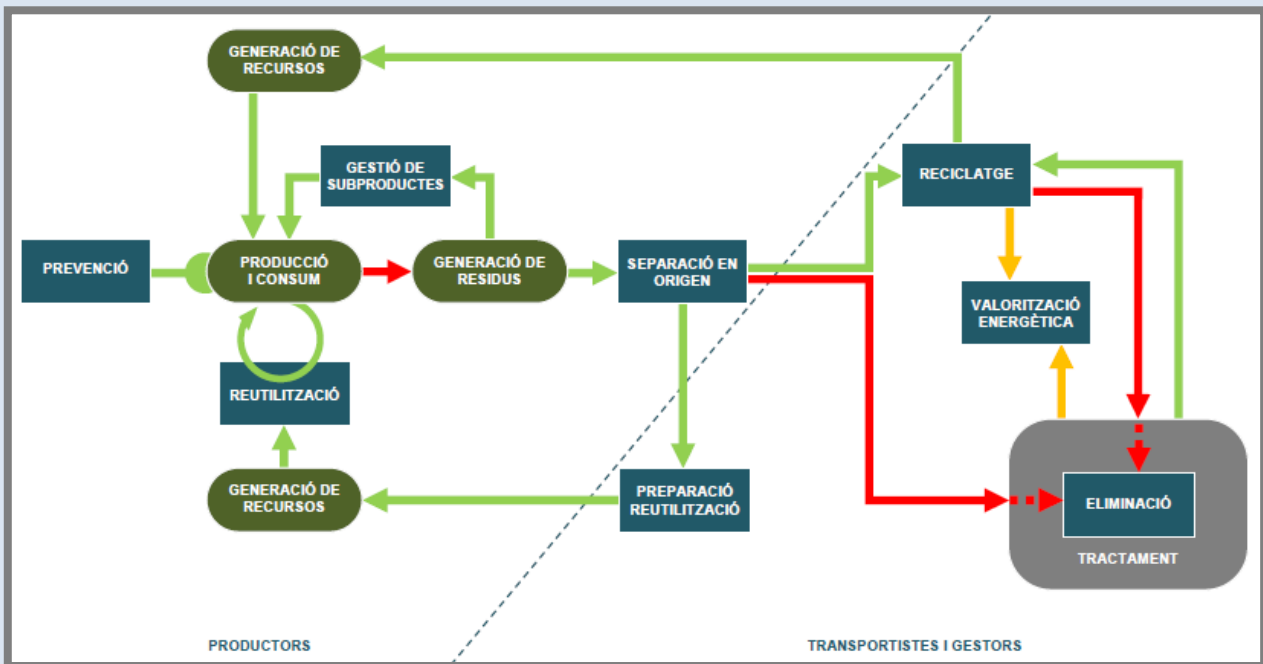
Taula resum dels principals objectius estratègics del PRECAT20 Font: PRECAT20

Descripció dels objectius	Objectiu 2012	Valor 2012	Objectiu 2020
PREVENCIÓ			
Reducció de la generació de residus	-10%	-17,9%	-15%
GESTIÓ GENERAL			
Recollida selectiva bruta de residus municipals	-	39%	60%
Valorització material total dels residus municipals	48%	32,2%	55%
Valorització dels residus industrials	82% (destí a valorització)	78% (destí a valorització)	70% (valorització efectiva)
Valorització dels residus de la construcció	50%	43%	75%
Residus sense tractar destinats a incineració o dipòsit controlat	0%	49,70%	0% (2018)
GESTIÓ PER FLUXOS			
Reducció de les bosses de plàstic d'un sol ús	-50%	-52,40%	-90%
Matèria orgànica: valorització material total	55%	22,2%	60%
Matèria orgànica: contingut d'impropis en la recollida selectiva	<15%	14,8%	<10%
Envasos: valorització material total	60%	40,4%	75%
Piles: recollida selectiva	25%	32,4%	55%
RAEE: recollida selectiva	4 kg/hab·any	2,5 kg/hab·any	4 kg/hab·any
RAEE: preparació per a la reutilització	-	Inapreciable	5%
Pneumàtics fora d'ús: valorització material	-	-	75%
ALTRES			
Reducció de la petjada de carboni associada a la generació i gestió de residus	-	1,5 Mt CO _{2eq} /any	-30% respecte 2012
Eficiència en la captació de biogàs en dipòsits controlats	-	30%	60%

Taula resum dels principals objectius quantitius del PRECAT20 Font: PRECAT20

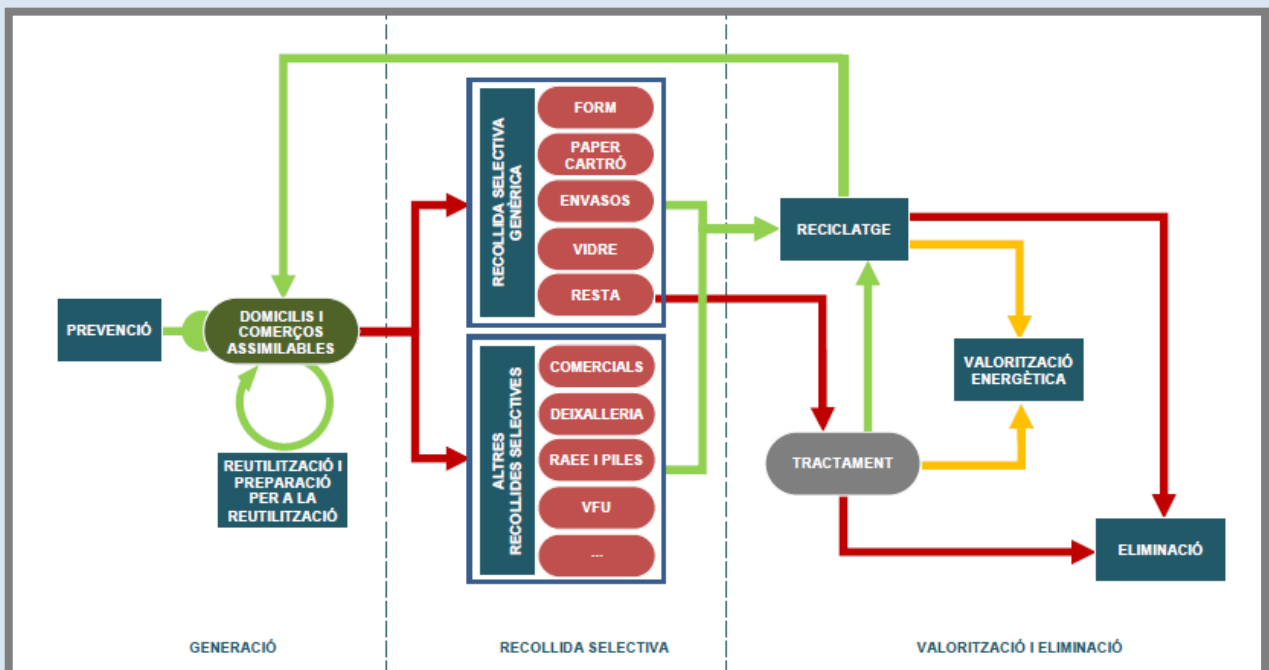
El PRECAT20 estableix models de gestió els quals parteixen de la prevenció de residus com a aspecte fonamental.

Els diagrames següents mostren per una banda el model general de gestió dels residus a Catalunya, i per una altra, com aquest es particulitza en el cas de l'àmbit municipal, industrial i de la construcció. El codi de colors de les fletxes dels diagrames indiquen, en verd, les opcions que cal afavorir, mentre que en vermell s'il·lustren els fluxos que cal limitar. En color taronja es mostren les opcions de destí a valorització energètica.



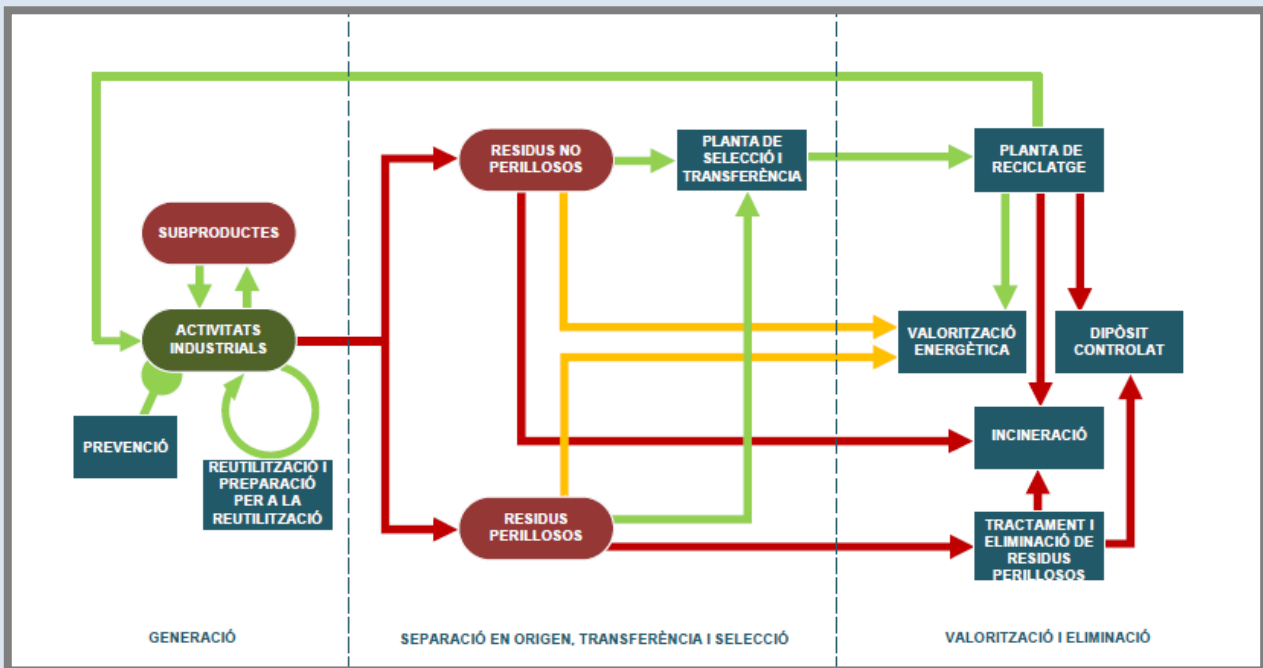
Esquema general del model de gestió de residus de Catalunya

Font: PRECAT 2013-2020



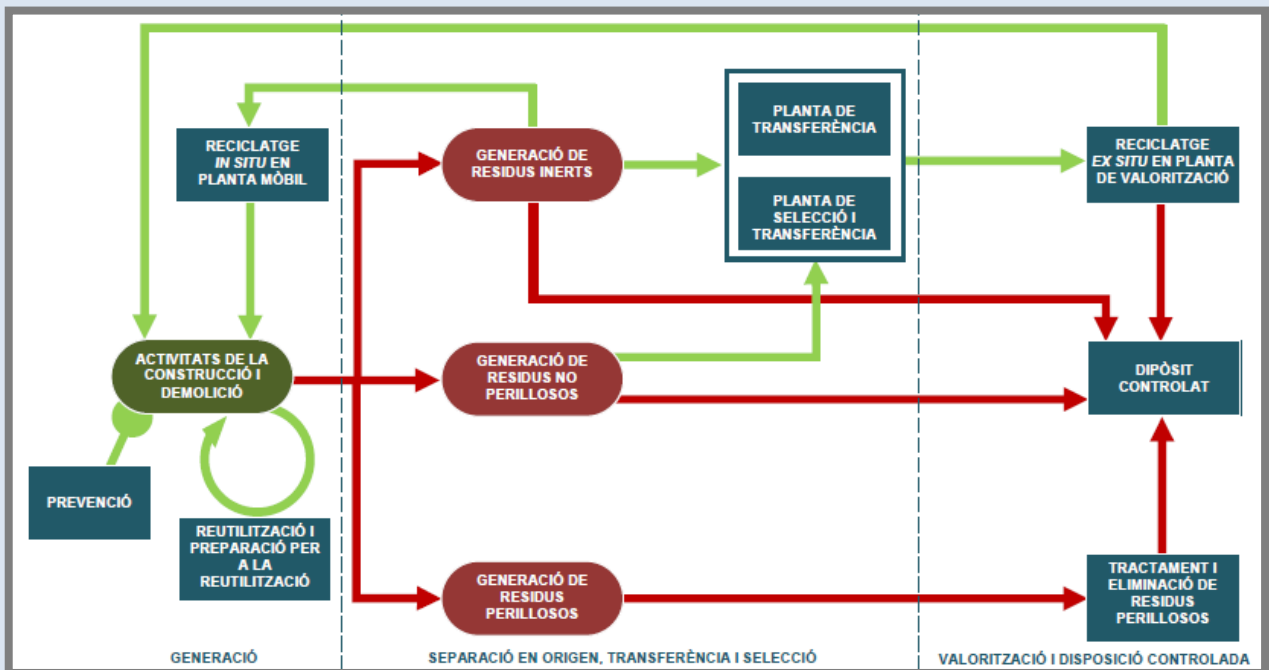
Esquema del model de gestió de residus municipals de Catalunya

Font: PRECAT 2013-2020



Esquema del model de gestió de residus industrials de Catalunya

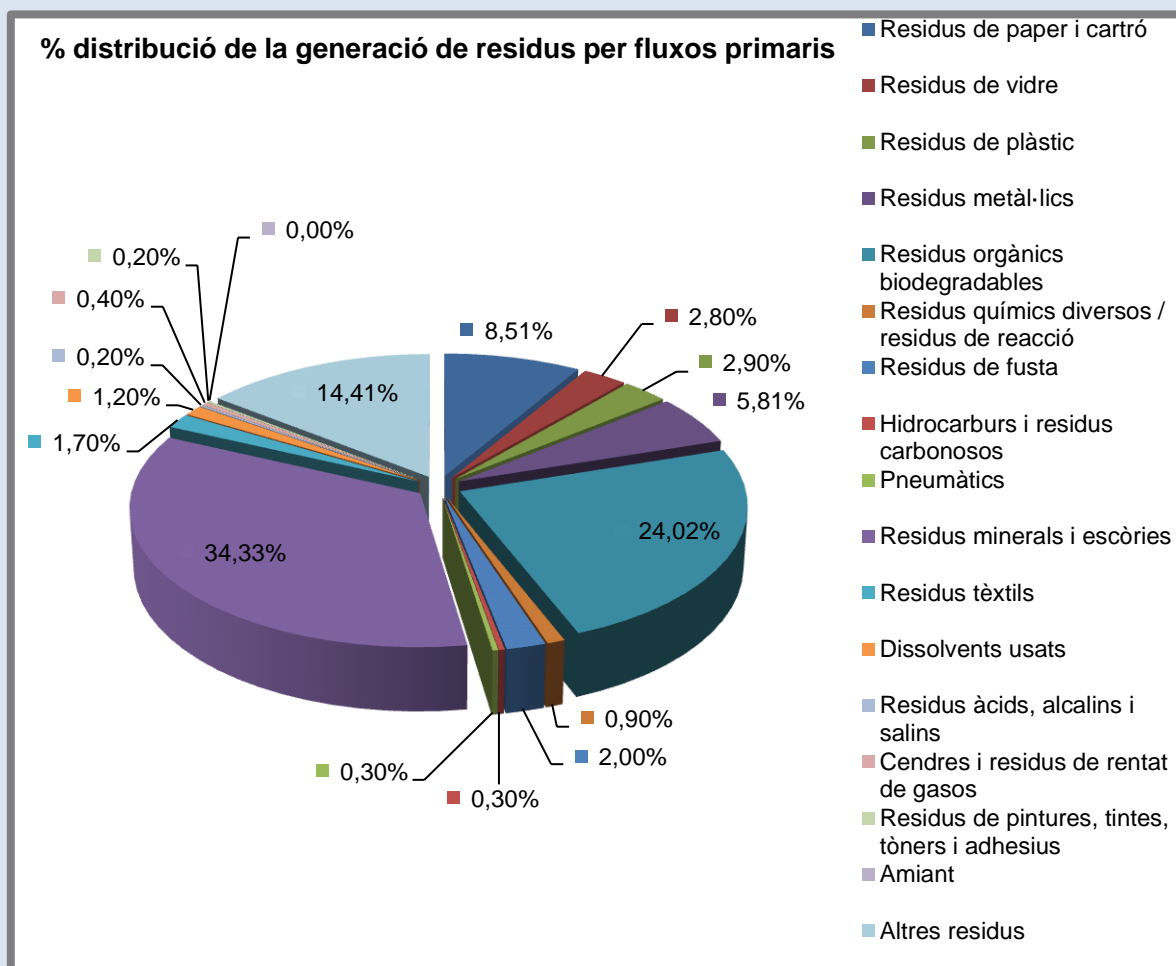
Font: PRECAT 2013-2020



Esquema del model de gestió dels residus de la construcció i demolició de Catalunya

Font: PRECAT 2013-2020

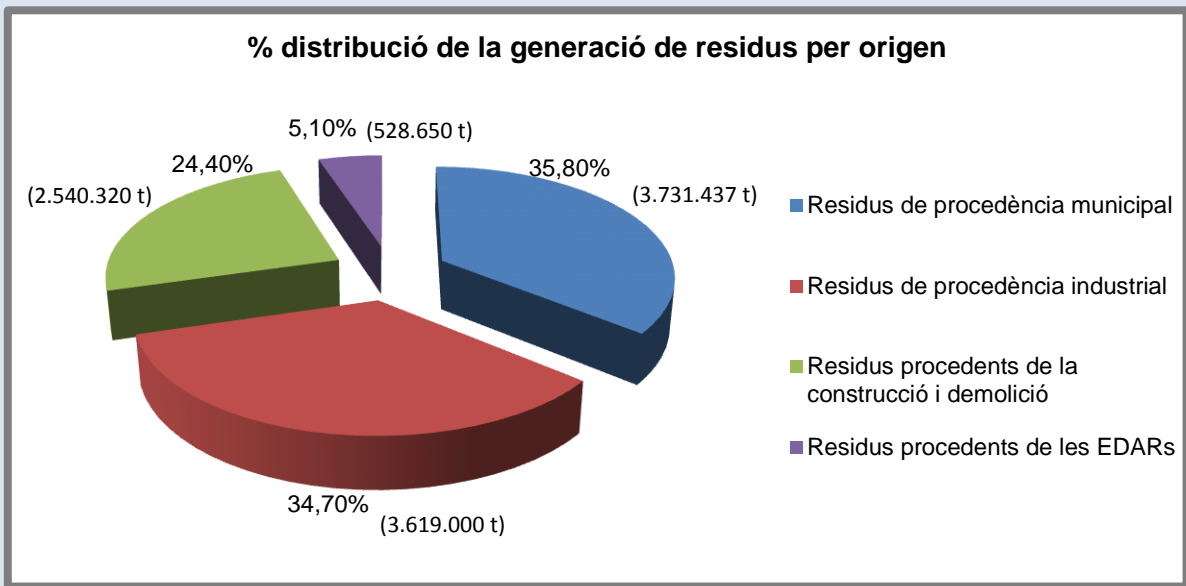
Per a concloure aquest apartat i per tal de tenir una referència quantitativa de l'estat actual de la generació de residus s'analitzen dues gràfiques extretes del PRECAT20 referents a la distribució de la generació de residus per fluxos primaris i la distribució de la generació de residus per origen de generació.



Esquema Distribució de la generació de residus (% en pes) a Catalunya per fluxos primaris

Font: PRECAT 2013-2020

Analitzant el gràfic, s'observa que els fluxos de caràcter primari que tenen una major aportació respecte a la generació de residus a Catalunya són els residus minerals i escòries amb un 34,4%, seguits dels residus orgànics biodegradables 24%, els residus de paper i cartró 8,5%, els residus metàl·lics 5,83% i els residus de plàstic 2,9%. Cal destacar també que una fracció que ocupa el 14,4% està dedicada a la categoria de "Altres" que engloba tots aquells residus que no han pogut ser classificats en cap dels fluxos anteriors.



Distribució de la generació de residus (% en pes) a Catalunya per origen de generació.

Font: PRECAT 2013-2020

Analitzant el gràfic anterior s'observen clarament, els tres principals orígens de la generació de residus distribuïts en percentatge, de major a menor, els residus de procedència municipal amb un 35,8% de la fracció, seguit dels residus de procedència industrial amb el 34,7%, els residus procedents de la construcció i demolició amb un 24,4% i amb una menor fracció, els residus procedents de les EDARs amb un 5,1%.

S'ha cregut oportú elaborar un apartat diferenciat per a la gestió de residus com a subproductes ja que aquests esdevenen de gran importància en les tendències futures d'aprofitament i de gestió dels residus.

LA GESTIÓ DELS RESIDUS COM A SUBPRODUCTES PER PART DE LA INDÚSTRIA CATALANA

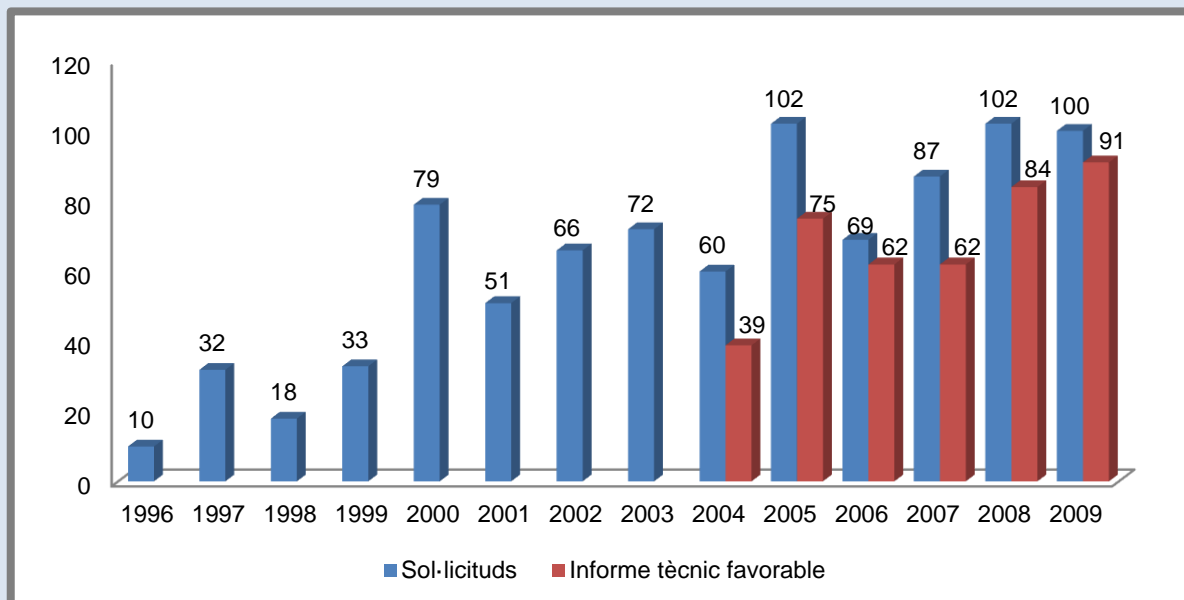
Com s'ha definit en apartats anteriors, els subproductes són matèries que s'utilitzen com a substitutius de productes comercials i/o de primeres matèries i que són recuperables sense necessitat de sotmetre'ls a operacions de tractament.

Històricament a Catalunya s'ha impulsat, a través de l'ARC (Agència de Residus de Catalunya), la utilització dels residus generats per les indústries catalanes com a subproductes per part d'altres processos industrials.

La gestió dels residus i la posterior classificació com a subproducte, suposa la valorització de residus industrials per part d'altres empreses que els utilitzen com a matèria primera.

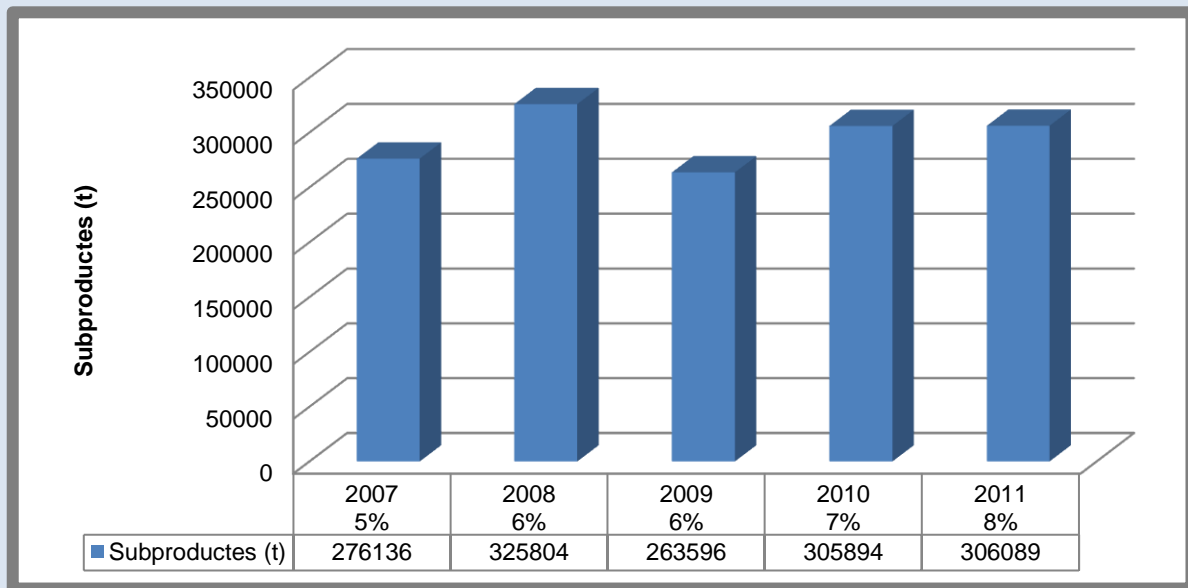
Per tal de gestionar un residu com a subproducte entre una empresa productora i una empresa receptora cal que les empreses facin la corresponent sol·licitud a l'Agència de Residus de Catalunya aportant la documentació necessària, com són el document oficial de sol·licitud, contracte i memòries explicatives.

A les gràfiques següents es pot observar l'evolució de les sol·licituds de la gestió de residus com a subproductes (període 1996-2009) i el percentatge de residus gestionats com a subproductes.



Evolució de la sol·licitud de gestió de residu com a subproducte.

Font: PRECAT 2013-2020



Gestió de subproductes i percentatge respecte els residus generats en sector industrial.

Font: PRECAT20, Annex 6: Balanç PROGRIC període 2007-2011

Per a concloure aquest apartat de la gestió del residu com a subproducte, hem volgut donar alguns exemples materials residuals que han estat gestionats com a subproducte.

- Pintura en pols residual de cabines de pintura per a la fabricació de pintures i vernissos.
- Llots de tractament de plantes potabilitzadores d'aigua per a la fabricació d'àrids i restauració d'activitats extractives.
- Rebuigs de diferents processos de la indústria alimentària (blat de moro, patates, galetes, líquids ensucrats, etc..) per a l'alimentació animal en substitució d'algun dels components del pinso.
- Llots de tractament d'aigües residuals de la indústria paperera com a valorització material en fabricació de maons (valorització material i energètica).
- Lletada de calç procedent de la fabricació d'acetilè gas per a processos de depuració d'aigües o de fabricació de ciment.
- Residu de xamota ceràmica per reintroduir al procés productiu.

Per tal de conèixer diverses plataformes i eines que la ciutadania i les empreses tenen al seu abast, l'eix principal de les quals, és el tractament, classificació o utilització de residus, s'ha cregut de gran importància, en la realització d'aquest projecte, fer una breu explicació d'alguna d'aquestes plataformes o eines.

PLATAFORMES I EINES A L'ABAST DE LA CIUTADANIA I LES EMPRESES

- *La borsa de subproductes de Catalunya*

La borsa de Subproductes de Catalunya (BSC) és un servei gratuït, creat l'any 1990, que té com a objectius potenciar l'aprofitament màxim dels residus, promoure el reciclatge i proporcionar a les empreses una eina per reduir despeses i millorar la competitivitat.

Seguint aquesta finalitat, la BSC gestiona una base de dades d'empreses inscrites que ofereixen o demanden residus per introduir-los a processos productius com a primeres matèries, fet que abarateix l'adquisició de primeres matèries i redueix el cost de gestió dels residus.

Aquestes ofertes i demandes, en forma d'anuncis, apareixen publicades al web i al butlletí de la Borsa de subproductes.

La Borsa de subproductes, a més, en col·laboració amb altres organismes, organitza jornades tècniques divulgatives sobre sistemes de gestió de residus perquè les empreses inscrites puguin disposar de tota la informació necessària i actualitzada per gestionar els seus residus d'una manera òptima.

- *El Catàleg de Residus de Catalunya*

El Catàleg de Residus de Catalunya (CRC) és una eina que té per finalitat que les empreses puguin optimitzar la gestió dels residus.

L'objecte principal d'aquest catàleg, és la classificació de residus, segons les categories establertes en l'article 29 de la Llei 6/1993, de 15 de juliol, reguladora dels residus, així com la seva codificació i la determinació de la correcta gestió que ha de tenir cadascun dels residus.

En el catàleg, els residus es troben classificats en 19 subgrups, els quals responen a processos o a activitats que generen els residus o bé a famílies importants de residus.

Cada grup es divideix en un subgrup o més, que inclouen els residus segons les seves afinitats.

Per a cada residu consignat al CRC, s'indiquen de forma genèrica quin és el seu origen, la classificació i les opcions de valorització, tractament i disposició del rebuig.

Aquesta informació es reparteix en les columnes que es descriuen a continuació:

- CJR (codi de residu). Els residus s'identifiquen mitjançant un codi de sis dígits, dels quals els dos primers indiquen el grup a què pertanyen; els dos següents, el subgrup, i els dos tercers, el residu concretament.
- Descripció. Els residus es descriuen utilitzant la terminologia més propera a la pràctica habitual.
- Origen. Indica el més ajustadament possible la causa, l'operació o el procés que origina el residu.
- CLA (Classificació). Indica la categoria a què pertany el residu (inert, no especial o especial), d'acord amb la classificació establerta per la Llei 6/1993, de 15 de juliol, reguladora dels residus.
- VAL (valorització). Cada abreviació indica diferents possibilitats de valorització aplicables en cada cas, ja sigui per a la comercialització, la reutilització o el reciclatge.
- TDR (tractament i disposició del rebuig). Cada abreviació indica els sistemes òptims de tractament i de disposició del rebuig per a cada residu, ordenats de més a menys segons l'aplicació òptima.

- *La xarxa compra reciclat*

La xarxa Compra Reciclat és un espai de trobada virtual entre oferents i demandants de productes reciclats, reciclables i/o biodegradables, amb el propòsit de crear un nucli de connexió entre agents i dinamitzar el mercat d'aquests productes.

L'objectiu principal d'aquesta xarxa és dinamitzar la compra de productes reciclats, reciclables i/o biodegradables, i en aquest sentit pretén crear un espai comú per a la integració dels agents del mercat del reciclatge per facilitar i agilitzar la compra d'aquests productes, facilitar les eines i els instruments necessaris per efectuar actuacions de compra d'aquests productes, donar suport als productes aprofitant l'elevat poder de compra de determinades entitats com ara l'administració pública, donar assessorament tècnic i resoldre les qüestions relacionades amb la compra d'aquests productes i com a objectiu final, crear els canals i els mecanismes de comunicació necessaris per fomentar la compra de productes reciclats i promoure l'intercanvi d'experiències entre els diferents agents del mercat del reciclatge.

2. MEMÒRIA

Per tal de completar aquest apartat d'estat de la qüestió, es fa un recull de diversos projectes o estudis en els quals es tracta la utilització d'un residu o un subproducte per a la elaboració de materials per a la construcció, s'exposen els objectius principals i les conclusions extretes en cadascun.

EXEMPLES D'ESTUDIS DE REAPROFITAMENT DE SUBPRODUCTES PER A FABRICACIÓ DE MATERIALS PER A LA CONSTRUCCIÓ

S'ha cregut oportú crear dos apartats diferenciats, el primer parlarem sobre projectes o estudis realitzats amb residus o subproductes diversos, sense tenir relació directa amb el nostre projecte, i en el segon apartat ens centrarem en aquells projectes o estudis que s'utilitzen els llots de central de tractament d'àrids.

Per a cada projecte o estudi s'ha cregut oportú nombrar els objectius que es volien assolir i les conclusions a què s'ha arribat al concloure el projecte o estudi.

- Recull de projectes o estudis que han utilitzat residus diversos

- *Aprofitament de la closca de musclo per al procés de fabricació de ciment*, realitzat per Rosa Fibla Matamoros i Juliana Verdiell Sales, Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Superior d'agricultura de barcelona.

Objectius: L'estudi es basa en la revalorització d'un material de rebuig procedent de l'activitat aquícola de les muscleres del Delta de l'Ebre. D'aquesta manera es pretén estudiar la viabilitat de l'ús de la closca de musclo en la fabricació de ciment

Conclusions generals: S'arriba a la conclusió que amb la utilització de la closca de musclo com a màxim en un 3% d'addició de closca es pot utilitzar en ciments els quals han de tenir una resistència elevada. Amb l'addició de la closca s'aconsegueixen resistències més baixes que en la fabricació normal del ciment, però tot i ser més baixes, es podria emprar amb un % més elevat en altres tipus de ciment on no es necessitin resistències elevades, com ara farciments de rases, bases per a lloses i fonamentacions, farciment de soterranis abandonats, tancs d'emmagatzematge, espais buits sota paviments, entre d'altres.

- *Desenvolupament de pastes ceràmiques per a la fabricació de rajoles de baixa porositat*, realitzat per Abel Pérez i Fuertes, departament de física, àrea de Ciència dels Materials i enginyeria metal·lúrgica, de la Universitat de Girona, Escola Politècnica Superior.

Objectius: Desenvolupament de noves formulacions de pastes ceràmiques per a la fabricació de rajoles ceràmiques no esmaltades per a paviments amb les característiques de baixa porositat, elevada resistència a flexió i baixa absorció d'aigua.

Conclusions generals: Les pólvores de vidre utilitzades en la primera part de l'estudi no són adequades per assolir l'objectiu plantejat (disminuir la porositat de les rajoles). Quan s'utilitza vidre d'ampolla, aproxima més els valors d'absorció d'aigua desitjats (inferiors al 3%). La disminució de l'absorció d'aigua es dona per a percentatges de vidre superiors al 5%. Aquesta disminució va lligada a l'arrodoniment i augment de la mida dels porus. Les condicions oxidants i reductores de la cocció tenen una gran influència sobre la coloració de les rajoles.

- *“Estudio de valorización de lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas, realitzat pel Grupo de investigación de ingeniería ambiental y energética”, de la Universitat de las Palmas.*

Objectius: L'objectiu de l'estudi és caracteritzar el residu procedent de les estacions depuradores d'aigües residuals urbanes per posteriorment, poder determinar si és apte per a la utilització com a matèria primera per a l'elaboració de rajols ceràmics i fabricació de formigó.

Conclusions generals: S'arriba a la conclusió que el màxim percentatge de llots que es pot mesclar amb l'argila ceràmica es situa al voltant del 40%, tot i que amb aquesta quantitat, l'adherència de la mescla és pobre i la textura superficial del rajol és irregular. Així, es conclou que les proporcions òptimes estan al voltant del 10% i el 20%. L'absorció d'aigua augmenta a l'augmentar el percentatge de llots, indicant una menor durabilitat.

- *Ciments de fosfat formulats amb subproductes de magnesi i estudi de la incorporació de fibres com a reforç, realitzat per Griselda Tremosa Palau, Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona*

Objectius: Estudiar el comportament de diferents formulacions de ciments de fosfats emprant subproductes de magnesi com a matèria primera. A partir dels resultats obtinguts, escollir una formulació òptima en funció de la treballabilitat en fresc, el temps d'adormiment i les propietats mecàniques.

Conclusions generals: Es conclou que és factible formular un ciment amb un producte de baixa llei que presenti unes bones propietats i que alhora abarateixi costos enfront a la formulació del mateix ciment pur. Tot i així, el fet que sigui un producte de baixa llei pot provocar lleugeres variacions en la composició entre partides i per tant, afectar a les propietats finals del ciment.

- *Reutilització de residus industrials de silici per al desenvolupament de nous materials de base ciment amb característiques especials*, realitzat per Robert Ferrer Moret, Tesi de màster, Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona

Objectius: Estudiar l'efecte de l'addició al ciment de residus procedents de la indústria de l'energia solar.

Conclusions generals: A l'addicionar cèl·lula fotovoltaica al ciment, es produeix una expansió del sistema. Aquesta propietat pot utilitzar-se per a aplicacions diverses, com per exemple l'execució de formigó autotensat. La presència de la cèl·lula fotovoltaica influeix en el procés d'adormiment del ciment, endarrerint el temps d'inici i final. Les resistències mecàniques a compressió i flexió, es veuen disminuïdes en quan s'addiciona la cèl·lula. Hi ha una disminució progressiva de la densitat a mesura que es va incrementant el percentatge de cèl·lula fotovoltaica, just al contrari del que succeeix amb l'absorció.

- *Recull de projectes o estudis que utilitzen llocs de central de tractament d'àrids*

- *Reaprofitament dels fangs sobrants d'una central de tractament d'àrids per a la seva aplicació a la construcció*, realitzat per Bjorn-Erik Berthelsen Molist i Francesc Xavier Janer Adrian, projecte fi de carrera, Universitat de Girona, Escola Politècnica Superior.

Objectius: Reaprofitament del rebuig procedent d'una central d'àrids, pel seu posterior ús en el ram de la construcció. Es pretén analitzar la viabilitat de la utilització d'aquest subproducte obtingut durant el tractament dels àrids, com a matèria primera per produir materials de paleta per a la construcció d'habitatges, amb el menor impacte ambiental possible.

Conclusions generals: La utilització d'aquest subproducte per a elaborar BTC (Bloc de terra comprimit) no és apte, ja que no s'ha aconseguit establir la terra. Una de les aplicacions que s'observa, és que seria apte per a realitzar arrebossats gràcies a la seva permeabilitat. Es conclou també que per a la fabricació de ceràmica tampoc seria apte com a matèria primera i única, però sí com a component minoritari en les dosificacions amb un màxim del 10% de fang.

- *Estudi de l'aprofitament de subproductes industrials procedents del tractament d'àrids com a matèria primera ceràmica*, tesina de màster realitzat per Isaura Oliver Graells, Universitat Politècnica de Catalunya.

Objectius: Pretén analitzar la viabilitat de la utilització del residu obtingut durant el tractament dels àrids com a matèria primera per produir ceràmica, concretament es buscarà una sortida, via matèria ceràmica, dels fangs que hi ha en les aigües resultants de la neteja dels àrids de la planta de Sorigué i s'estableixen els següents requisits específics:

- Definir el procés de generació d'aquest tipus de residu
- Caracteritzar i classificar aquest residu segons la normativa vigent a Catalunya
- Caracteritzar les propietats del residu com a matèria primera ceràmica
- Estudiar la influència de la variable temperatura a les propietats del rebuig com a matèria primera ceràmica
- A partir de les caracteritzacions anteriors, analitzar la viabilitat d'utilitzar el residu com a matèria primera ceràmica.
- Adaptar els resultats de l'estudi al funcionament de la planta d'àrids tot proposant l'establiment de futures línies d'actuació.

Conclusions generals: Es conclou que s'han assolit tots els objectius que havien estat marcats: s'ha definit el procés de generació del residu, s'ha caracteritzat i classificat el rebuig, s'ha caracteritzat les propietats del residu com a matèria primera ceràmica i s'ha arribat a la conclusió que el rebuig pot ser reutilitzat per a produir fabricats ceràmics.

S'han llistat els punts més importants que es desprenen de la realització del treball:

- El residu de la planta segons el catàleg de residus de Catalunya, és inert i pot ser valoritzat mitjançant la seva utilització en la construcció.
- Segons la situació de presa de mostra dins la bassa s'obtenen granulometries disperses.
- El 99% de les partícules del residu tenen una mida inferior a 1mm.
- El residu és un material predominantment llimós.
- La fracció fins del residu, a efectes ceràmics (llim+argila), és percentualment elevada (oscil·lant entre el 64 i el 97%) fet que garanteix una bona ceramicitat del material.
- Els materials de la bassa de decantació presenten una alta humitat.
- El residu a la bassa de decantació es troba en estat plàstic.
- El residu, té un índex de plasticitat que mai supera el 7%.
- El contingut en quars varia segons el nivell de la terrassa que està essent explotat, aquest contingut varia del 8 al 25%.

2.3.2. LA CERÀMICA

INTRODUCCIÓ

La ceràmica des dels inicis de la seva utilització com a argila cuita fins a l'actualitat ha sofert una important evolució fins a arribar a l'àmplia gamma de productes que en l'actualitat ens ofereix la indústria.

Analitzant qualsevol dels catàlegs de productes ceràmics que podem trobar-nos al mercat, ens adonem de la gran varietat de productes existents. Aquests productes ens brinden moltes possibilitats pel que fa a formats i característiques que ens poden fer pensar en un ampli ventall d'aplicacions com a revestiments o paviments, tant en interiors com en exteriors.

Les aplicacions majoritàries de la ceràmica es centren en banys i cuines, com a paviment i revestiment, convivint en alguns casos amb altres aplicacions singulars com a revestiments de locals amb usos especials i alguns elements decoratius de façanes.

El seu ús com a material de façana amb funcions decoratives d'èpoques passades ha donat pas a les seves aplicacions en revestiments i paviments fonamentalment interiors. L'aplicació en façanes ha quedat relegada a alguns elements puntuals de caràcter decoratiu.

En el present projecte hem considerat oportú realitzar una breu introducció històrica, així com un repàs del procés productiu de la ceràmica i un recull dels productes que ens ofereix la indústria per tal de conèixer d'una forma bàsica el material i els seus orígens.

BREU HISTÒRIA DE LA CERÀMICA

El desenvolupament de la ceràmica es remunta a l'any 4000 a. C. a Egipte, no obstant això, els taulells ceràmics van ser utilitzats com a decoració mural per primera vegada al voltant del 2700 a.C. a les tombes dels faraons egipcis.

El Drac de Marduk en la Mesopotàmia de l'any 604 a. C. és el revestiment de fang cuit per a exteriors més antic que encara es conserva.

La seva expansió és deguda a la difusió de l'arquitectura àrab utilitzant-se com a revestiment vertical i com a paviment. És aquest un dels moments de màxima esplendor amb els enrajolats dels palaus.

Aquesta preferència de l'arquitectura islàmica pels revestiments ceràmics condueix a la difusió de la mateixa per les àrees d'influència islàmica, gran part d'Europa i Àsia.

Després d'un lent decaïment de la ceràmica arquitectònica, amb la implantació dels processos industrials, al segle XIX es torna a regenerar l'ús de la ceràmica com a material de revestiment tant en interiors com en exteriors. Trobant el seu moment culminant amb l'arquitectura modernista de finals del segle XIX i principis del XX.

Així doncs, més enllà dels famosos mosaics Nolla, un dels moments de màxima esplendor ho trobem a l'arquitectura modernista en la qual s'utilitza la ceràmica tant com a revestiment exterior com a interior, aprofitant les seves grans possibilitats cromàtiques.

Aquesta utilització que recorre a les combinacions geomètriques de taulells mono color o als taulells decorats, troba en Gaudí i en els continuadors de la seva obra a un dels representants més singulars amb la utilització de tesselles en la formació del trencadís.

Superada aquesta etapa d'esplendor, comença un nou declivi reduint-se la seva utilització en exteriors a revestiments de sòcols o plantes baixes amb productes des del nostre punt de vista estèticament poc interessants.

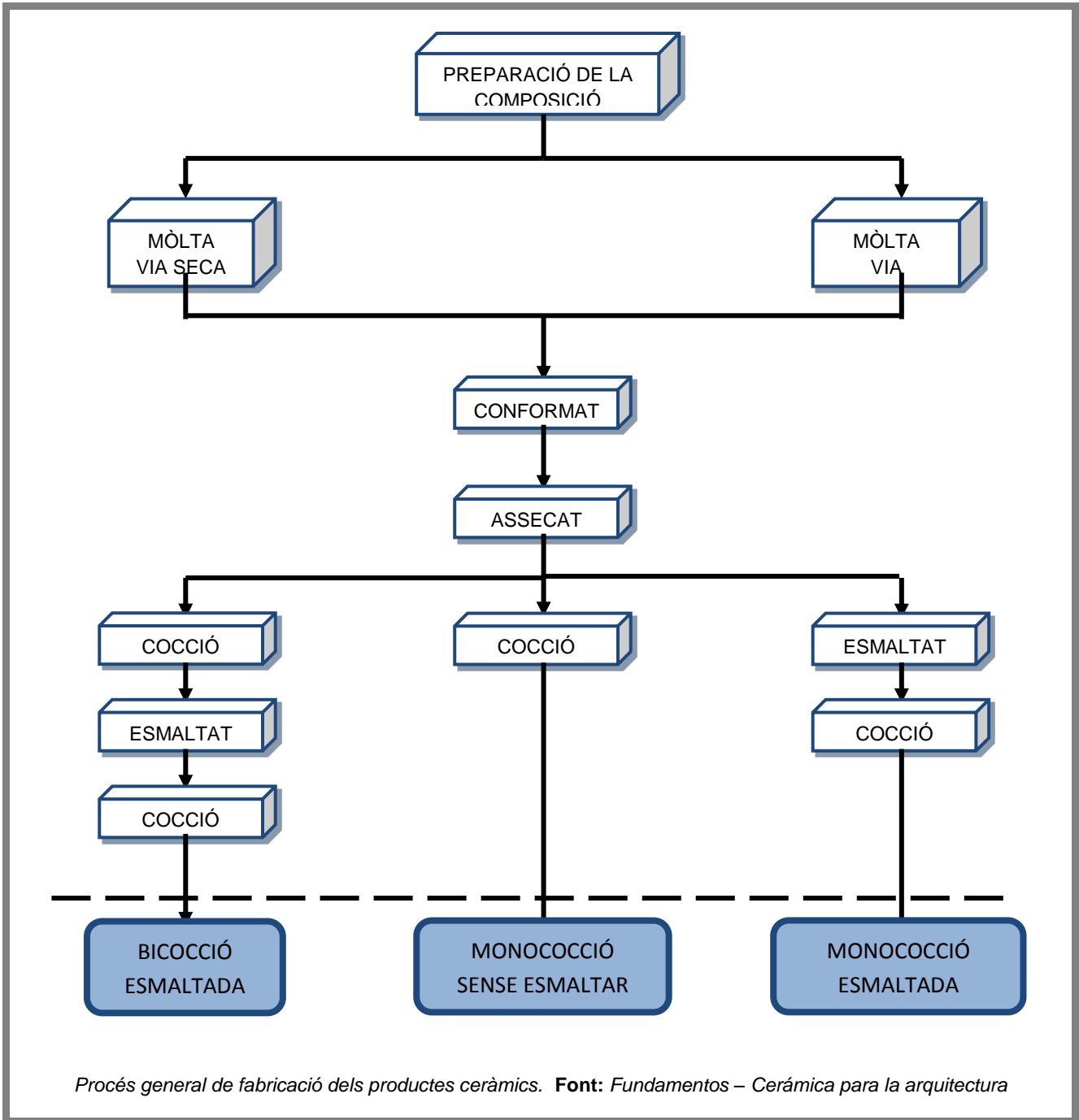
Amb les millores tecnològiques que han permès obtenir productes de majors prestacions, es passa de la seva utilització com a revestiments verticals en exteriors, als paviments interiors i exteriors, amb resultats satisfactoris per a usos intensius, minimitzant el seu tradicional ús com a element decoratiu de façanes.

PROCÉS DE FABRICACIÓ

El procés de fabricació de qualsevol producte ceràmic, s'ha de considerar com un conjunt d'etapes interconnectades que, progressivament i de forma deliberada, van transformant unes matèries primeres de partida, a través de diferents productes i processos intermedis, en el producte final.

Com a conseqüència, el desenvolupament de qualsevol etapa del procés no només afectarà a aquesta, sinó que a més alterarà en major o menor mesura el desenvolupament de les etapes posteriors i molt possiblement a les característiques i propietats del producte final.

Tot i que cadascun dels tipus de materials ceràmics tradicionals tenen un procés de fabricació diferent, inclús amb grans variacions depenent de les especificacions pròpies de cada producte, de la seva grandària i de la seva utilització posterior, es resumeix el procés general de fabricació de productes ceràmics segons l'esquema següent.



A continuació, es descriuen amb més detall cadascun dels processos del procés de fabricació, indicats a l'esquema anterior.

- *Preparació de la composició*

Aquesta etapa del procés productiu consisteix a obtenir una barreja homogènia dels diferents components amb una grandària de partícula determinat i acondicionar-la pel correcte emmotllurat de la peça.

La grandària de partícula de la barreja influeix notablement en la plasticitat i, per tant, en el conformat de la peça ceràmica, així com en la velocitat d'assecat de les peces i en la superfície de contacte entre les partícules, el que condiciona la reactivitat entre aquestes i moltes de les propietats físico-químiques del producte acabat com ara la porositat, resistència mecànica, etc.

- *Mòlta per via seca o per via humida*

Segons si l'operació de mòlta es realitza en absència o en presència d'aigua, s'anomenarà mòlta per via seca o mòlta per via humida.

La mòlta via humida proporciona major homogeneïtzació dels compostos de la barreja, menor grandària de partícula i major control de les variables del procés. Per tant, proporciona un augment de la qualitat del producte acabat respecte a la mòlta via seca, tot i que el cost de producció és més elevat, tant en inversió com en consum energètic i d'aigua.

La mòlta via seca es sol utilitzar en processos de fabricació de rajoles on, a priori, els requisits d'estabilitat dimensional del suport o de qualitat de la superfície no siguin tan exigents, o en països on el cost de producció via humida resulta inviable.

- *Conformat*

El sistema més utilitzat per a donar forma a les rajoles de gres porcellànic i gres esmaltat, a partir de mescles de materials molturats via humida i assecades per atomització, és el premsat en sec, mentre que l'utilitzat per conformar peces a partir de barreges obtingudes per via seca és la extrusió.

2. MEMÒRIA

El premsat en sec es realitza per a peces planes, degudes a la seva forma senzilla (rectangular, quadrada, etc.) i a la petita relació espessor/superfície.

Aquest premsat es realitza en premses hidràuliques d'efecte simple, on la pressió es realitza només en una de les superfícies de la peça.

La senzillesa d'aquest mètode facilita la seva automatització i permet obtenir produccions més elevades que amb altres tipus de premsat i els principals avantatges d'aquest mètode són la facilitat d'assecat de les peces premsades i la mínima deformació de les peces en les operacions posteriors d'assecat i cocció degut a les grans pressions que l'hi apliquen.

L'extrusió es realitza per al conformat d'objectes de secció constant.

El procés d'extrusió consisteix en fer passar una columna de pasta o barreja a través d'una matriu, mitjançant la pressió d'un sistema propulsor. Una vegada realitzada l'extrusió, el material obtingut es talla per a obtenir la dimensió de la peça requerida.

El sistema propulsor pot ser per hèlice, per cilindres o per pistons, però el més utilitzat en la fabricació de rajoles ceràmiques és el de hèlice, per la seva elevada productivitat i per la possibilitat de treballar en règim continu.

- *Assecat*

Les peces acabades de conformar, s'introdueixen en un assecador continu per a reduir la seva humitat, duplicant o triplicant així la seva resistència mecànica, el que permet el seu posterior processat.

El cicle d'assecat depèn, tant de les variables pròpies de l'operació (la temperatura, cabal d'aire, etc.), com de les característiques de les peces premsades (dimensions, humitat, compacitat, etc.) i de la composició química-mineralògica de les mateixes.

- *Esmaltat*

Les peces després de sortir de l'assecador es recobreixen d'una o varies capes d'esmalt en la línia d'esmaltat.

Aquest tractament es realitza per conferir a la superfície del producte cuit una sèrie de propietats tècniques i estètiques, tals com impermeabilització, facilitat de neteja, brillantor, color, textura superficial, resistència química i resistència mecànica.

- *Cocció*

Aquesta és l'etapa més important del procés de producció de rajoles ceràmiques, ja que és el moment en què les peces prèviament conformades i assecades sofreixen una modificació fonamental en les seves propietats, donant lloc a un material dur, resistent a l'aigua i als productes químics i que té, a més, característiques excel·lents i molt diversificades.

Per altra banda, és el moment en què es posa de manifest si les operacions realitzades anteriorment s'han desenvolupat correctament i si el producte ha acabat adquirint les propietats i característiques desitjades.

El cicle escollit i la temperatura màxima de cocció és pròpia de cada tipus de producte, ja que les exigències tèrmiques estan en funció de la naturalesa de la barreja que s'ha preparat, i fins i tot del propi fabricant, qui defineix els seus propis paràmetres de funcionament.

Per a concloure aquest apartat s'anomenaran i definiran els diversos tipus de rajoles ceràmiques normalitzades que actualment hi ha al mercat.

TIPUS DE PRODUCTES CERÀMICS PER A PAVIMENTS I REVESTIMENTS

- *Rajola de València o taulell ceràmic*

Rajola de València és la denominació tradicional de les rajoles ceràmiques amb una absorció d'aigua alta, premsades en sec i esmaltades. La seva fabricació pot ser per monococció o bicocció.

Les seves característiques tècniques els fan adequats per a revestiments de parets interiors en locals residencials o comercials.

La cara vista està coberta per un esmalt vitrificat, en una àmplia gamma de colors i pot estar decorat.

Les formes predominants són la quadrada i la rectangular.

Estan compresos dins el grup rajoles premsades en sec amb absorció d'aigua major al 10%.

- *Gres esmaltat*

És la denominació més freqüent de les rajoles ceràmiques d'absorció d'aigua baixa o mitja-baixa, premsades en sec esmaltades i fabricades generalment per monococció.

El suport és de gres o gresificat amb una textura fina i homogènia. Les superfícies i arestes són regulars i ben acabades.

L'esmalt de la cara vista pot ser blanc o monocolor i pot estar decorat.

La forma predominant és la quadrada des de 10cm x 10cm a 60cm x 60cm, amb variants de una o més cantonades bisellades.

Està comprès dintre els grups de les rajoles ceràmiques premsades en sec amb absorció d'aigua inferior al 3% i al grup de rajoles ceràmiques premsades en sec amb absorció d'aigua entre el 3% i el 6%.

- *Gres porcellànic*

És la denominació de les rajoles ceràmiques amb molt baixa absorció d'aigua, premsades en sec, generalment no esmaltades i fabricades per monococció.

S'utilitzen per a recobriments interiors en edificacions residencials, comercials i inclús industrials i per a revestiments de parets interiors generalment amb acabat polit.

2. MEMÒRIA

Es diferencien en dos grups que són el gres porcellànic esmaltat (amb absorció d'aigua extremadament baixa de menys del 0,1%) i el gres porcellànic no esmaltat (amb absorció d'aigua molt baixa amb límit de 0,5%).

Les superfícies i arestes són regulars i ben acabades, excepte en rajoles premsades en sec d'intencionat aspecte rústic o en les rajoles extruïdes.

Predominen les formes quadrada i rectangular. Les mesures usuals varien des de 15cm x 15cm a 60cm x 120cm.

- *Gres rústic*

És el nom emprat per a designar les rajoles ceràmiques amb absorció d'aigua baixa o mitja baixa i extruïdes o premsades en sec.

Les seves característiques particulars les fan especialment adequades per a revestiments de façanes, paviments exteriors, paviments de zones públiques, paviments industrials, etc..

Les irregularitats de color, superfície i arestes els hi confereixen possibilitats decoratives particulars.

El suport és de color variable entre ocre i marró molt fosc, de textura heterogènia en la que s'aprecien a simple vista grans, inclusions, porus i altres irregularitats.

Les cares i les arestes poden tenir irregularitats pròpies d'aquest material, que són acceptades o fins i tot intencionades.

Predominen les formes quadrades i rectangulars, entre 11cm x 11cm i 45cm x 45cm, amb gruixos molt variables.

Majoritàriament està comprès dins el grup de les rajoles amb absorció d'aigua inferior al 3% per a rajoles esmaltades i al grup de les rajoles amb absorció d'aigua entre el 3% i el 6% per a les no esmaltades.

- *Rasilla catalana*

És el nom tradicional de rajoles amb absorció d'aigua des de mitja alta a alta o fins i tot molt alta, extruïdes i generalment no esmaltades.

S'utilitza generalment com a paviment en terrasses balcons i porxos.

La cara vista és llisa i del color del suport.

Aquestes rajoles estan majoritàriament compreses dins el grup de rajoles amb absorció d'aigua entre el 6% i el 10% o dins el grup de les rajoles amb absorció d'aigua superior al 10%.

- *Toba rústica*

És la denominació que s'aplica de manera comú a una gran varietat de rajoles amb característiques molt diverses, coincidents únicament en aspecte rústic i en l'alta absorció d'aigua i, en que la majoria d'elles no estan esmaltades.

El suport és de color terròs i no uniforme, de textura molt irregular i amb grans, porus i incrustacions fàcilment visibles.

Les cares i les arestes tenen marcades irregularitats que es donen per suposades com a pròpies d'aquests productes.

Es troben majoritàriament compreses dins el grup de rajoles amb absorció d'aigua entre el 6% i el 10% o al grup de rajoles amb absorció d'aigua major al 10%.

2.4. METODOLOGIA

D'acord amb els objectius exposats s'ha dissenyat i seguit un pla de treball que consta de les etapes següents:

- Recerca d'informació i anàlisi bibliogràfica.
- Classificació i gestió del residu segons la normativa vigent.
- Visita a la planta d'Àrids Guixeras per conèixer la generació de residus del tractament d'àrids i recollida de mostres de fang per realitzar els assaigs.
- Preparació de la matèria primera, el fang, per a la posterior elaboració de les mostres.
- Obtenció de les altres matèries primeres per a la posterior elaboració de les mostres.
- Realització de les mostres de gres per fer l'estudi del comportament del material.
- Estudi i anàlisi de les incidències, recopilació d'informació, conclusions i decisions preses de les mostres de gres.
- Realització de les mostres de gres per a fer els assaigs.
- Realització de les mostres de ceràmica cuita.
- Realització de les experiències del tractament tèrmic:
 - Càlcul de la contracció lineal i pèrdua de massa a la cocció.
- Realització del procés experimental:
 - Determinació de l'absorció d'aigua.
 - Determinació de la resistència a la flexió i de la força de ruptura.
 - Determinació de la resistència a l'impacte per mesurament del coeficient de restitució.
 - Determinació de la resistència a l'abrasió profunda de les rajoles no esmaltades.
 - Determinació de la dilatació tèrmica lineal.
 - Determinació de la resistència al xoc tèrmic.
 - Determinació de la dilatació per humitat.
 - Determinació de la resistència a la gelada.
 - Determinació de la resistència química.
 - Determinació de la resistència a les taques.
 - Determinació de la conductivitat tèrmica de les mostres de ceràmica cuita.
- Interpretació dels resultats dels assaigs.
- Conclusions.

2. MEMÒRIA

S'ha decidit establir un criteri uniforme a l'hora d'esmentar els documents, materials i fabricats ceràmics que formen part del projecte.

Anomenarem **PFG1** al projecte de final de carrera que té com a títol “*Reaprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids per a la seva aplicació a la construcció*”, ja que aquest ha estat el predecessor del present projecte.

També anomenarem **dosificacions** a les diferents proporcions de materials d'una mostra, és a dir, al conjunt de les mescles amb els seus respectius percentatges.

Pel que fa als fabricats ceràmics, anomenarem **mostres** a les rajoles fabricades per realitzar l'estudi d'aquestes.

2.5. PROCÉS D'OBTENCIÓ DELS FANGS

EXPLOTACIÓ D'ÀRIDS

L'extracció d'àrids requereix la tècnica minera, ja que necessita maquinària d'extracció, necessita la formació de talls generalment d'altura superior a tres metres i en alguns casos necessita l'ús d'explosius.

Una explotació d'àrids es compon bàsicament de quatre operacions bàsiques d'extracció:

- La zona d'extracció.
- Les escombreres i els apilaments de terres per a restauració.
- La planta de transformació.
- Els apilaments de mineral.

La classificació bàsica pel que fa als mètodes d'explotació agrupa dos conjunts, les explotacions a cel obert i la mineria subterrània. Excepte excepcions, l'explotació d'àrids es realitza a través de talls a cel obert, per ser més econòmic i adequat a les característiques de la majoria dels jaciments, que solen ser extensos en superfície i tenir recobriments estèrils de poc espessor.

La mineria a cel obert es classifica segons pedreres, quan es tracta de massissos rocosos i graveres pel cas de l'explotació de materials independents.

En el nostre cas l'empresa d'àrid Guixeras té pedreres pròpies.

Les pedreres es caracteritzen per talls llargs i profunds organitzats a diversos bancs¹. Se solen utilitzar explosius i el procés de fabricació porta aparellada la trituració i posterior classificació.

Les pedreres són excavacions constituïdes per bancs, amb diversos nivells d'extracció, ben ascendent o descendent, segons es tracti d'excavacions en vessant o en terrenys plans.

Els mètodes d'arrencada en les pedreres són amb bulldòzer o excavadora, quan les roques són suficientment friables² i les voladures, en la majoria dels casos.

En les pedreres sol ser necessari l'ús d'explosius i per això es treballen en talls llargs i profunds, organitzats a diversos bancs amb altures compreses entre 10 i 20 metres.

¹ Banc: És el graó comprès entre dues cotes que constitueixen la llesca que s'explota.

² Friables: Susceptible d'ésser disgregat o de disgregar-se fàcilment en petits trossos, en pólvores.

MÈTODE DE TRACTAMENT

Els materials extrets de pedreres no tenen la grandària i forma necessaris per als usos que es dóna als àrids en la construcció, per la qual cosa es precisa una reducció de grandària i classificació per granulometries. Per a això s'utilitzen equips de trituració i classificació de diferents tipus segons la roca a tractar i els productes que es vulguin obtenir.



Central de tractament d'àrids Guixeras.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

La trituració és la que atén a la reducció del material a grandàries de gra sorra i superiors.

El procés comença quan es descàrrega l'extracció procedent de la pedrera, en el garbell de bigues IPE, on les pedres grans són separades.



Garbell de bigues IPE.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Cintes transportadores.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Els àrids que passen pel garbell de bigues IPE van directes a la tremuja receptora. Aquesta condueix l'àrid a una cinta transportadora i tot seguit, amb el garbell Grizzly retira terres i pedres de petita grandària que no necessiten matxucat.

Les terres i pedres que necessiten matxucat cauen a una matxucadora de mandíbules, on s'esmicolen.

La matxucadora de mandíbules, està format per dues mandíbules disposades una enfront de l'altra en forma de V, una de les quals és fixa i l'altra està animada per un moviment d'oscil·lació al voltant d'un eix horitzontal. El material, introduït per la part superior, és fragmentat a causa de l'acostament d'aquesta mandíbula i la reculada de la mateixa permet als fragments generats descendir cap a la part més estreta, on se sotmetran a una nova compressió fins a sortir de la matxucadora per l'obertura inferior.

Els materials granulars naturals i els procedents de trituració no s'ajusten a les grandàries requerides en els àrids acabats i per això es precisa d'una separació per dimensions en funció del seu ús final.

Després de la trituració i de la classificació granulomètrica dels àrids, arriba el procés de rentat d'aquests, que consisteix en separar les argiles i llims, de la resta de fraccions granulomètriques.

La cinta transportadora condueix el material cap a un garbell vibratori de dos pisos. Aquest aplica un raig d'aigua a pressió i separa els àrids en diferents dimensions. Si encara queda algun àrid amb grans dimensions i no passa pel sedàs, torna a la matxucadora.

Després del garbell vibratori de dos pisos, va directe al hidrocicló.

Un hidrocicló és un dipòsit de forma cilindre-cònica en el qual la mescla de sorra i aigua entra a pressió i comença a rotar al voltant de l'eix longitudinal del cicló, formant-se un remolí que separa en primer lloc les partícules de major grandària, que s'enganxen a la paret, i després les partícules més fines. Les acceleracions centrífugues aconseguides en els hidrociclons són molt superiors als valors de la gravetat.

D'aquest procés s'obté el "caldo", que és una mescla de sorra i aigua. Aquesta mescla s'envia a un escorredor vibrant i aquest acaba de separar l'aigua de l'àrid. El material que s'extreu, es condueix amb una cinta transportadora cap a un acopi de material. Finalment, aquest ja està llest per ser comercialitzat.

2. MEMÒRIA

El llot que surt del hidrocicló passa per un dipòsit de decantació de llots, on gràcies a un floculant, el llot es decanta i es precipita al fons del dipòsit. L'aigua que surt d'aquest procés torna a començar el cicle de rentat.



Decantador de llots.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Tremuja d'emmagatzematge.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre /
Font: Pròpia

Els llots s'envien a la tremuja d'emmagatzematge i d'allà s'introdueixen al filtre premsa.

Un cop dins el filtre premsa, aquest compacta els llots per tal d'extreure el màxim percentatge d'aigua i convertir-lo en un material compacte en forma de "galletes" o capes de fang. Quan s'ha assecat el llot, el pistó del filtre premsa deixa de compactar i expulsa el fang per gravetat.



Filtre premsa amb les "galletes" o capes de fang sec.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Filtre premsa.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



“Galletes” o capes de fang sec.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

En aquest treball ens centrarem en el possible reaprofitament dels subproductes del tractament dels àrids com a matèria primera de la ceràmica.

2.6. CLASSIFICACIÓ I GESTIÓ DEL RESIDU

Abans de procedir a l'estudi de l'aprofitament d'aquest subproducte com a matèria primera ceràmica és indispensable que es dugui a terme la classificació del residu, per tal de conèixer com s'ha de realitzar la gestió del mateix i saber si la normativa permet el seu tractament i la seva reutilització.

A nivell legislatiu, la classificació i la determinació de la correcta gestió per a cada tipus de residu està regulada, a nivell nacional, en el decret 34/1996 de 9 de gener, a partir del qual s'aprova el Catàleg de residus de Catalunya (CRC). Amb el CRC es compleixen tant els requeriments de la Unió Europea com els articles de la Llei 6/1993 de 15 de juliol, reguladora dels residus, i el Decret legislatiu 2/1991 de 26 de setembre.

A nivell europeu, a partir de l'1 de gener de 2002 està en vigor el nou Catàleg Europeu de residus (CER) que també determina la codificació i classificació dels residus.

En aquests dos catàlegs, la codificació emprada és la mateixa. Aquests classifiquen els residus en 20 grups coincidents, amb excepció del primer grup anomenat (*Residus de la prospecció, extracció de mines i canteres i tractaments físics i químics minerals*) el qual no està contemplat al Catàleg de Residus de Catalunya, ja que a l'estat Espanyol correspon a la Llei de Mines dictar les directrius a seguir en la classificació i gestió d'aquest tipus de residu.

El Catàleg de Residus de Catalunya per a evitar aquesta diferenciació de criteris, ha inclòs dins el grup 16 els residus procedents de la indústria de productes minerals.

3. Índex de grups

- 02 Residus de l'agricultura, escorxadors i residus de la indústria alimentària
- 03 Residus de la indústria de la fusta i del sector del paper
- 04 Residus de la indústria de la pell i de la indústria tèxtil
- 05 Residus de refinació de petroli i de la regeneració d'olis minerals
- 06 Residus inorgànics de processos químics
- 07 Residus orgànics de processos químics
- 08 Residus de formulació, fabricació, distribució i utilització (FFDU) de revestiments (pintures, vernissos i esmalts vitris), segelladors, resines i tintes d'impressió
- 09 Residus de la indústria fotogràfica
- 10 Residus inorgànics de processos tèrmics (centrals tèrmiques, foneries..)
- 11 Residus inorgànics que contenen metalls procedents de tractament i revestiment de metalls: hidrometal·lúrgia no fèrria i galvanotècnia
- 12 Residus de mecanització, emmotllament i tractament de superfícies de metall i plàstic
- 13 Olis usats (excepte olis comestibles i els de la categoria 05), emulsions olioses i mescles d'aigua i hidrocarburs i residus oliosos de navegació
- 14 Dissolvents i residus de substàncies orgàniques utilitzades com a dissolvents (excepte els del grup 08)
- 15 Envasos i embalatges bruts, absorbents, draps de neteja, materials de filtració i roba de protecció, residus de neteja de cisternes i tancs, i residus d'operacions de manteniment
- 16 Residus no especificats anteriorment en el catàleg (equips industrials, gasos, productes químics de laboratori, residus d'explosius, moviments de terra i indústria de productes minerals)
- 17 Residus de construcció, demolició i dragatge
- 18 Residus generats per activitats sanitàries, incloent-hi els centres veterinaris i d'investigació
- 19 Residus d'instal·lacions tractadores de residus i de plantes de tractament d'aigües i d'aigües residuals
- 20 Residus generals, incloent-hi les fraccions recollides selectivament

Índex de grups del CRC. Font: Catàleg de Residus de Catalunya

Utilitzarem el Catàleg de Residus de Catalunya per determinar la correcta gestió que ha de tenir el nostre residu.

Degut a la naturalesa del residu, es pot afirmar que aquest no conté matèria orgànica o que aquesta estarà en una concentració tan baixa que no produirà cap efecte negatiu sobre el residu.

Per tot això, es dedueix que estem davant d'un residu inert.

A partir del Catàleg de Residus de Catalunya s'ha arribat a la conclusió que els materials residuals del tractament i rentat d'àrids, poden ser codificats dins el grup 16 amb el codi 160502 com s'observa a la imatge següent.

CJR	DESCRIPCIÓ	ORIGEN	CLA	VAL	TDR
1604 Moviment de terra					
160401	Terres contaminades amb compostos orgànics (hidrocarburs,...)	Fuites, accidents, moviments de terres, restauració de sòls	NE		T24/T21/ T12/T33
160402	Terres contaminades amb compostos inorgànics	Fuites, accidents, moviments de terres, restauració de sòls	NE		T33/T12
160403	Llots de perforació	Perforació	IN		T15/T31
160404	Terres brutes.	Recuperació de sòls	IN		T11 T15
160405	Terres netes.	Recuperació de sòls	IN	V84	T15
1605 Indústria de productes minerals					
160501	Llots de tallament	Tallament i poliment de pedra	IN	V71	T11/T15
160502	Rebuig mineral	Fora d'especificacions	IN	V71 V84	T11/T15
1606 Residus especials en petites quantitats					
160601	Residus especials en petites quantitats		ES		T32

Classificació del subgrup 1605 de residus. Font: Catàleg de Residus de Catalunya

Com s'ha esmentat anteriorment, a partir del codi assignat es comprova que el residu es classifica com a inert (IN). El tractament i la disposició del residu (TDR) ha de ser del tipus de deposició en dipòsit de runes i terres (abreviacions T11/T15), disposició que actualment es realitza a la pedrera.

També es comprova que el rebuig pot ser valoritzat mitjançant la seva utilització en la construcció (abreviació V71) o com a rebliment de terrenys (abreviació V84).

D'aquesta manera, queda palès que el residu objecte d'estudi pot ser utilitzat en la construcció i utilitzat com a matèria primera de la ceràmica sense cap tipus de limitació en processos industrials.

2.7. PROCÉS DE PREPARACIÓ DE LA MATÈRIA PRIMERA: EL FANG

Com ja hem explicat anteriorment, en el procés d'obtenció dels fangs, amb el filtre prensa es compacten els fangs per tal d'extreure el màxim percentatge d'aigua i convertir-lo en un material compacte en forma de "galletes" o capes de fang sec. Aquest últim material és el que obtenim després de passar pel filtre prensa i és el que vam recollir a la central de tractament d'àrids Guixeras.



"Galletes" o capes de fang sec procedents de la central de tractament d'àrids Guixeras.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Aquest fang el vam obtenir amb una quantitat d'aigua molt baixa, ja que aquest feia dies que l'havien extret i s'havia anat assecant amb el sol.

Per aquesta raó, a l'arribar al laboratori ja vam poder trencar el fang, ja que estava bastant sec. Primer vam trencar la "galleta" o capa de fang amb un martell per reduir-li la mida.

2. MEMÒRIA



"Galletes" o capes de fang.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Trencant la "galleta" o capa de fang amb un martell.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Quan vam tenir tot el fang esmicolat, tot i no tenir una gran quantitat d'aigua, el vam posar 24 hores a dins de l'estufa de dessecació a una temperatura aproximada de 60°C, per acabar-lo d'assecar i que perdés el 100% de l'aigua que contenia.



Fang esmicolat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre /

Font: Pròpia



Estufa de dessecació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre /

Font: Pròpia

2. MEMÒRIA



Fang esmicolat sec.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Un cop van passar les 24 hores a dins de l'estufa de dessecació, vam aconseguir que el fang perdés tota l'aigua que contenia. Aquest que havíem obtingut després d'extreure'l de l'estufa de dessecació era dur i compacte, en estat sec; i era difícil de manipular-lo i barrejar-lo amb altres materials per fer les dosificacions exactes. Per això, vam decidir transformar aquest fang esmicolat amb fang en pols.

Per tant, vam fer servir un molinet picador per transformar el fang en pols. Vam anar introduint el fang sec i esmicolat dins del molinet picador. La funció d'aquest era trinxar-lo i transformar-lo en pols. Quan el fang ja estava convertit en pols el vam introduir en sacs perquè no ens perdés.



Introduint el fang esmicolat al molinet picador.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Fang en pols.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Finalment, ja teníem el fang en pols i era molt més senzill fer les mesclures i les dosificacions exactes.

Abans de començar a fabricar les mostres de ceràmica cuita i les mostres de gres, ens va semblar interessant conèixer de quins minerals estava compost el fang procedent de la central de tractament d'àrids Guixeras.

2. MEMÒRIA

El PFG1 va fer un informe per determinar la composició mineral dels fangs. Per tant, com els fangs procedien del mateix lloc, no vam haver de fer-lo un altre cop, ja ens servien els resultats.

Els van agafar 4 mostres del fang de la central de tractament d'àrids Guixeras i les van preparar per realitzar l'assaig de determinació de la composició mineral. Per aquest, es va utilitzar el mètode de difracció de Raig X de pols i anàlisi qualitativa de fases.

Els resultats que van obtenir, van ser que la majoria de les mostres, el material majoritari era el Quars (SiO_2) i com a components secundaris o minoritaris eren l'Albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), Montmorillonita ($(\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), Moscovita $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}((\text{OH})_{1.8}\text{O}_{0.2})$, Sanidina $\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{Ca}_{0.03}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, Calcita (CaCO_3) i Caolinita $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$.



Quars (SiO_2).

Fotografia: Fabre minerals / **Font:** fabreminerals.com



Albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$).

Fotografia: Rock Currier / **Font:** mindat.org



Montmorillonita ($(\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$).

Fotografia: Montmor / **Font:** mineraly.sk

2. MEMÒRIA



Moscovita $KAl_2(AlSi_3)O_{10}((OH)_1.8O_0.2)$.

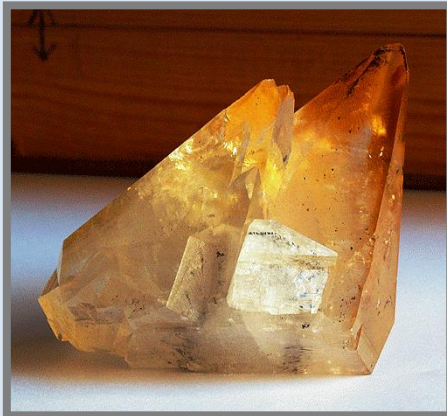
Fotografia: Luis Miguel Bugallo Sánchez /

Font: wikimedia.org



Sanidina $K_0.5Na_0.5Ca_0.03(AlSi_3O_8)$.

Fotografia: Didier Descouens / **Font:** wikimedia.org



Calcita ($CaCO_3$).

Fotografia: MdC / **Font:** mineral-s.com



Caolinita $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$.

Fotografia: Tano4595 / **Font:** wikimedia.org

Un cop coneguda la composició mineral dels fangs, ja podíem continuar avançant i començar a fer la preparació de les mostres de ceràmica cuita i les mostres de gres.

2.8. PROCÉS DE PREPARACIÓ DE LES MOSTRES

2.8.1. PROCÉS DE PREPARACIÓ DE LES MOSTRES DE CERÀMICA CUITA

En el procés de preparació de les mostres de ceràmica cuita, primerament vam realitzar les dosificacions següents, seguint el PFG1.

Codi	Dosificacions
C1	90% argila + 10% fang + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
C2	80% argila + 20% fang + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
C3	70% argila + 30% fang + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
C4	60% argila + 40% fang + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
C5	50% argila + 50% fang + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
FC1	100% fang + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
FC2	100% fang + 20% sorra normalitzada + 10,7% d'aigua.
V1	100% argila + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
V2	100% argila + 20% sorra normalitzada + 10,7% d'aigua.

Les proporcions de les dosificacions les vam fer seguint el procediment següent:

A partir d'una mescla del 100% de fang i argila, afegim diferents percentatges de sorra i aigua, en base del 100% de fang i argila. A continuació és mostra un exemple de la mescla.

Per exemple la mostra C1, que conté 90% d'argila, 10% de fang, 20% de sorra i 10,7% d'aigua.

Establim un valor de pes total d'argila més fang i d'aquest apliquem els percentatges corresponents. Per tant, d'un pes total d'argila més fang de 850 grams, tenim un pes d'argila de 765 grams (90%) i un pes de fang de 85 grams (10%).

A partir d'aquest pes total d'argila més fang, apliquem els percentatges corresponents de sorra i aigua. Per tant, d'un pes total d'argila més fang de 850 grams, tenim un pes de sorra de 170 grams (20%) i un pes d'aigua de 109,14 grams (10,7%).

2. MEMÒRIA

Un cop hem realitzat la proporció de la dosificació ja la podem amassar.



Proporcions d'una dosificació.

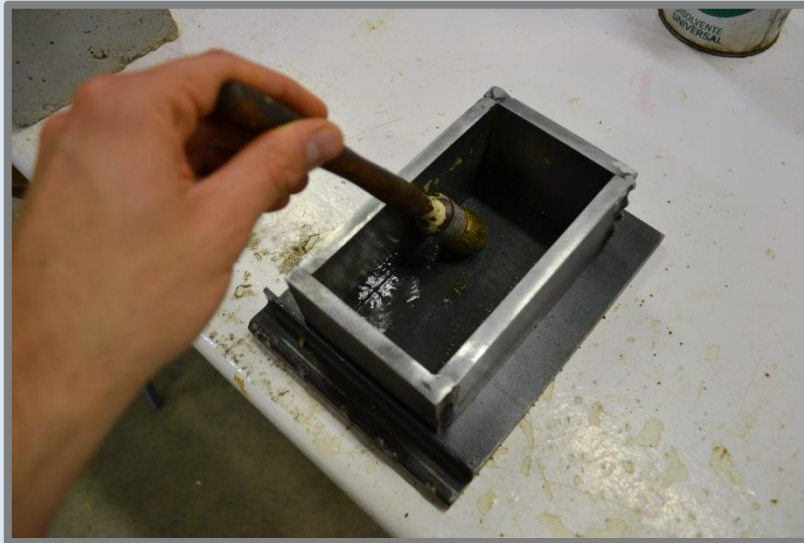
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Amassada.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

A continuació, apliquem l'oli desencofrant al motlle per tal de poder extreure la mostra sense que s'hi adhereixi material.



Motlle pintat amb oli desencofrant.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Tot seguit, anem introduint el material de l'amassada a l'interior del motlle a la vegada que l'anem compactant.



Premsar l'amassada amb un pal de fusta.

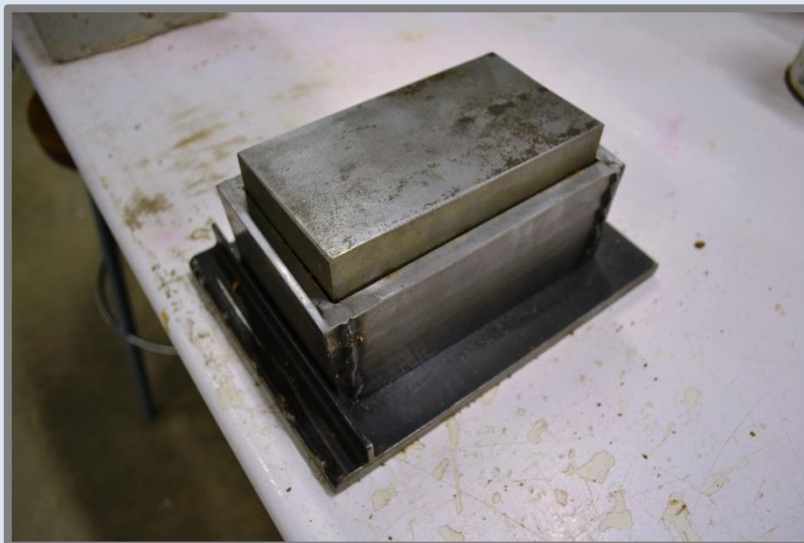
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Premsar l'amassada amb un pal de fusta.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Un cop hem introduït tot el material de l'amassada, col·loquem un suport a la part superior per poder distribuir les càrregues uniformement en tota la superfície de la mostra.



El motlle amb l'amassada a l'interior, abans de premsar.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

A continuació es premsa la mostra amb la premsa hidràulica manual.



Motlle amb l'amassada a la premsa hidràulica manual.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Motlle amb l'amassada a la premsa hidràulica manual.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Apliquem una pressió de 2 kg/cm^2 a les mostres.



Manòmetre de la premsa hidràulica manual (premsem a 2 kg/cm^2).

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Un cop premsades les mostres, les extraiem del motlle i les col·loquem a l'estufa de dessecació per tal de que perdin tota la humitat interior.

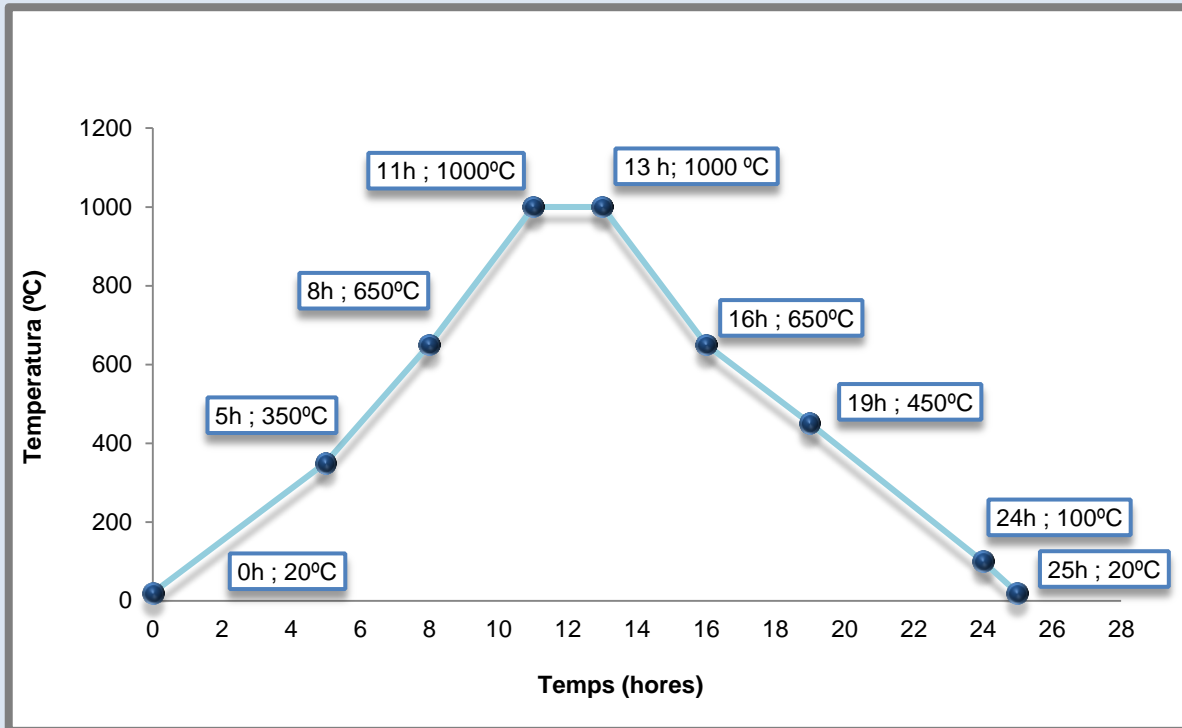


Mostres seques després d'estar a l'estufa de dessecació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Quan les mostres estan seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les introduïm al forn a una escala de temperatures com podem veure al gràfic següent, seguint el PFG1.



Escala temperatures cocció mostres ceràmica cuita.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 11	1000
De 11 a 13	1000
De 13 a 16	650
De 16 a 19	450
De 19 a 24	100
De 24 a 25	20

2. MEMÒRIA

Un cop finalitzat el cicle de cocció, extraiem les mostres del forn.



Mostres de ceràmica cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2.8.2. PROCÉS DE PREPARACIÓ DE LES MOSTRES DE GRES

En el procés de preparació de les mostres de gres, primerament vam realitzar les proporcions de la dosificació. Aquestes proporcions les vam fer seguint el procediment següent.

A partir d'una mescla del 100% de fang i argila, afegim diferents percentatges d'altres material, en base del 100% de fang i argila. A continuació és mostra un exemple de la mescla.

Per exemple la mostra FA5 de la catorzena cocció, que conté 50% d'argila, 50% de fang, 20% de totxo trinxat i 12% d'aigua.

Establim un valor de pes total d'argila més fang i d'aquest apliquem els percentatges corresponents. Per tant, d'un pes total d'argila més fang de 300 grams, tenim un pes d'argila de 150 grams (50%) i un pes de fang de 150 grams (50%).

A partir d'aquest pes total d'argila més fang, apliquem els percentatges corresponents de totxo trinxat i aigua. Per tant, d'un pes total d'argila més fang de 300 grams, tenim un pes de totxo trinxat de 60 grams (20%) i un pes d'aigua de 43,2 grams (12%).



Fent les proporcions de cada material.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA



Proporcions d'una dosificació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Proporcions d'una dosificació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Un cop hem realitzat la proporció de la dosificació ja la podem amassar.



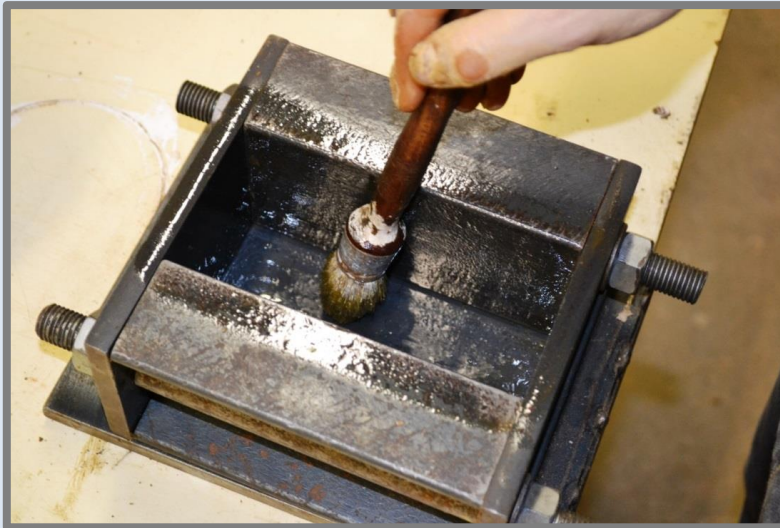
Amassada.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

A les primeres coccions, fins a la setena vam utilitzar el motlle de BTC per a realitzar la preparació de les mostres.

Apliquem l'oli desencofrant al motlle per tal de poder extreure la mostra sense que s'hi adhereixi material.



Motlle de BTC pintat amb oli desencofrant.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Tot seguit, anem introduint el material de l'amassada a l'interior del motlle a la vegada que l'anem compactant.



Introduint l'amassada dins el motlle de BTC.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Premsar l'amassada amb un pal de fusta.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Un cop hem introduït tot el material de l'amassada, col·loquem un suport a la part superior per poder distribuir les càrregues uniformement en tota la superfície de la mostra.

A continuació es premsa la mostra amb la premsa hidràulica manual.



Motlle amb l'amassada a la premsa hidràulica manual.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Apliquem una pressió de 2 kg/cm^2 a les mostres.



Manòmetre de la premsa hidràulica manual (premses a 2 kg/cm^2).

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Un cop premsades les mostres, les extraiem del motlle i les col·loquem a l'estufa de dessecació per tal de que perdin tota la humitat interior.



Procés d'extracció de la mostra després del premsat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Procés d'extracció de la mostra després del premsat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA



Procés d'extracció de la mostra després del premsat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra després del premsat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

A partir de la vuitena coccíó vam fer fabricar un nou motlle, per a realitzar la preparació de les mostres, que admetés una major resistència a la pressió sense deformar-se.

Apliquem l'oli desencofrant al motlle per tal de poder extreure la mostra sense que s'hi adhereixi material.



Motlle de 16x8 cm.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Motlle pintat amb oli desencofrant.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Tot seguit, anem introduint el material de l'amassada a l'interior del motlle a la vegada que l'anem compactant.



Amassada.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Introduint l'amassada dins el motlle.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



El motlle amb l'amassada a l'interior.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Un cop hem introduït tot el material de l'amassada, col·loquem un suport a la part superior per poder distribuir les càrregues uniformement en tota la superfície de la mostra.



Introduint el suport superior a dins el motlle.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



El motlle amb l'amassada a l'interior, abans de premsar.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

A continuació es premsa la mostra amb la premsa hidràulica manual.



Motlle amb l'amassada a la premsa hidràulica manual.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Apliquem una pressió de 10 kg/cm^2 a les mostres.



Motlle amb l'amassada a la premsa hidràulica manual.

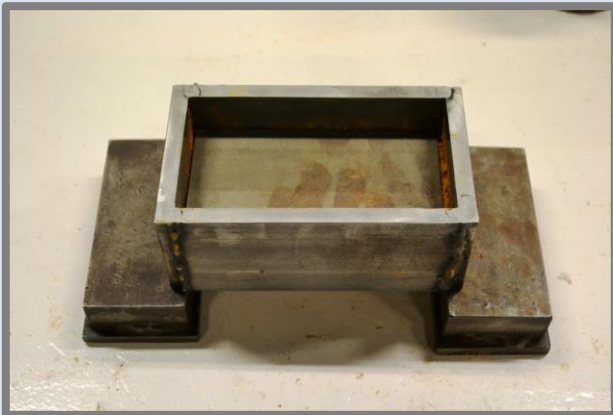
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



*Manòmetre de la premsa hidràulica manual
(premses a 10 kg/cm^2).*

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Un cop premsades les mostres, les extraiem del motlle i les col·loquem a l'estufa de dessecació per tal de que perdin tota la humitat interior.



Extracció de la mostra després d'haver-la premsat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra després d'haver-la premsat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Quan les mostres estan seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les introduïm al forn seguint les escales de temperatura que es recullen al següent apartat "2.9. Evolució i incidències en el procés d'estudi de les mostres de gres".

2.9. EVOLUCIÓ I INCIDÈNCIES EN EL PROCÉS D'ESTUDI DE LES MOSTRES DE GRES

Un cop vam tenir els fangs en pols, ja vam poder començar el procés de fabricació de les mostres de gres.

En el PFG1 van fer els assaigs de retracció, sedimentometria i límits d'Atterberg, per tal de saber el comportament del fangs abans de començar a fer les mostres. Per tant, vam agafar aquests resultats i vam crear les nostres dosificacions amb els mateixos materials. Vam agafar aquests mateixos materials, ja que nosaltres estàvem estudiant el material gresificat que s'havia obtingut per error en una de les coccions de la ceràmica cuita. Aquests materials eren el fang, l'argila PEN¹, la sorra i l'aigua.



Fang en pols.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Argila PEN en pols.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Sorra de l'empresa àrids Catalunya.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Recipient amb aigua.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

¹ Argila PEN: Nom comercial de l'argila de l'empresa Argiles Colades S.A.

2. MEMÒRIA

Per fer les dosificacions ens faltava la sorra i l'argila PEN. La sorra no la podíem agafar del laboratori, ja que aquella contenia calç i ens podria esquerdar les mostres, com va passar al PFG1, per tant vam decidir anar-la a compra a Point.p que comercialitzava una sorra de l'empresa Àrids Catalunya S.A.

També ens faltava aconseguir l'argila PEN, però en canvi, aquesta la vam poder agafar del laboratori ja que els alumnes del PFG1, els hi va sobrar.

Un cop vam tenir la sorra d'Àrids Catalunya S.A., vam comprovar que la sorra tingués un baix contingut de calç, mitjançant l'aplicació d'àcid clorhídric a la sorra. Vam introduir la sorra dins un recipient i a continuació li vam afegir unes gotes de l'àcid clorhídric. Ens va sorprendre els resultats de la comprovació, ja que la reacció va ser instantània i vam observar que aquesta sorra contenia més quantitat de calç, que no pas la sorra del laboratori, tot i que el venedor de l'empresa Point.p ens havia dit que aquesta sorra provenia de Barcelona i contenia un baix contingut de calç.



Comprovació del contingut de calç de la sorra amb àcid clorhídric.

Fotografies: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Vam decidir continuar i provar de fer les mostres amb aquesta sorra a veure com reaccionava, ja que aquestes arribarien a unes temperatures molt elevades i potser no els influiria en res el contingut de calç.

PRIMERA COCCIÓ

Vam començar fent 2 mostres de cada dosificació, és a dir, dues de F1, FA1, FA2, FA3, FA4 i FA5. Una mostra de cada dosificació, la vam posar directament al forn i l'altra la vam posar a l'estufa de dessecació per assecar-la. Això ho vam fer per poder estudiar quina de les dues opcions era la millor, posar-la directament al forn amb la humitat que contenia la mostra o, en canvi, deixar-la assecar a l'estufa de dessecació abans de posar-la al forn i així que perdés tota la humitat.

Codi	Dosificacions
F1	100% fang + 20% sorra + 12% aigua
FA1	90% fang + 10% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua
FA2	80% fang + 20% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua
FA3	70% fang + 30% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua
FA4	60% fang + 40% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua
FA5	50% fang + 50% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.



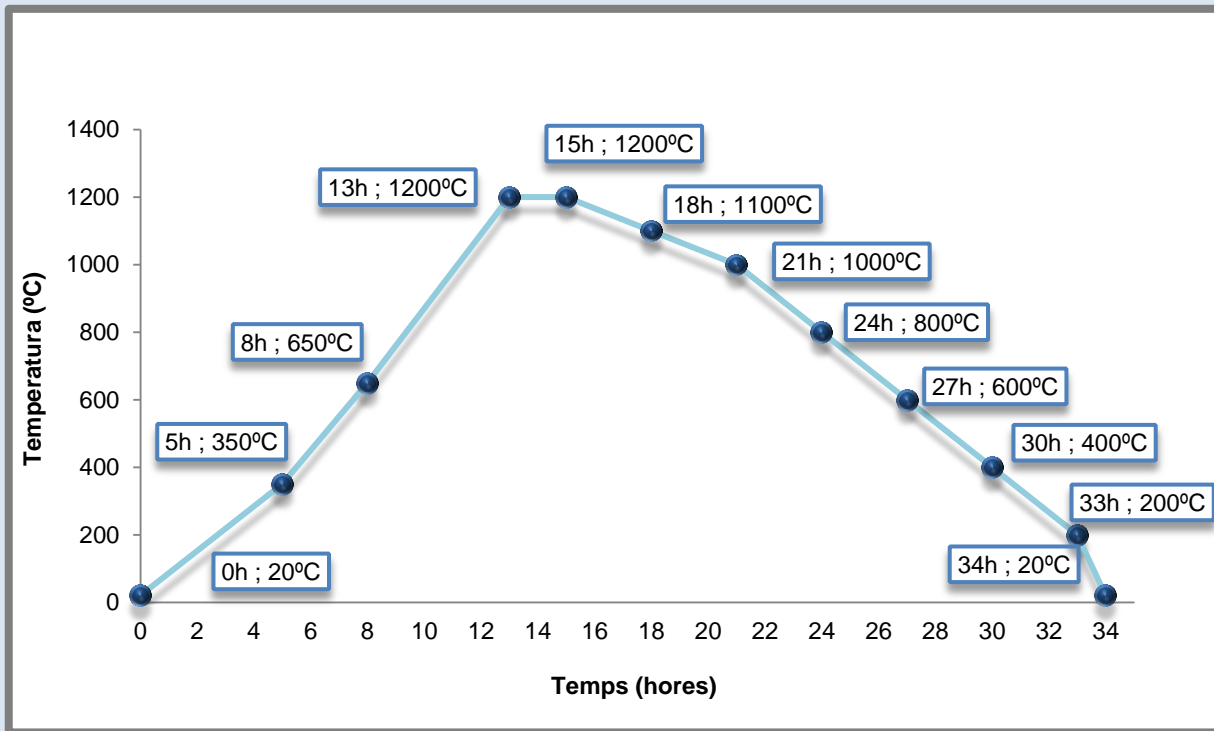
Mostres F1, FA1, FA2, FA3, FA4 i FA5 primera cocció sense coure.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Vam introduir les 6 mostres humides dins del forn i les vam col·locar sobre una rajola ceràmica que feia de base i vam introduir l'escala de temperatures al forn.

2. MEMÒRIA

La primera cocció la vam posar a una l'escala de temperatures seguint el gràfic següent, és a dir, vam arribar a 1200 °C i vam mantenir aquesta temperatura 2 hores, ja que aquesta va ser amb la que el PFG1 van obtenir el material gresificat per error.

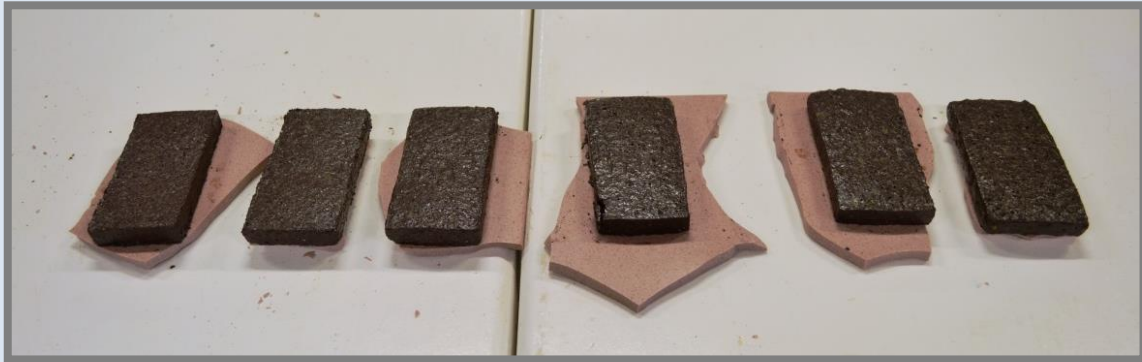


Escala temperatures primera cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
De 13 a 15	1200
Refredament per ell mateix	

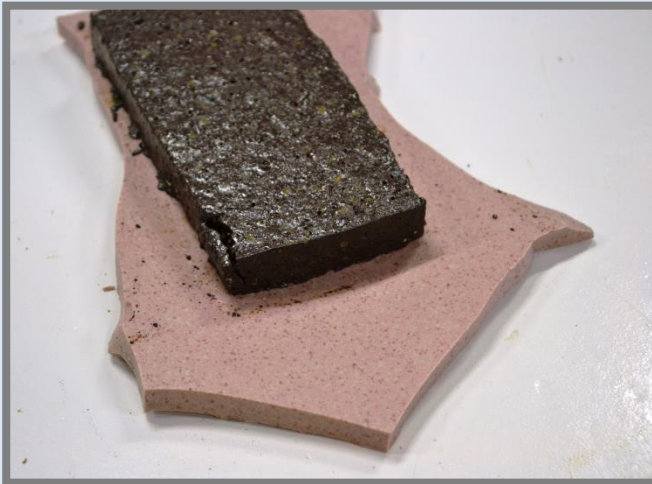
Un cop va transcorre el temps de cocció, les vam treure del forn i vam observar que les mostres s'havien enganxat i fusionat en el material de suport, és a dir, a la rajola ceràmica que feia de base. Vam intentar separar-les però va ser impossible.



Mostres F1, FA1, FA2, FA3, FA4 i FA5 primera cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

També ens vam donar compte que hi havia força porus a totes les mostres i vam suposar que podia ser a causa d'algun component de la sorra i que degut a les altes temperatures s'havia evaporat. També semblava que estiguessin socarrimades a causa de les altes temperatures que havien arribat.



Mostra primera cocció fusionada amb el suport.

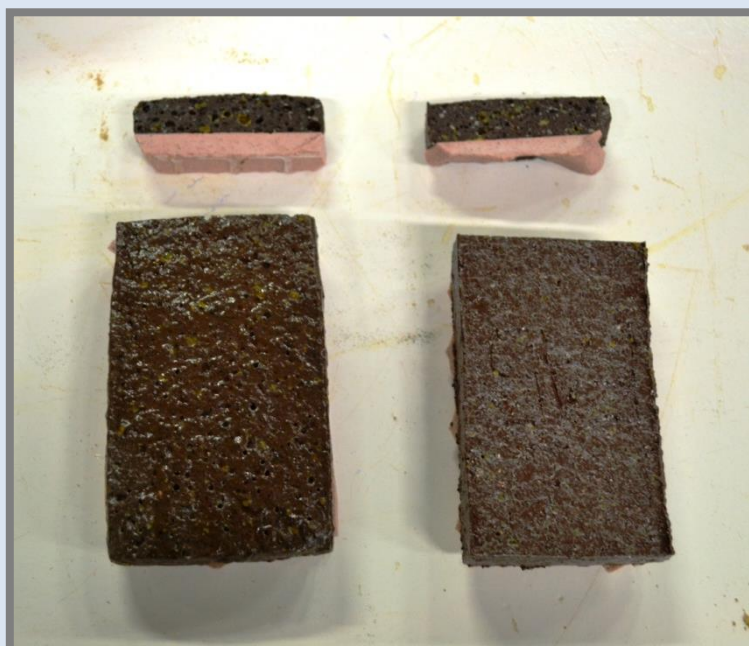
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra primera cocció tallada.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Un altra cosa que ens vam fixar, va ser que a mesura que a la dosificació s'anava introduint més argila, aquesta mantenia més la seva forma sense deformat-se. És a dir, la mostra F1 que era la que contenia un 100% de fang i un 0% d'argila era la que s'havia deformat més i havia perdut la seva forma inicial, en canvi, la mostra FA5 que era la que contenia un 50% de fang i un 50% d'argila era la que s'havia deformat menys i havia mantingut la forma inicial.



Comparació mostres F1 i FA5 de la primera cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

SEGONA COCCIÓ

Un cop observades les mostres de la primera cocció que havíem tret del forn, vam seguir fent les dosificacions de les mostres que ens faltaven per completar-les totes. Vam fer 2 mostres de cada dosificació, és a dir, dues de FA6, FA7, FA8, FA9, FSN1 i FASN1.

Codi	Dosificacions
FA6	40% fang + 60% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua
FA7	30% fang + 70% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua
FA8	20% fang + 80% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua
FA9	10% fang + 90% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua
FSN1	100% fang + 20% sorra normalitzada + 12% aigua
FASN1	50% fang + 50% argila PEN + 20% sorra normalitzada + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.



Mostres FA6, FA7, FA8, FA9, FSN1 i FASN1 segona cocció sense coure.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Un cop fetes totes les mostres vam introduir al forn les que havíem posat a assecar dins l'estufa de dessecació, és a dir, les mostres F1, FA1, FA2, FA3, FA4 i FA5 i també les mostres que havíem fet el mateix dia, sense deixar-les assecar, és a dir, les mostres FA6, FA7, FA8, FA9, FSN1 i FASN1.

2. MEMÒRIA

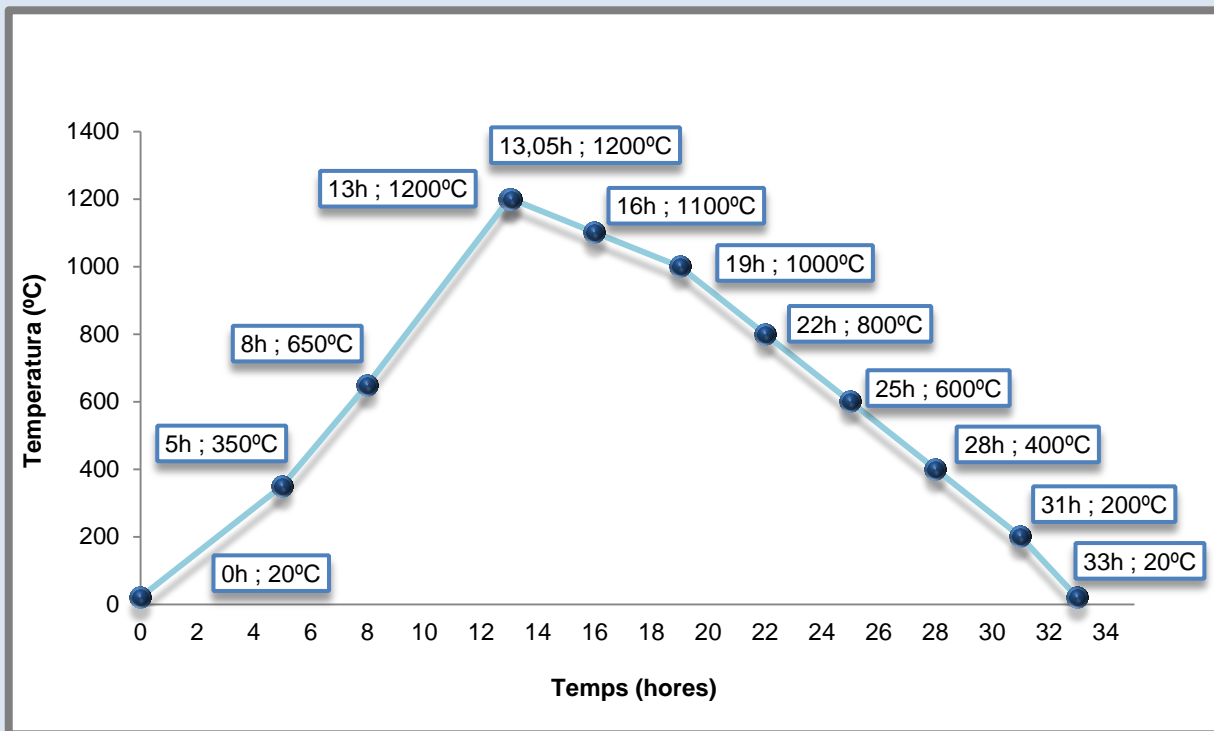
Les vam posar al forn amb un altre suport de ceràmic, ja que el de la primera cocció s'havia enganxat i trencat. També vam posar una de les mostres a sobre d'un rajol refractari, per comprovar si amb aquest suport s'enganxarien o no.



*Mostres F1, FA1, FA2, FA3, FA4 i FA5 seques i
mostres FA6, FA7, FA8, FA9, FSN1 i FASN1 humides de la segona cocció sense coure.*

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Una altra variació de la primera cocció va ser que vam canviar l'escala de temperatures, com podeu veure a continuació. A aquesta vam arribar a 1200 °C i només es va mantenir 5 minuts, no com l'anterior cocció que s'havia mantingut 2 hores, com podem veure al gràfic següent.



Escala temperatures segona cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
5 minuts	1200
Refredament per ell mateix	

Un cop va transcorre el temps de cocció, les vam treure del forn i vam poder observar a simple vista que aquestes no s'havien cuit tan com les primeres, ja que tenien un color marronós més clar.

També vam poder observar al tocar-les que no s'havien enganxat amb cap dels dos suports, només una, la mostra F1.

2. MEMÒRIA

La mostra que havíem posat sobre el maó refractari tampoc es va enganxar, per tant vam decidir que totes les mostres que faríem a continuació les couríem amb un suport de maons refractaris.

Els maons refractaris són fabricats per suportar altes temperatures i canvis bruscs sense sofrir modificacions a la seva estructura. Aquests maons es couen a 1350°C o més, per tant, això feia que al tenir un punt de fusió molt alt no s'enganxessin o fusionessin les mostres amb el suport.



Mostres F1, FA1, FA2, FA3, FA4, FA5, FA6, FA7, FA8, FA9, FSN1 i FASN1 segona cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Era millor l'aspecte de les mostres que s'havien deixat assecat dins l'estufa, que no el de les que havíem posat directament al forn sense deixar-les assecat a l'estufa de dessecació. El fet de deixar-les assecat a dins l'estufa de dessecació abans de posar-les a coure era per evitar una pèrdua d'aigua molt ràpida a dins el forn i que ens poguessin aparèixer esquerdes de retracció. Per tant, vam decidir que les deixaríem assecat a l'estufa de dessecació, mínim un dia, abans de posar-les a coure dins al forn.

A l'observar-les, vam poder comprovar que a la base també hi havia porus com les de la primera cocció, però en canvi les que contenien sorra normalitzada no n'hi havien, per tant vam poder concloure que la porositat era a conseqüència de la sorra, ja que devia haver algun component de la sorra que s'evaporava a causa de les altes temperatures.

TERCERA COCCIÓ

Seguidament, vam introduir al forn les mostres de les dosificacions FA6, FA7, FA8, FA9, FSN1, FASN1 i FASL que havíem deixat assecar dins l'estufa de dessecació uns dies. Aquesta última dosificació, la FASL era una mostra que contenia sorra del laboratori, per veure si hi havia variació amb les diferents sorres.



Sorra del laboratori.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Codi	Dosificacions
FA6	40% fang + 60% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua
FA7	30% fang + 70% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua
FA8	20% fang + 80% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua
FA9	10% fang + 90% argila PEN + 20% sorra + 12% aigua
FSN1	100% fang + 20% sorra normalitzada + 12% aigua
FASN1	50% fang + 50% argila PEN + 20% sorra normalitzada + 12% aigua
FASL	40% fang + 60% argila PEN + 20% sorra laboratori + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada coccio.

2. MEMÒRIA

En aquesta cocció vam posar les mostres al forn sobre un llit de maons refractaris que feia de suport, ja que a la cocció anterior havíem pogut comprovar que les mostres no s'havien enganxat.

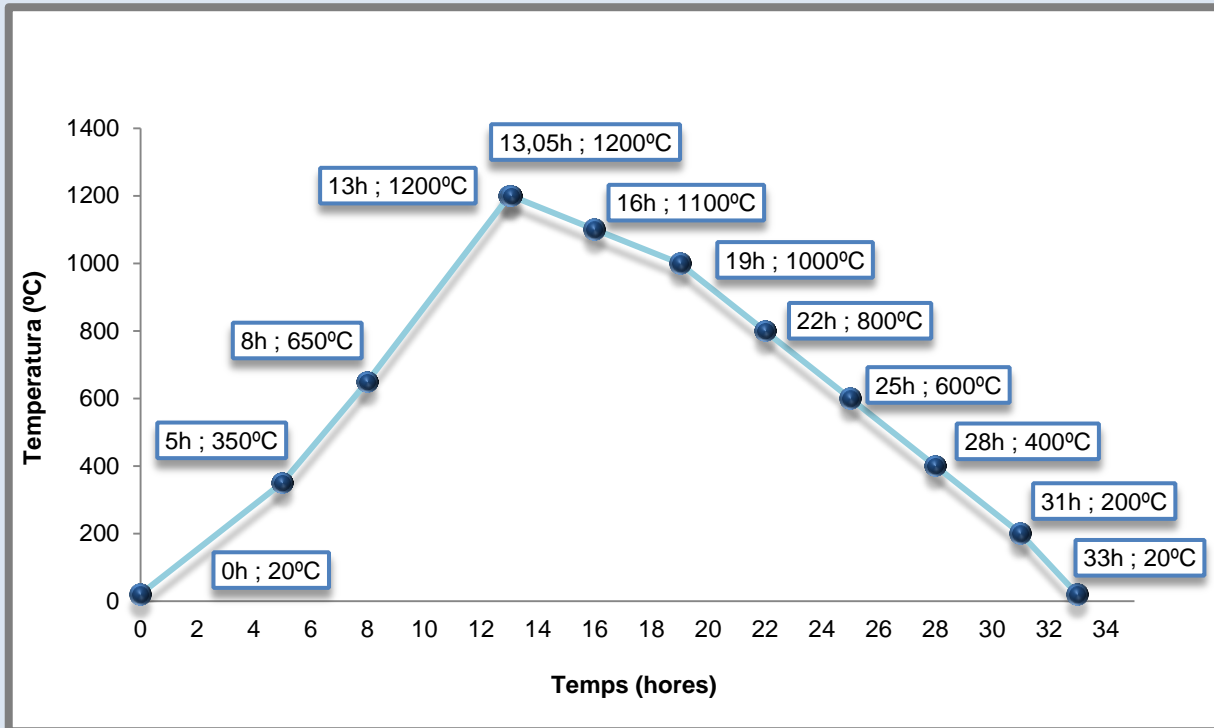


Mostres FA6, FA7, FA8, FA9, FSN1 i FASN1 seques de la tercera cocció sense coure.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Vam posar l'escala de temperatures igual que les que havíem posat a la segona cocció, és a dir, arribar a 1200 °C i mantenir aquesta temperatura 5 minuts, com podem veure al gràfic següent.



Escala temperatures tercera cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
5 minuts	1200
Refredament per ell mateix	

2. MEMÒRIA

Un cop va transcorre el temps de cocció, les vam treure del forn i vam poder observar que les mostres no s'havien enganxat al suport de maons refractaris que havíem posat.



Mostres FA6, FA7, FA8, FA9, FSN1 i FASN1 tercera cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

També vam poder observar que a la mostra que havíem posat sorra del laboratori no hi havia tanta porositat com a les que havíem fet amb sorra que vam comprar d'àrids Catalunya. Per tant, vam decidir que totes les mostres que faríem a continuació, les faríem amb sorra del laboratori.

2. MEMÒRIA

Totes les mostres que havíem fet fins en aquell moment estaven a temperatura ambient al laboratori i ens vam sorprendre veure que el nòduls de calç s'havien expandit, a causa de la hidratació de la calç i havien esclatat. També hi havia mostres que estaven escapçades.



Mostres deteriorades a causa de la hidratació de la calç.

Fotografies: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Fent una comparació de les mostres de la segona i tercera cocció, vam poder observar a simple vista que per la part inferior de les mostres de la segona cocció s'havien cuit més que les de la tercera cocció. Això era a causa del suport de les coccions, ja que les mostres de la segona cocció s'havien cuit amb un suport de rajola i en canvi, les de la tercera cocció s'havien fet amb un suport de rajola refractària.

Per tant, podem concloure que les mostres de la tercera cocció s'havien cuit menys per la part inferior a causa del gruix del rajol refractari.



Mostres de la tercera i de la segona cocció per la part inferior.

Fotografies: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

QUARTA COCCIÓ

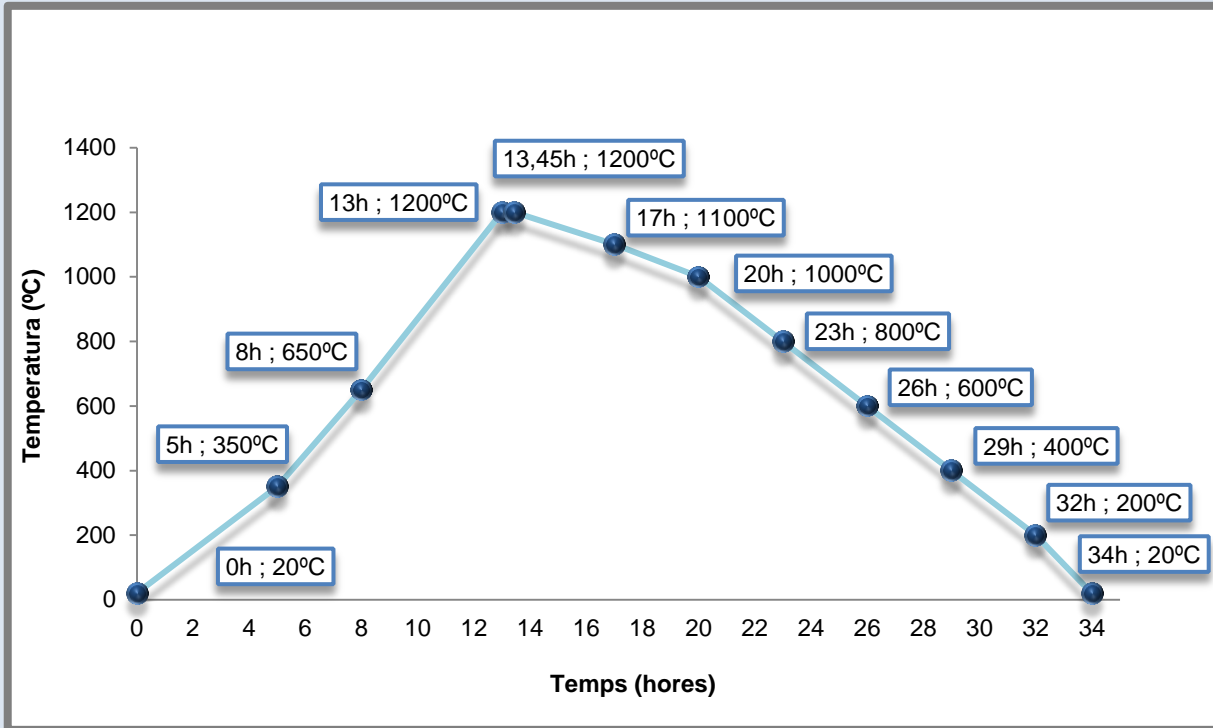
A la quarta cocció vam fer unes altres mostres de totes les dosificacions que havíem fet fins aquell moment, en total unes 10, és a dir una de F1, FA1, FA2, FA3, FA4, FA5, FA6, FA7, FA8 i FA9. Aquestes les vam fer per canviar dues coses, una perquè volíem fer variacions a l'escala de temperatures del forn i l'altra el tipus de sorra. Aquestes noves les vam fer amb sorra del laboratori, en canvi les primeres les havíem fet amb la sorra de l'empresa àrids Catalunya que havíem comprat nosaltres.

Codi	Dosificacions
F1	100% fang + 20% sorra laboratori + 12% aigua
FA1	90% fang + 10% argila PEN + 20% sorra laboratori + 12% aigua
FA2	80% fang + 20% argila PEN + 20% sorra laboratori + 12% aigua
FA3	70% fang + 30% argila PEN + 20% sorra laboratori + 12% aigua
FA4	60% fang + 40% argila PEN + 20% sorra laboratori + 12% aigua
FA5	50% fang + 50% argila PEN + 20% sorra laboratori + 12% aigua
FA6	40% fang + 60% argila PEN + 20% sorra laboratori + 12% aigua
FA7	30% fang + 70% argila PEN + 20% sorra laboratori + 12% aigua
FA8	20% fang + 80% argila PEN + 20% sorra laboratori + 12% aigua
FA9	10% fang + 90% argila PEN + 20% sorra laboratori + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.

2. MEMÒRIA

Quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam posar al forn a una escala de temperatura que arribés a una temperatura de 1200°C, però no només mantenir-la 5 minuts, sinó 45 minuts, com podem veure al gràfic següent.



Escales temperatures quarta cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
45 minuts	1200
Refredament per ell mateix	



Mostres F1, FA1, FA2, FA3, FA4, FA5, FA6, FA7, FA8 i FA9 quarta cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Quan vam poder obrir el forn de la quarta cocció, vam observar que només s'havien enganxat amb el suport tres mostres. Aquestes tres eren les que contenien més fang a la dosificació, és a dir, la mostra F1, FA1 i FA2. Vam intentar desenganxar-les sense es trenquessin, però només ho vam aconseguir amb una.



Mostres F1, FA1, FA2 quarta cocció cuites enganxades al suport refractari.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra F1 enganxada al suport refractari.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra FA1 enganxada al suport refractari.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

A la següent foto podem observar l'interior de les mostres de diferents coccions. La primera mostra és de la primera coccio, la segona mostra és de la segona o tercera coccio i finalment la tercera mostra és de la quarta coccio.



Interior de diferents mostres.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Aquesta fotografia podem observar que a mesura que augmentem la temperatura hi ha més porositat a l'interior. La primera mostra que havia arribat a una temperatura de 1200°C i s'havia mantingut 2 hores, observem que és la que té més porositat. En canvi, la tercera mostra que havia arribat a una temperatura de 1200°C i s'havia mantingut 45 minuts, observem que té menys porositat que la primera, però més que la segona. Finalment, la segona mostra que havia arribat a una temperatura de 1200°C i s'havia mantingut 5 minuts, observem que és la que té menys porositat.

CINQUENA COCCIÓ

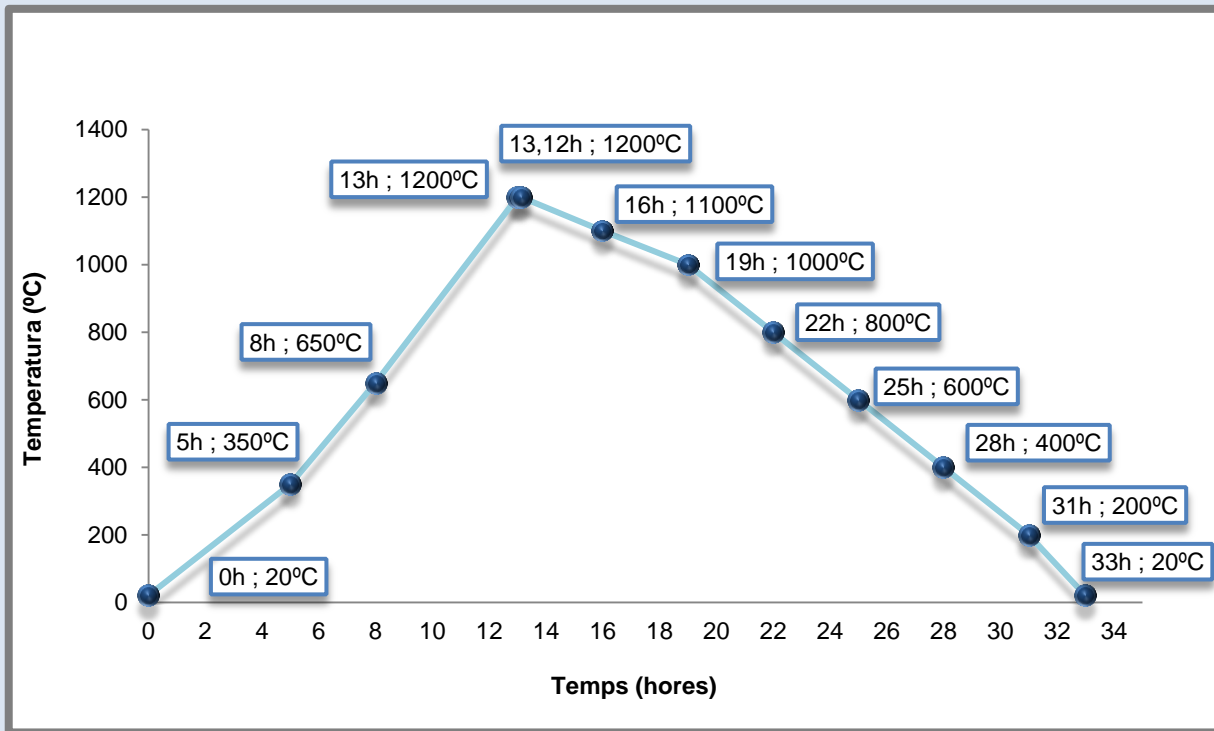
A la cinquena cocció vam fer una mostra de F1, FA1, FA2, FA3, FA4, FA5, FA6, FA7, FA8, FA9, SS i FAP5. Aquestes dues dosificacions del final eren noves. La SS era una mostra feta amb 50% d'argila i 50% de fangs i sense sorra. La mostra FAP5 era igual que la FA5, però aquesta la vam premsar a 10 kg/cm², ja que vam trobar diverses fonts d'informació esmentant que les rajoles premsades en sec es premsen a altes pressions.

Codi	Dosificacions
F1	100% fang + 20% sorra laboratorí + 12% aigua
FA1	90% fang + 10% argila PEN + 20% sorra laboratorí + 12% aigua
FA2	80% fang + 20% argila PEN + 20% sorra laboratorí + 12% aigua
FA3	70% fang + 30% argila PEN + 20% sorra laboratorí + 12% aigua
FA4	60% fang + 40% argila PEN + 20% sorra laboratorí + 12% aigua
FA5	50% fang + 50% argila PEN + 20% sorra laboratorí + 12% aigua
FA6	40% fang + 60% argila PEN + 20% sorra laboratorí + 12% aigua
FA7	30% fang + 70% argila PEN + 20% sorra laboratorí + 12% aigua
FA8	20% fang + 80% argila PEN + 20% sorra laboratorí + 12% aigua
FA9	10% fang + 90% argila PEN + 20% sorra laboratorí + 12% aigua
SS	50% fang + 50% argila PEN + 12% aigua
FAP5	50% fang + 50% argila PEN + 20% sorra laboratorí + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.

2. MEMÒRIA

Quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribes a 1200°C i es mantingués 12 minuts, com podem veure al gràfic següent.



Escala temperatures cinquena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
12 minuts	1200
Refredament per ell mateix	

2. MEMÒRIA



Mostres humides de la cinquena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Mostres seques de la cinquena cocció sense coure.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Mostres seques de la cinquena cocció al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Mostres de la cinquena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Vam extreure les mostres de la cinquena cocció del forn i vam poder observar que no s'havien enganxat al suport refractari.



Mostres de la cinquena cocció cuites amb l'escala de dosificacions.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

2. MEMÒRIA

Les mostres que contenien més fangs s'havien deformat més, ja que aquest aguanta poc les altes temperatures. Com vam poder comprovar la mostra F1, que era el que contenia el 100 % de fangs i 0% d'argila, s'havia deformat i encongint molt. En canvi, la mostra FA9, que era la que contenia més argila amb un 10% de fangs i un 90% d'argila, no s'havia deformat, només s'havia encongint una mica a causa de la retracció.

Un dels símptomes clars que vam poder comprovar visualment de que el fang aguanta poc les altes temperatura va ser que les mostres que contenien més quantitat de fangs i menys d'argila eren les que s'havien cuit més i en canvi, les que contenien menys fangs i més argila eren les que s'havien cuit menys.



Mostres F1 i FA9 de la cinquena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres SS i FA5 de la cinquena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

La mostra FAP5, que era la que vam premsar més, tenia un aspecte més compacte que les altres. Per tant, vam decidir que a partir d'aquell moment les premsarien a 10 kg/cm².

La mostra SS, la que vam fer sense sorra, a simple vista vam poder observar que s'havia deformat més que la resta de mostres. Per tant, vam poder concloure que la sorra o un altre material que fes d'aglutinant, era un element important per evitar la deformació de les mostres.

SETENA COCCIÓ

Passem de la cinquena a la setena cocció, ja que la sisena cocció vam fer la primera prova de cocció amb la mostres de ceràmica cuita.

A la setena cocció vam fer unes noves mostres, substituint l'àrid de sorra pel de totxo trinxat. Aquest últim, ens l'havia facilitat l'empresa d'Argiles Colades S.A., juntament amb un sac d'argila PEN i un altre d'argila xamotada vermella.

Per no fer totes les dosificacions, ja que entre elles hi havia molt poca diferència, vam fer només una mostra de F1, FA1, FA3, FA5, FA7, FA9 i FAX1. Aquesta última, la mostra FAX1, vam substituir l'argila PEN, per l'argila vermella xamotada, per comprovar si hi havia alguna variació d'una argila amb l'altra.



Totxo trinxat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Argila vermella xamotada.

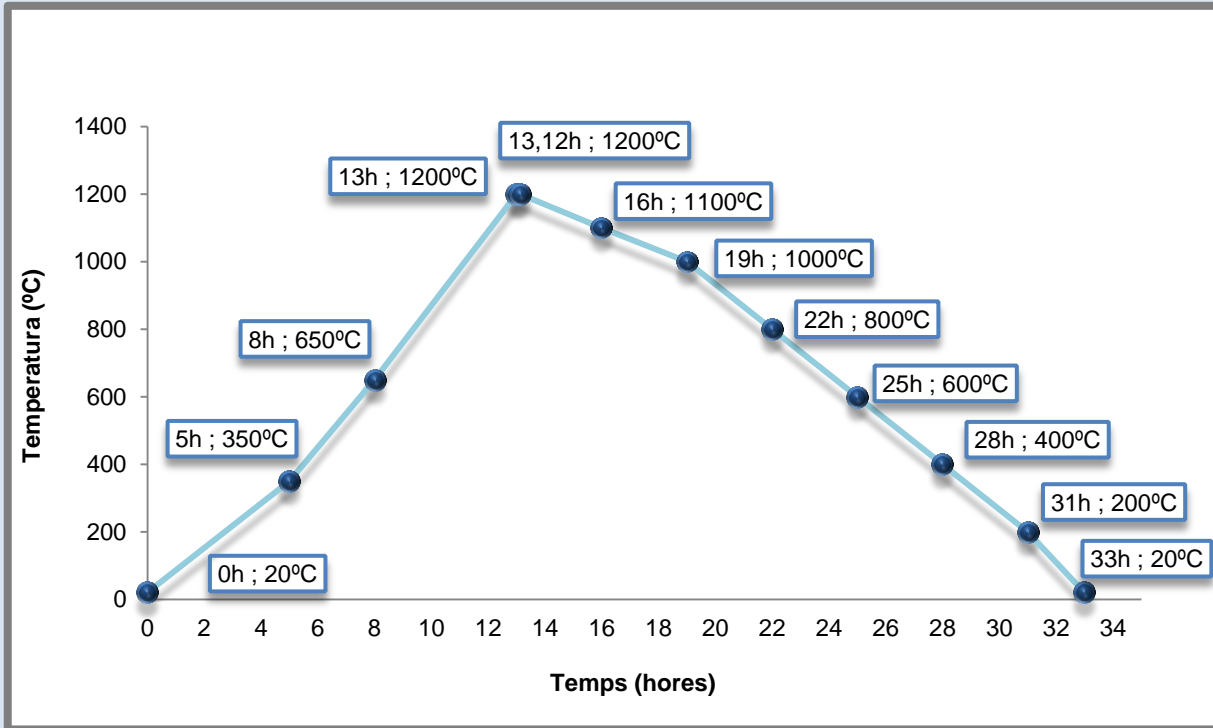
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Codi	Dosificacions
F1	100% fang + 20% totxo trinxat + 12% aigua
FA1	90% fang + 10% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua
FA3	70% fang + 30% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua
FA5	50% fang + 50% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua
FA7	30% fang + 70% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua
FA9	10% fang + 90% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua
FAX1	50% fang + 50% argila vermella xamotada + 20% totxo trinxat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.

2. MEMÒRIA

Quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1200°C i es mantingués 12 minuts, com podem veure al gràfic següent.



Escala temperatures setena coccí.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
12 minuts	1200
Refredament per ell mateix	

2. MEMÒRIA



Mostres humides de la setena coccio.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres seques de la setena coccio al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres de la setena coccio cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Vam extreure les mostres de la setena coccio del forn i vam poder observar que alguna de les mostres s'havien enganxat al suport refractari. Aquestes eren les que contenien més fangs, és a dir, la mostra F1, FA1 i FA3.



Mostres F1, FA1 i FA3 de la setena coccio cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Base mostres F1, FA1 i FA3 de la setena coccio cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Base de les mostres F1, FA1 i FA3 enganxada al suport de rajol refractari.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Vam decidir que a la pròxima cocció baixàrem el temps de permanència a 1200°C, ja que en aquesta cocció les mostres s'havien enganxat al suport i això era senyal que ens havíem passat de temperatura.

Fent un examen visual, vam poder observar que tenien aparença molt bona. Semblava que no hi havia gens de porositat. Per tant, a partir d'aquell moment vam decidir substituir l'àrid de sorra pel de totxo trinxat.



Mostres de la setena cocció cuites amb l'escala de dosificacions.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Una semblança amb les mostres que havíem fet anteriorment, era que les mostres amb més quantitat de fangs, tenien un color més fosc i s'havien deformat més, ja que s'havien cuit més a causa que els fangs no aguanten tant les altes temperatures.

També vam poder observar que a la mostra FAX1, on vam substituir l'argila PEN per l'argila vermella xamotada, no hi havia quasi diferència amb les altres mostres. Per tant, vam seguir fent les mostres amb l'argila PEN, que era la que des d'un principi estàvem utilitzant.

ESTUDI PREVI DE LES MOSTRES

Un cop vam acabar de fer la setena cocció vam decidir parar la fabricació de més mostres i fer un estudi previ d'aquestes.

Fins aquell moment havíem extret les següent conclusions:

- A mesura que a la dosificació es va introduint més argila, aquesta manté més la seva forma sense deformar-se. La mostra F1 que contenia un 100% de fang i un 0% d'argila es deformava més, perdia la seva forma inicial i s'encongia, en canvi, la mostra FA9 que contenia un 10% de fang i un 90% d'argila es deformava menys i mantenia la forma inicial. Això és degut a que el fang aguanta poc les altes temperatures.
- El rajol refractari és un bon suport per posar la mostra dins el forn, ja que aquest aguanta les altes temperatures i no s'enganxa amb aquesta.
- Les mostres que es deixaven assecar dins l'estufa de dessecació tenien millor aspecte que no les que posàvem directament al forn sense deixar-les assecar. Això és degut a la pèrdua d'aigua molt ràpida a dins el forn.
- Les mostres que estaven més premsades tenien un aspecte més compacte i amb menys porositat que les altres.
- La sorra o un element que faci d'aglutinant és molt important per evitar la deformació de la mostra.
- A la cocció 7 hem pogut observar que el totxo trinxat és un bon substitut de la sorra, ja que solucionem el problema de la calç a la sorra. També alhora reutilitzem un altre subproducte.

Abans de continuar fent més mostres vam decidir fer un estudi previ amb totes les mostres que havíem fet fins aquell moment, així podríem extreure algun resultat i saber per quina branca avançar.

També, un altra raó d'aquesta decisió, era que podríem escollir quines dosificacions ens interessaven més per realitzar els assaigs de la normativa.

Amb totes les mostres que havíem fet fins aquell moment, perquè no es quedessin amb un simple examen visual, vam decidir fer un parell d'assaigs de les normes UNE i poder extreure algun resultat.

Segons la norma *“UNE-EN 14411:2013 BALDOSAS CERAMICAS: Definiciones, clasificación, características i marcado”*, les rajoles ceràmiques es classifiquen en grups segons dos paràmetres. Aquests dos paràmetres són el mètode de fabricació i l'altre és el seu nivell d'absorció d'aigua. Segons aquests dos paràmetres podem saber quins són els requisits per les dimensions i d'aspecte superficial, així como per les propietats físiques i químiques.

Per tant, vam escollir l'assaig d'absorció, ja que podríem observar quines mostres tenien més o menys absorció i així determinar la classificació de les nostres mostres.

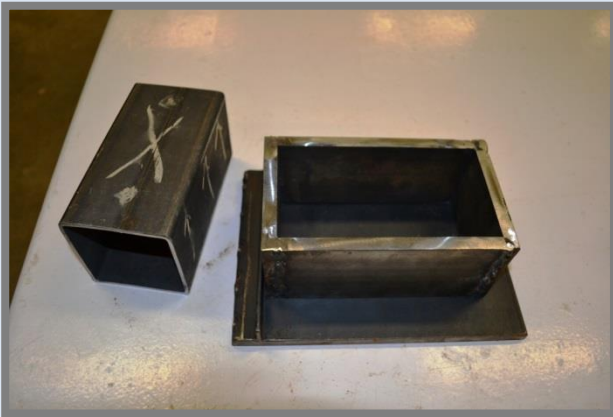
Els resultats de l'assaig de determinació de l'absorció d'aigua es recullen a l'apartat *“4.1. Assaig de determinació de l'absorció d'aigua.”*

També vam escollir l'assaig de determinació de la resistència a flexió per realitzar-lo a les mostres de la setena cocció i una mostra de la cinquena cocció.

Els resultats de l'assaig de determinació de la resistència a la flexió i de la força de ruptura es recullen a l'apartat *“4.2. Assaig de determinació de la resistència a la flexió i de la força de ruptura.”*

VUITENA COCCIÓ

A la vuitena cocció vam fer unes noves mostres i vam substituir el motlle on havíem estat fent les mostres fins aquell moment. És a dir, un motlle per fer BTC, per un nou motlle de 16x8 cm que era més resistent.



Nou motlle de 16x8 cm.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Després d'haver estudiat i haver provat diferents coccions durant uns quants mesos, vam començar a fer les mostres per realitzar els assaigs de la normativa.

Les mostres que vam fer a la vuitena cocció van ser 9 de la dosificació F1.

Codi	Dosificacions
F1	100% fang + 20% totxo trinxat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.

Amb la primera mostra que vam fer amb el nou motllo vam tenir un problema, perquè la superfície superior del motlle es va doblegar, a causa de la forta pressió que vam pressionar. Aquesta mostra, la F1.1 la vam premsar a 15 kg/cm². En canvi, totes les altres mostres que vam fer a continuació les vam premsar a 10 kg/cm², ja que amb la premsa que teníem al laboratori era impossible arribar a tan altes pressions, a causa de que el manòmetre no era precís a partir dels 12 kg/cm².

Un cop vam tenir la superfície superior del motlle arreglada, vam seguir amb la fabricació de les mostres F1.

2. MEMÒRIA



Mostres humides de la vuitena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres seques de la vuitena cocció sense coure.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

També vam pintar la superfície del forn, on la mostra es recolzava, amb un producte que ens va facilitar l'empresa d'Argiles Colades S.A., perquè no s'enganxessin les mostres a la superfície del rajol refractari. També ens havien donat un "casset" refractari per col·locar les mostres a l'interior.



Pink Engobe.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



"Casset" refractari.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Pintant la superfície dels rajols refractaris amb el producte Pink Engobe.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

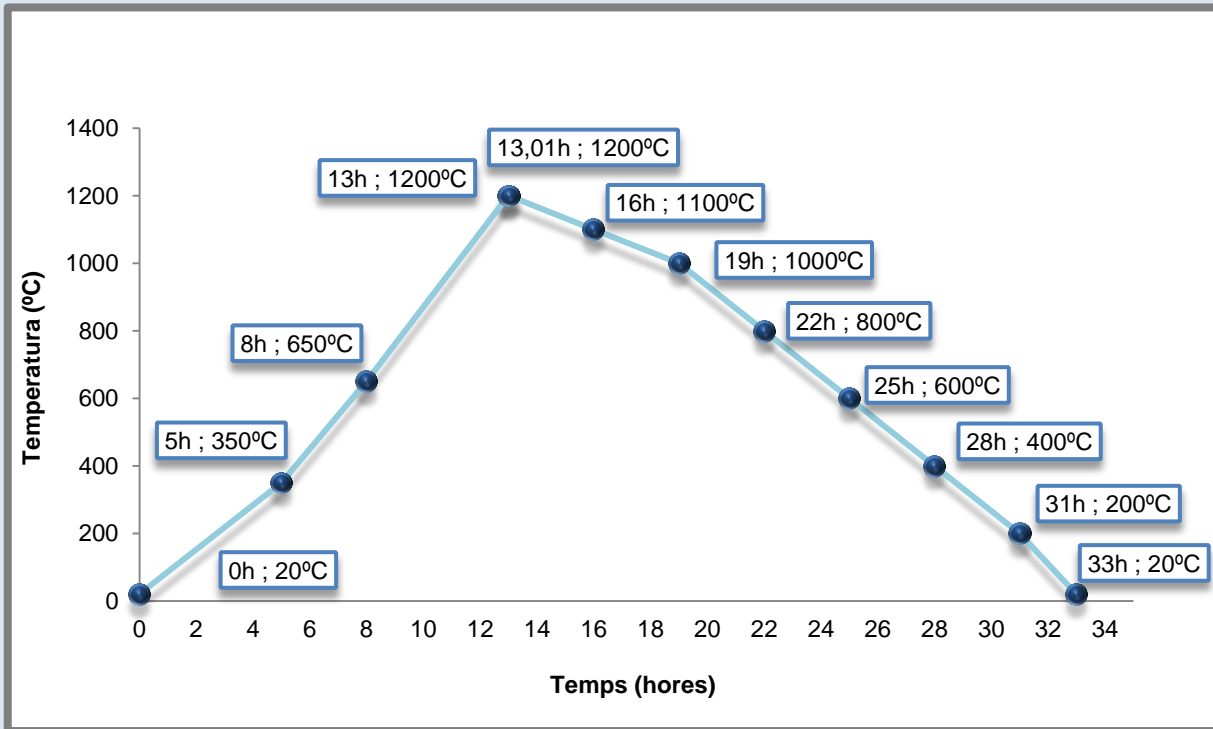


Interior del forn amb el suport i el "casset" refractari pintats amb el producte.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1200°C i es mantingués 1 minut, com podem veure al gràfic següent. Vam baixar el temps a 1200°C, ja que a la cocció anterior les mostres s'havien enganxat al suport i això era senyal que ens havíem passat de temperatura.



Escala temperatures vuitena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
1 minut	1200
Refredament per ell mateix	

2. MEMÒRIA



Mostres seques de la vuitena cocció al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres seques a l'interior del "casset".

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres de la vuitena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



6 mostres de la vuitena cocció deformades a l'interior del "casset".

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres de la vuitena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres de la vuitena cocció deformades.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Vam extreure les mostres de la vuitena cocció del forn i vam poder observar que les mostres que estaven a l'interior del "casset" estaven totalment deformades. També vam veure que algunes s'havien soldat entre elles.

Per tant, amb el resultat obtingut de la vuitena cocció, vam decidir repetir-la de nou variant la temperatura.

NOVENA COCCIÓ

A la novena cocció vam repetir les 9 mostres de la dosificació F1, ja que l'anterior s'havien deformat totes.

Codi	Dosificacions
F1	100% fang + 20% totxo trinxat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.

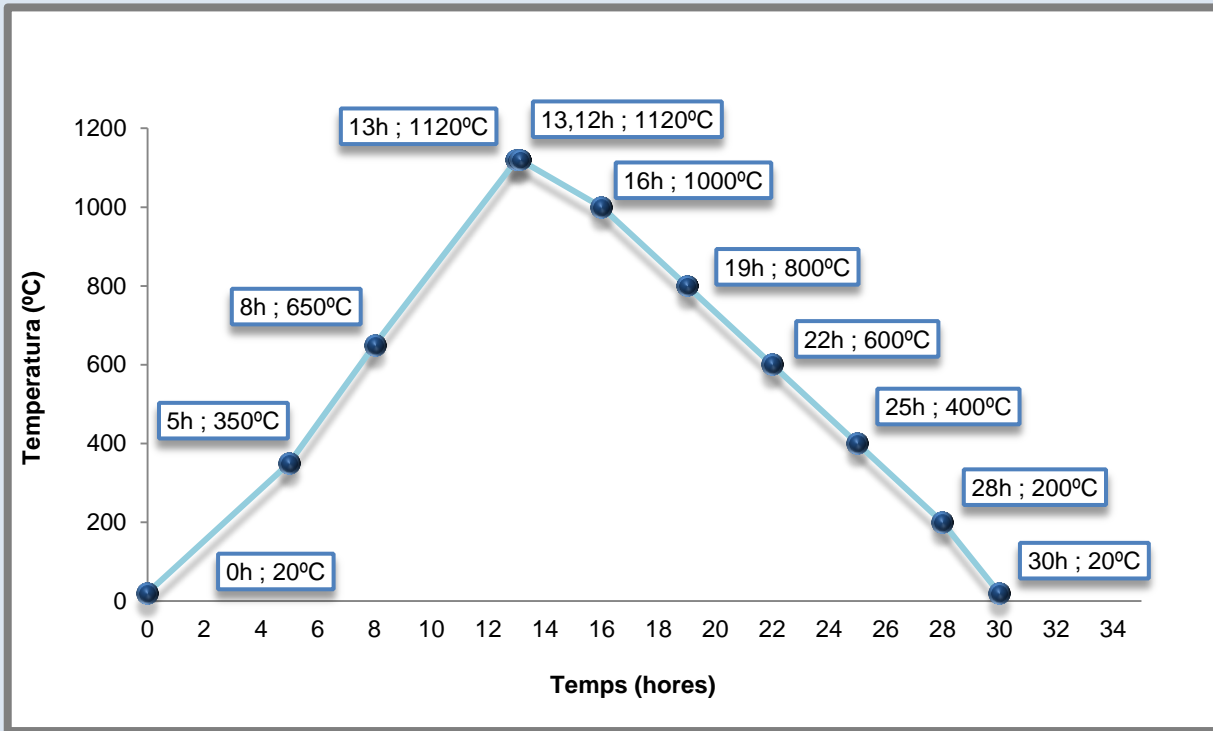


Mostres humides de la novena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

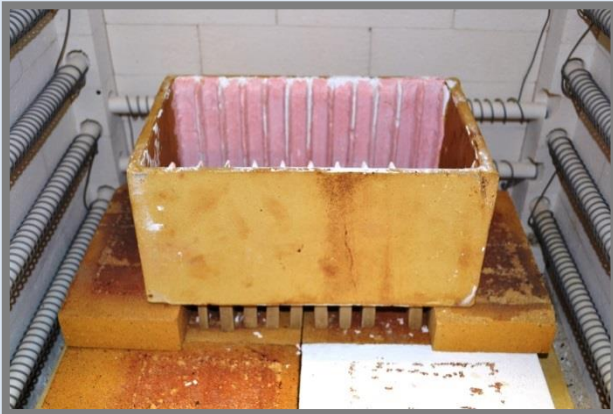
Quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1120°C i es mantingués 12 minuts, com podem veure al gràfic següent. Vam baixar la temperatura a 1120°C, ja que a la cocció anterior s'havien deformat i enganxat i això era senyal que ens havíem passat de temperatura.



Escala temperatures novena cocció.

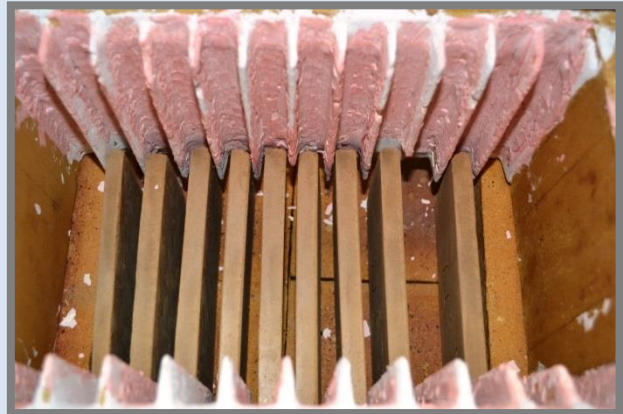
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1120
12 minuts	1120
Refredament per ell mateix	



Mostres seques de la novena cocció al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



*Mostres seques de la novena cocció a l'interior del
"casset".*

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres de la novena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Vam extreure les mostres de la novena cocció del forn i vam poder observar que les mostres estaven poc cuites, semblaven de ceràmica cuita, a causa de la baixa temperatura que havíem arribat.

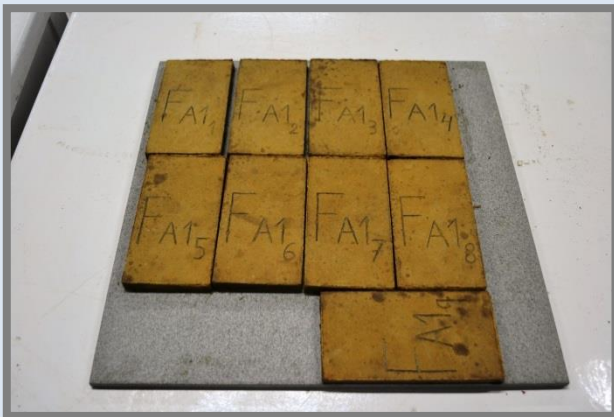
Per tant, amb el resultat obtingut de la novena cocció, vam decidir repetir-la de nou un altre cop.

DESENA COCCIÓ

A la desena cocció vam seguir fent la següent dosificació, deixant de banda la F1. Vam fer 9 mostres de la dosificació FA1.

Codi	Dosificacions
FA1	90% fang + 10% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.



Mostres humides de la desena i onzena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



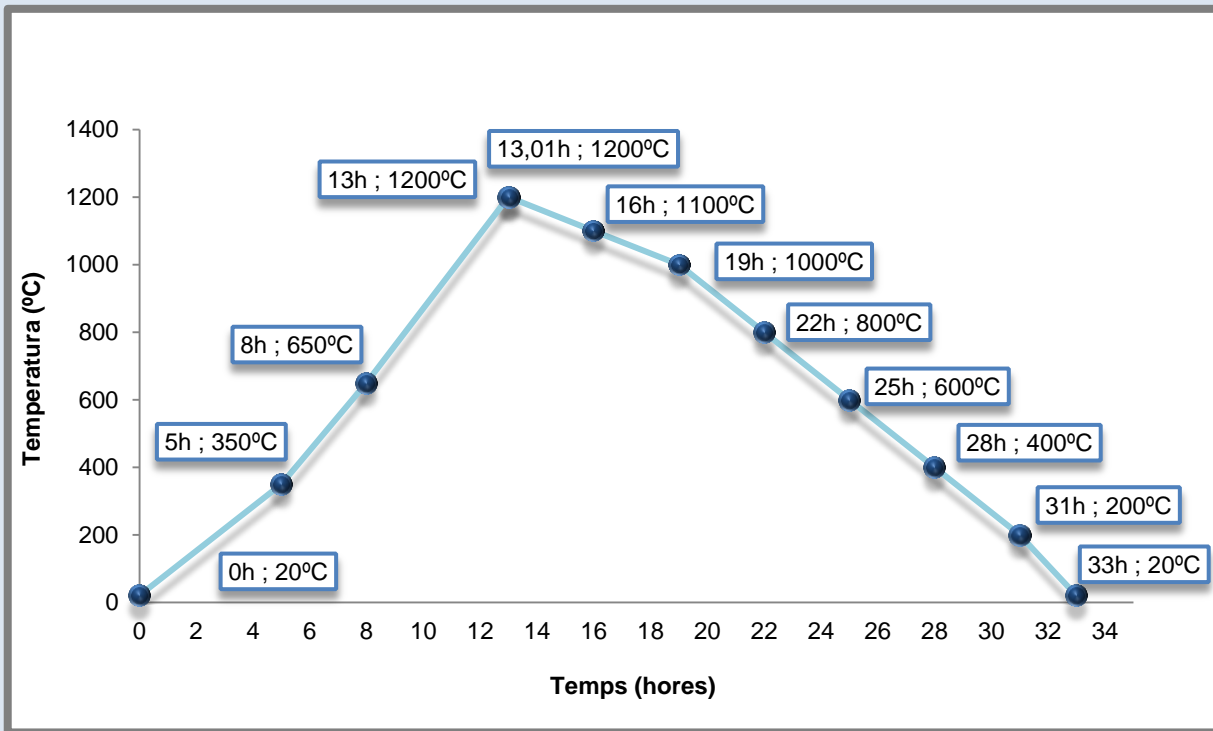
Mostres seques de la desena i onzena cocció sense cuire.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Com les mostres F1 i FA1 eren molt semblants pel que fa a la dosificació, vam decidir que agafaríem 5 mostres de la FA1 (FA1.1, FA1.2, FA1.4, FA1.5 i FA1.8) i les posaríem al forn amb una escala de temperatures que arribés a 1200°C i es mantingués 1 minut. Les altres 4 mostres de FA1 restants (FA1.3, FA1.6, FA1.7 i FA1.9) vam decidir que, a la següent cocció, les posaríem al forn amb una escala de temperatures que arribés a 1175°C i es mantingués 12 minuts.

2. MEMÒRIA

Per tant, quan les 5 mostres de FA1 van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1200°C i es mantingués 1 minut, com podem veure al gràfic següent.



Escala temperatures desena cocción.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
1 minut	1200
Refredament per ell mateix	



Mostres de la desena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

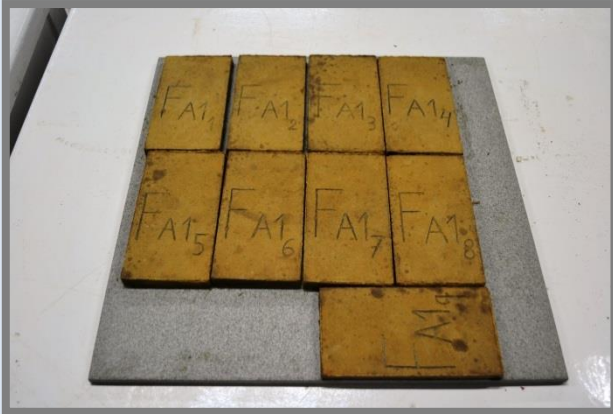
Vam extreure les mostres de la desena cocció del forn i vam poder observar que les mostres tenien un bon aspecte.

Per tant, vam decidir que depenent de com sortissin les mostres de la següent cocció, agafaríem l'escala de temperatures de la desena cocció com a bona, és a dir, que arribés a 1200°C i es mantingués 1 minut.

ONZENA COCCIÓ

Codi	Dosificacions
FA1	90% fang + 10% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada coccio.



Mostres humides de la desena i onzena coccio.

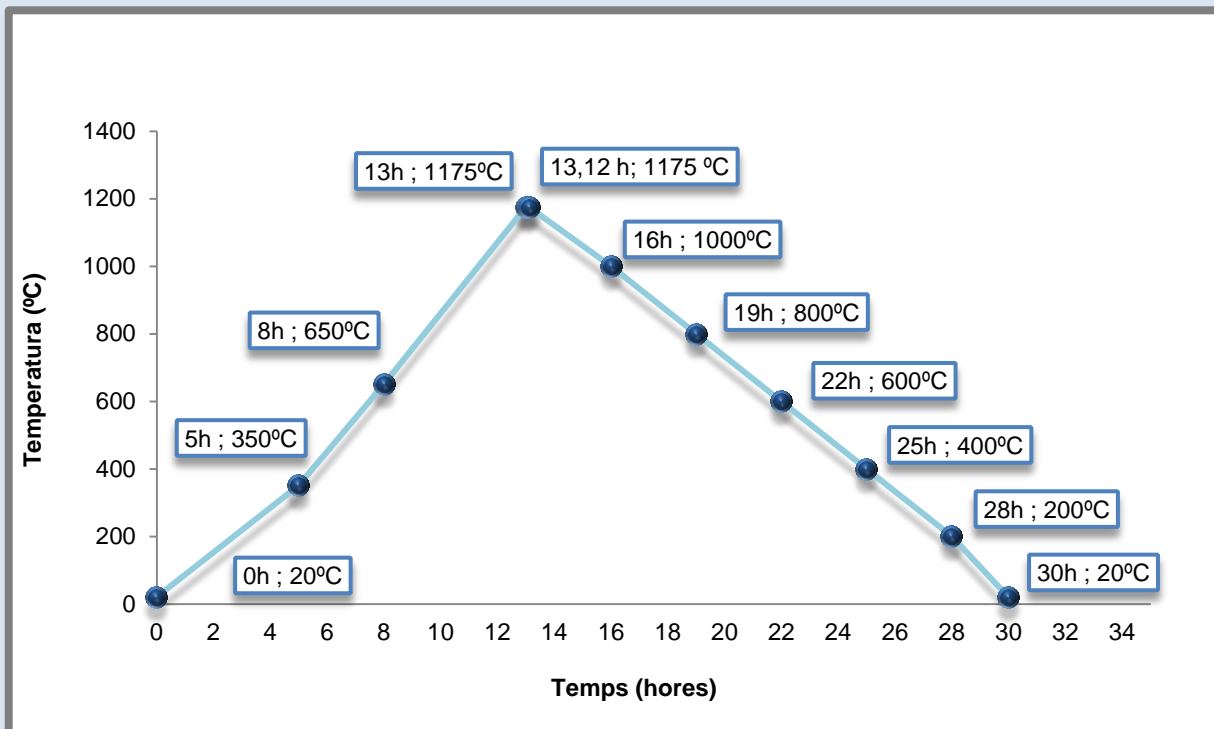
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres seques de la desena i onzena coccio sense cuire.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

A l'onzena coccio, quan les 4 mostres de FA1, que ja havíem fet, van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1175°C i es mantingués 12 minuts, com podem veure al gràfic següent.



Escala temperatures onzena coccio.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1175
12 minuts	1175
Refredament per ell mateix	



Mostres de la onzena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Vam extreure les mostres de l'onzena cocció del forn i vam poder observar que les mostres tenien tan bon aspecte com a la desena cocció, però en canvi, s'havien deformat més. Vam arribar a la conclusió, que això va ser a causa d'aplicar una temperatura alta i constant a la mostra, ja que aquesta es deforma menys si arriba a una temperatura i llavors baixa, és a dir, sense temps de permanència a temperatura màxima.

Per tant, vam decidir que l'escala de temperatures de la desena cocció era la idònia, és a dir, arribar a 1200°C i que es mantingués 1 minut.

DOTZENA COCCIÓ

Les mostres que vam fer a la dotzena cocció van ser 10 de la dosificació FA3.

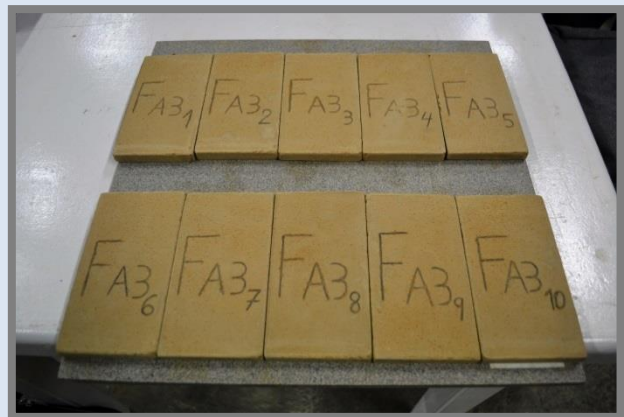
Codi	Dosificacions
FA3	70% fang + 30% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.



Mostres humides de la dotzena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres seques de la dotzena cocció sense coure.

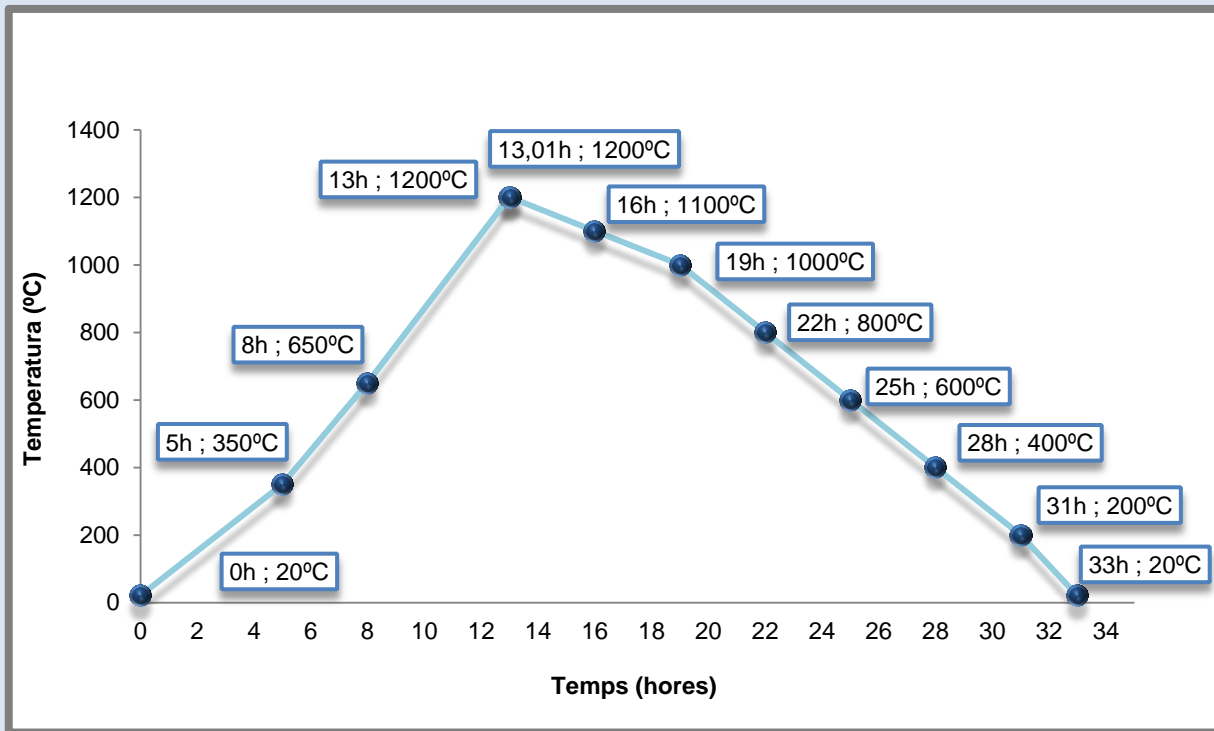
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Per tant, quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1200°C i es mantingués 1 minut, com podem veure al gràfic següent.



Mostres seques de la dotzena cocció al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Escala temperatures dotzena coccí.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
1 minut	1200
Refredament per ell mateix	

2. MEMÒRIA

Vam extreure les mostres de la dotzena cocció del forn i vam poder observar que les mostres havien quedat per una part cuites i per l'altra part crues. Vam arribar a la conclusió, que això podia ser a causa de posar-les a l'interior del "casset". Per tant, amb el resultat obtingut de la dotzena cocció, vam decidir repetir-la de nou un altre cop, ja que podria variar el resultat al fer els assaigs segons la normativa.



Mostres de la dotzena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

TRETZENA COCCIÓ

Les mostres que vam fer a la tretzena cocció van ser 9 de la dosificació F1, un altre cop.



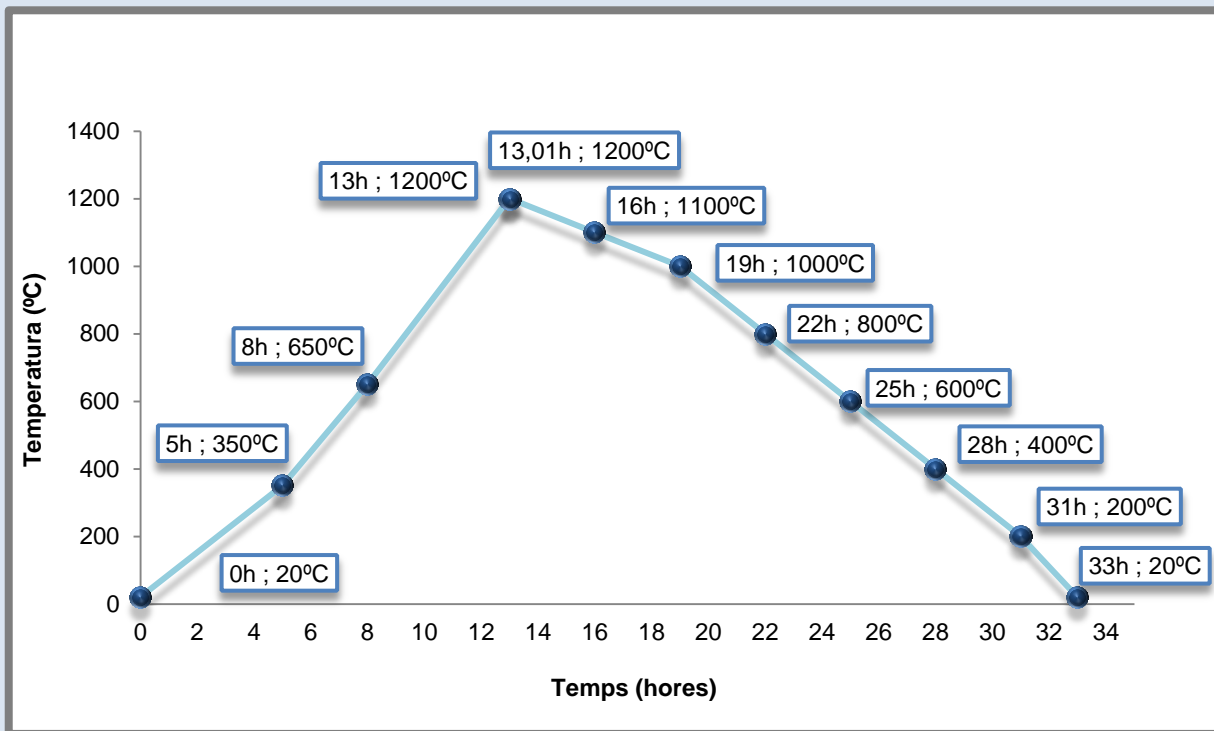
Mostres humides de la tretzena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Codi	Dosificacions
F1	100% fang + 20% totxo trinxat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.

A la tretzena cocció, quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1200°C i es mantingués 1 minut, com podem veure al gràfic següent.



Escala temperatures tretzena coccio.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
1 minut	1200
Refredament per ell mateix	

2. MEMÒRIA

Vam extreure les mostres de la tretzena cocció del forn i vam poder observar que les mostres tenien un bon aspecte. Per tant, amb el resultat obtingut de la tretzena cocció, vam decidir que aquestes ja les podríem donar per bones per a realitzar els assaigs de la normativa.

Després de la cocció, quan vam obrir el forn per treure-les ens vam fixar que la mida de les mostres s'havia reduït, ja que gairebé no tocaven el "casset" refractari que havíem posat per aguantar-les. Per tant, les mostres s'estaven aguantant totalment soles verticalment.



Mostres de la tretzena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Vam decidir, que per a les pròximes coccions trauríem el "casset" i posaríem les mostres verticals sense cap suport que les aguantés.

CATORZENA COCCIÓ

Les mostres que vam fer a la catorzena cocció van ser 9 de la dosificació FA5.



Mostres humides de la catorzena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Codi	Dosificacions
FA5	50% fang + 50% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.

A la catorzena cocció, quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1200°C i es mantingués 1 minut, com podem veure al gràfic següent.



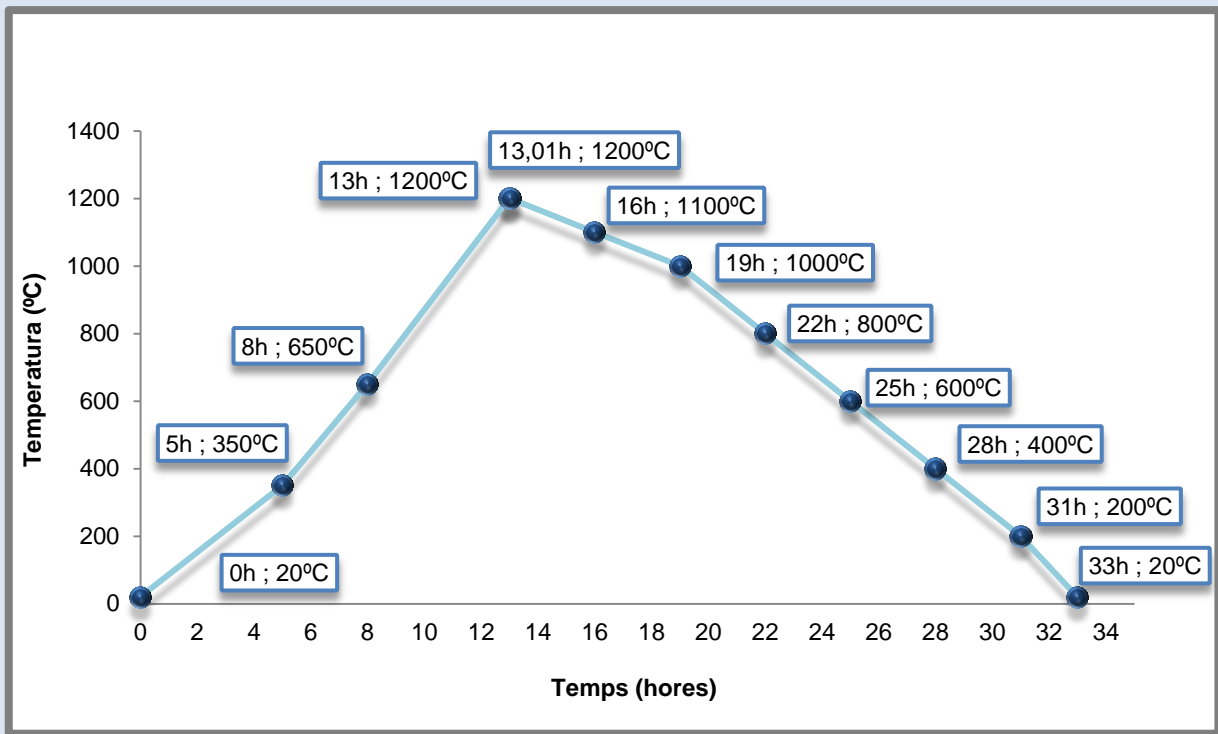
Mostres seques de la catorzena cocció al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

Aquestes mostres ja les vam posar al forn sense cap suport que les aguantés.

El "casset" refractari el vam posar de forma vertical, al costat de les mostres FA5, amb una mostra de la dosificació FA5 i l'altra mostra de la dosificació F1 de la novena cocció, a l'interior. Això ho vam fer per comprovar si les mostres es deformaven o no.



Escala temperatures catorzena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
1 minut	1200
Refredament per ell mateix	

2. MEMÒRIA

Vam extreure les mostres de la catorzena cocció del forn i vam poder observar que les mostres tenien un bon aspecte. Per tant, amb el resultat obtingut de la catorzena cocció, vam decidir que aquestes ja les podríem donar per bones per a realitzar els assaigs de la normativa.



Mostres de la catorzena cocció cuites dins al forn.

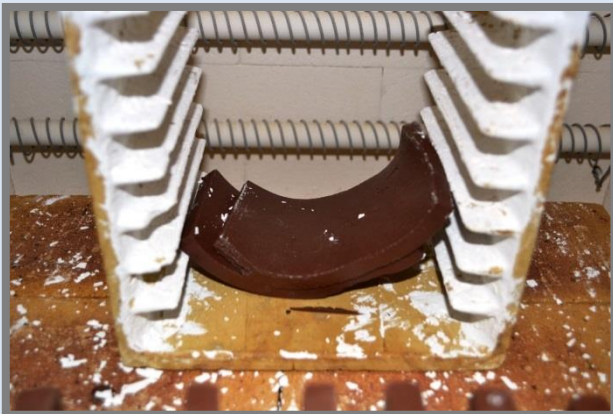
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres de la catorzena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Les úniques que s'havien deformat eren les dues mostres que havíem posat a dins del "casset" de forma vertical.



Mostres de la catorzena cocció deformatades dins el forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres de la catorzena cocció deformatades.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

QUINZENA COCCIÓ

Les mostres que vam fer a la quinzena cocció van ser 10 de la dosificació FA7.



Mostres humides de la quinzena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Codi	Dosificacions
FA7	30% fang + 70% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.

A la quinzena cocció, quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1200°C i es mantingués 1 minut, com podem veure al gràfic següent.

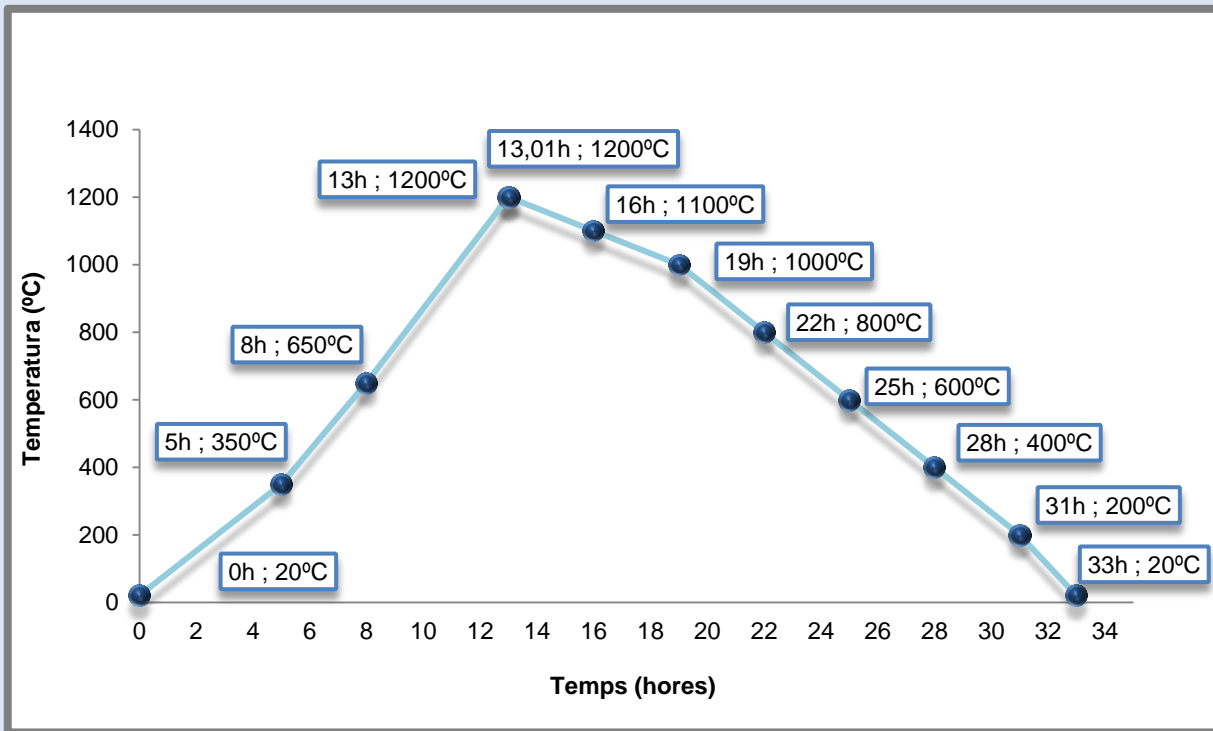


Mostres seques de la quinzena cocció al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

En aquesta cocció vam introduir a dins el forn, les mostres de la dosificació FA7 amb les mostres de la dosificació F1 de la novena cocció que ens havien sortit molt poc cuites. Així podríem saber quins canvis sorgirien en una segona cocció.



Escala temperatures quinzena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
1 minut	1200
Refredament per ell mateix	

2. MEMÒRIA

Vam extreure les mostres de la quinzena cocció del forn i vam poder observar que les mostres tenien un bon aspecte. Per tant, amb el resultat obtingut de la quinzena cocció, vam decidir que aquestes ja les podríem donar per bones per a realitzar els assaigs de la normativa.

Les úniques que s'havien deformat eren les mostres de la dosificació F1 de la novena cocció. Per tant, fer una segona cocció no era bo.



Mostres de la quinzena cocció cuites dins al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

SETZENA COCCIÓ

Les mostres que vam fer a la setzena cocció van ser 12 de diferents dosificacions amb diferents gruixos. Vam fabricar dues mostres de F1, FA1, FA3, FA5, FA7. Aquestes dues mostres eren especialment per a realitzar l'assaig de determinació de la resistència a flexió, ja que tenien diferents gruixos que les que havíem fabricat anteriorment.



Mostres humides de la setzena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



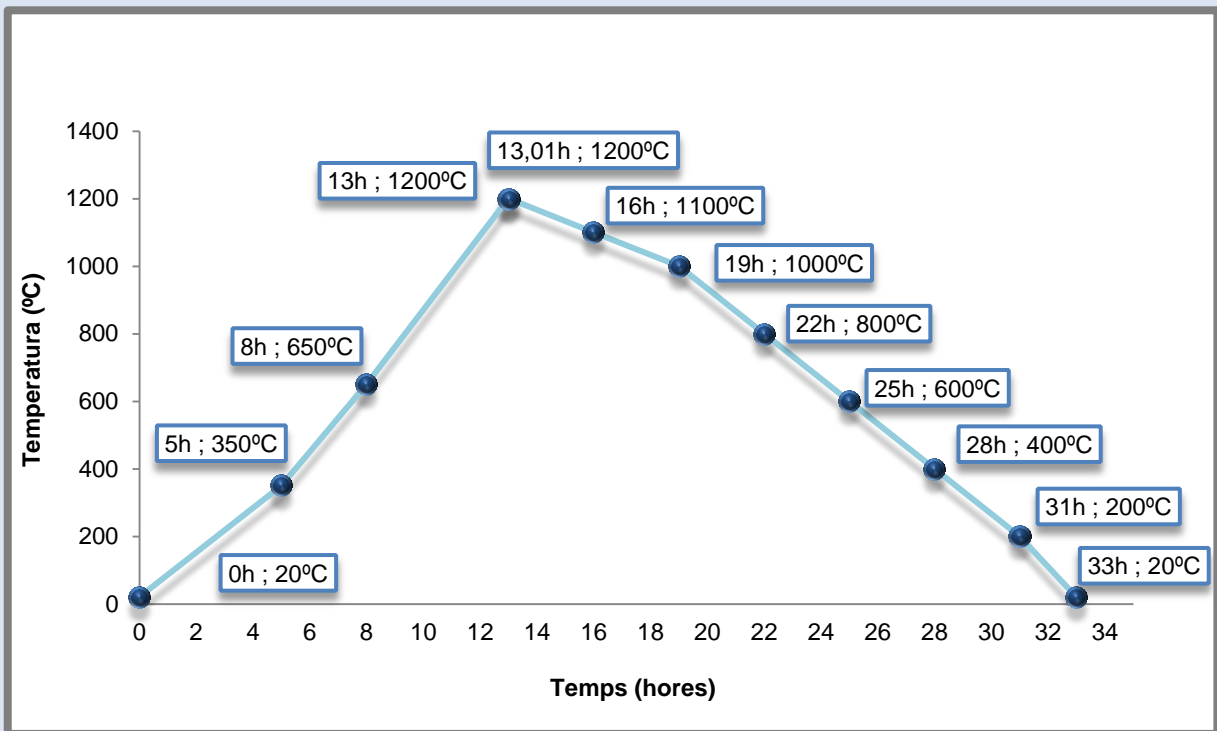
Mostres seques de la setzena cocció sense coure.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Codi	Dosificacions
F1 _{PiG}	100% fang + 20% totxo trinxat + 12% aigua
FA1 _{PiG}	90% fang + 10% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua
FA3 _{PiG}	70% fang + 30% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua
FA5 _{PiG}	50% fang + 50% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua
FA7 _{PiG}	30% fang + 70% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua
X _{1i2}	100% fang + 20% totxo trinxat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.

A la setzena cocció, quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1200°C i es mantingués 1 minut, com podem veure al gràfic següent.



Escala temperatures setzena coccio.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
1 minut	1200
Refredament per ell mateix	



Mostres seques de la setzena cocció al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Vam extreure les mostres de la setzena cocció del forn i vam poder observar que les mostres tenien un bon aspecte. Per tant, amb el resultat obtingut de la setzena cocció, vam decidir que aquestes ja les podríem donar per bones per a realitzar els assaigs de la normativa.



Mostres de la setzena cocció cuites dins al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres de la setzena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

DISSETENA COCCIÓ

Les mostres que vam fer a la dissetena cocció van ser 10 de la dosificació FA3, ja que les que havíem fet anteriorment s'havien cuit malament. També vam fer unes mostres de la dosificació FA1, ja que a l'onzena cocció havien sortit malament.



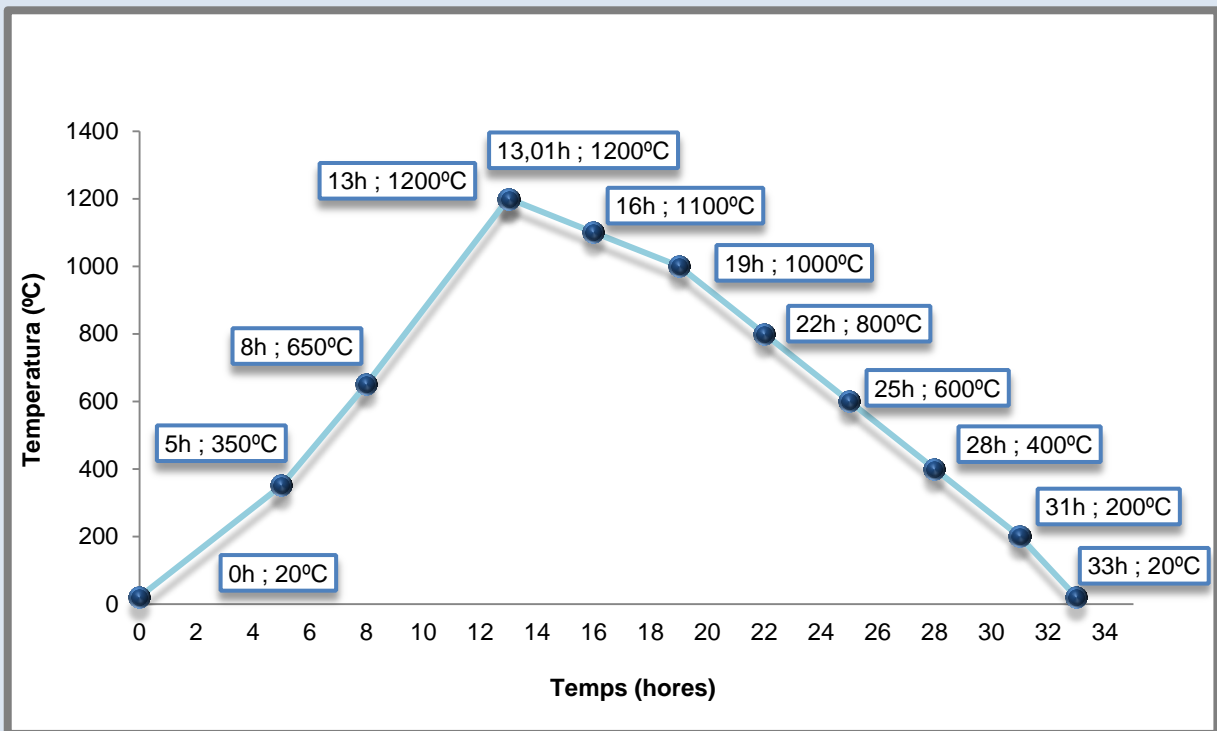
Mostres humides de la dissetena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Codi	Dosificacions
FA1	90% fang + 10% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua
FA3	70% fang + 30% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.

A la dissetena cocció, quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1200°C i es mantingués 1 minut, com podem veure al gràfic següent.



Escala temperatures dissetena coccí.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
1 minut	1200
Refredament per ell mateix	

2. MEMÒRIA

Vam extreure les mostres de les dues dosificacions de la dissetena cocció del forn i vam poder observar que les mostres tenien un bon aspecte. Per tant, amb el resultat obtingut de la dissetena cocció, vam decidir que aquestes ja les podríem donar per bones per a realitzar els assaigs de la normativa.

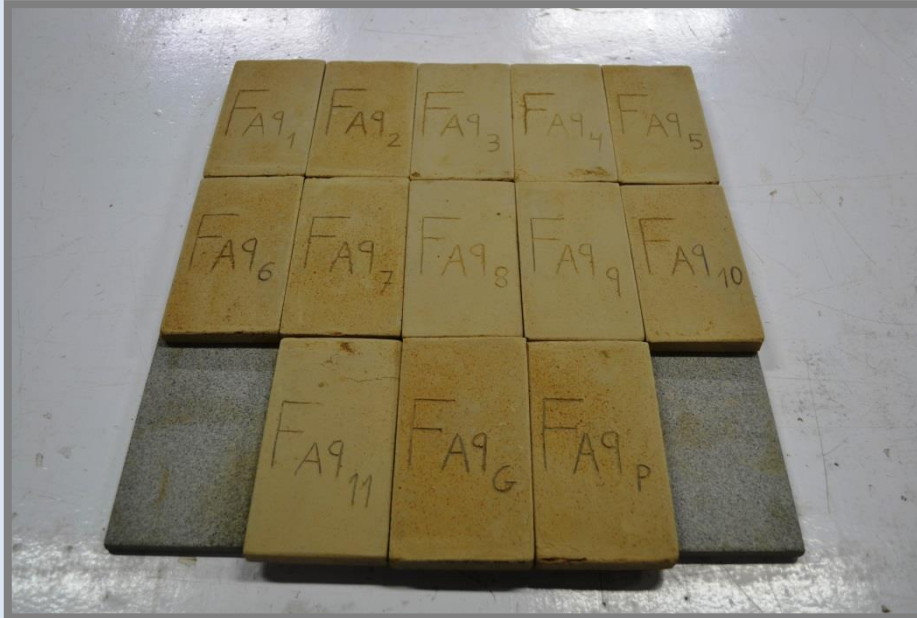


Mostres de la dissetena cocció cuites dins al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

DIVUITENA COCCIÓ

Les mostres que vam fer a la divuitena cocció van ser 13 de la dosificació FA9. D'aquestes 13 mostres de la dosificació FA9, hi havia 2 mostres que les havíem fet amb més gruix.



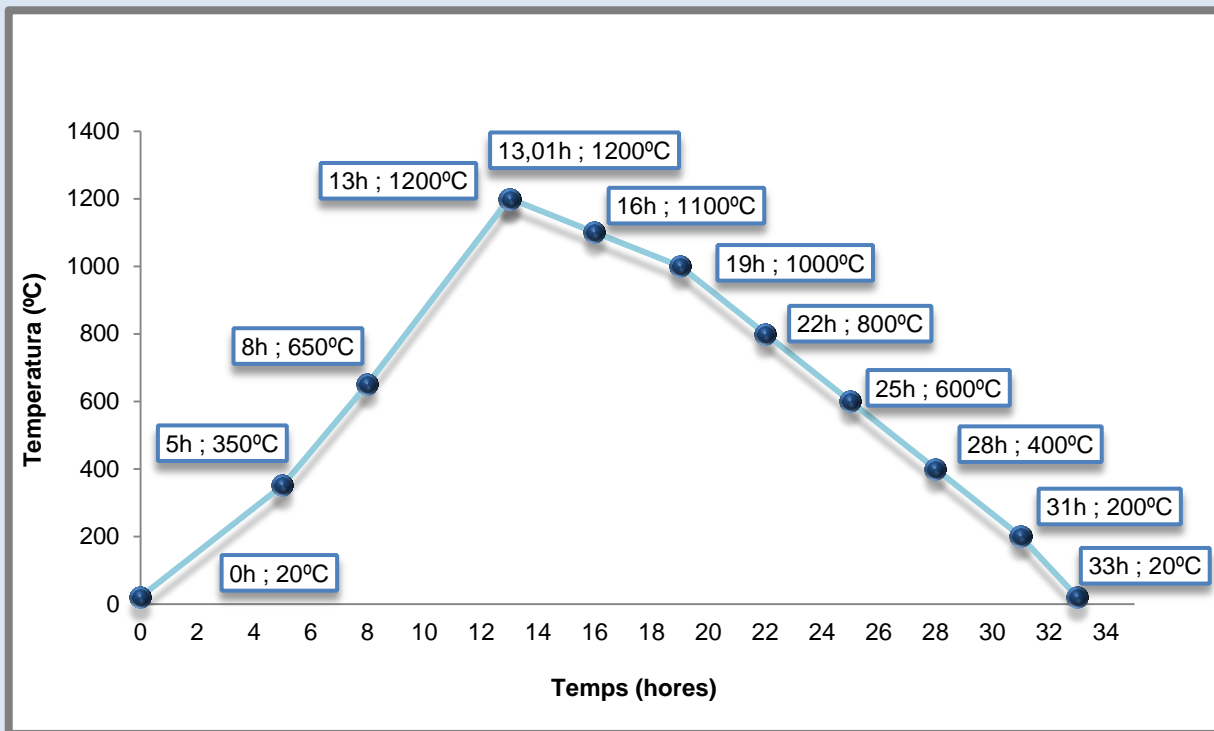
Mostres seques de la divuitena cocció sense coure.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Codi	Dosificacions
FA9	10% fang + 90% argila PEN + 20% totxo trinxat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.

A la divuitena cocció, quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1200°C i es mantingués 1 minut, com podem veure al gràfic següent.



Escala temperatures divuitena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
1 minut	1200
Refredament per ell mateix	

2. MEMÒRIA

Vam extreure les mostres de la divuitena cocció del forn i vam poder observar que les mostres tenien un bon aspecte. Per tant, amb el resultat obtingut de la divuitena cocció, vam decidir que aquestes ja les podríem donar per bones per a realitzar els assaigs de la normativa.



Mostres de la divuitena cocció cuites dins al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

DINOVENA COCCIÓ

Les mostres que vam fer a la dinovena cocció van ser 4 d'unes noves dosificacions. Aquestes 4 dosificacions eren amb uns nous materials que ens havien facilitat l'empresa Ceràmica Ferrés S.A. Aquests materials els vam incorporar a les nostres mostres per provar de reduir el problema de la deformació.

Un dels materials que ens van facilitar va ser una xamota de refractari triturat granulat. La xamota té la funció d'aglutinant i això fa que la mostra no es deformi. També un altre material que ens van facilitar va ser el feldspat, aquest fon a temperatures properes als 1200°C. Aquest, és un material fundent la finalitat del qual és reduir la porositat de la mostra.



Xamota de refractari triturat granulat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Feldspat, material fundent.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Codi	Dosificacions
FA5M	50% fang + 50% argila vermella xamotada + 30% xamota refractari triturat granulat 20% fundent feldspat + 12% aigua
FA5M1	50% fang + 50% argila PEN + 30% xamota refractari triturat granulat 20% fundent totxo triturat + 12% aigua
FA5M2	50% fang + 50% argila PEN + 30% xamota refractari triturat granulat 20% fundent totxo triturat + 12% aigua
FA1M	90% fang + 10% argila vermella xamotada + 30% xamota refractari triturat granulat 20% fundent totxo triturat + 12% aigua

A l'ANNEX 2 es recullen totes les dades referents a les mostres de cada cocció.

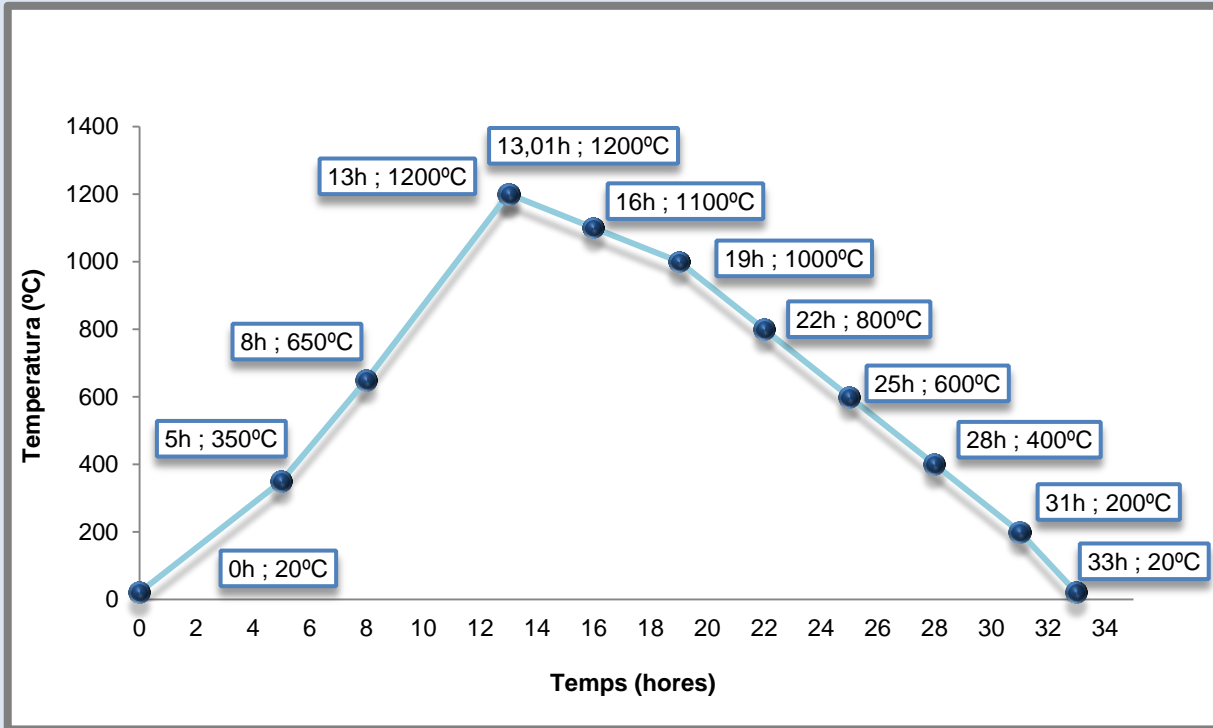


Mostres seques de la dinovena cocció sense coure.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

2. MEMÒRIA

A la dinovena cocció, quan les mostres van estar seques després d'estar a l'estufa de dessecació, les vam introduir al forn a una escala de temperatures que arribés a 1200°C i es mantingués 1 minut, com podem veure al gràfic següent.



Escala temperatures divuitena cocció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Temps (hores)	Temperatura (°C)
0	20
De 0 a 5	350
De 5 a 8	650
De 8 a 13	1200
1 minut	1200
Refredament per ell mateix	

2. MEMÒRIA

Vam extreure les mostres de la dinovena cocció del forn i vam poder observar que les mostres tenien un bon aspecte. Amb aquests materials nous havíem solucionat el problema de la deformació, ja que aquestes no s' havien deformat gens.

Per tant, amb el resultat obtingut de la dinovena cocció, vam decidir que aquestes ja les podríem donar per bones per a realitzar els assaigs de la normativa.



Mostres de la dinovena cocció cuites dins al forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres de la dinovena cocció cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

3. EXPERIÈNCIES DEL COMPORTAMENT TÈRMIC

3.1. CÀLCUL DE LA CONTRACTACIÓ LINEAL I PÈRDUA DE MASSA PER CALCINACIÓ

Les pastes ceràmiques són compostes de pólvores reactives, com les argiles i el feldspat, i pólvores inerts, com la xamota.

Les pólvores reactives uneixen les pólvores inerts i omplen els espais buits, en canvi, les pólvores inerts s'empaqueten dins la peça deixant espais intersticials. Per a minimitzar la porositat es mesclen pólvores de diferents mides, omplint les més fines els espais buits entre les més grans.

La xamota s'utilitza com a desengreixant i fa disminuir la plasticitat de les pastes ceràmiques, és a dir, assegura la consistència en moll de la peça crua i durant la cocció.

A l'inici d'aquest projecte, vam partir d'un material conformat a partir d'argila, fang de la central de tractament d'àrids i sorra normalitzada. Aquest va ser obtingut amb una prova de cocció de maons ceràmics a alta temperatura.

A partir d'aquest material, es pretén obtenir peces amb característiques semblants al gres.

En l'apartat d'anàlisi de l'evolució i incidències en el procés d'estudi de les mostres, s'han analitzat totes aquelles incidències que ens han sorgit fins a trobar una composició que podria ser apta per a la fabricació de rajoles per a paviments.

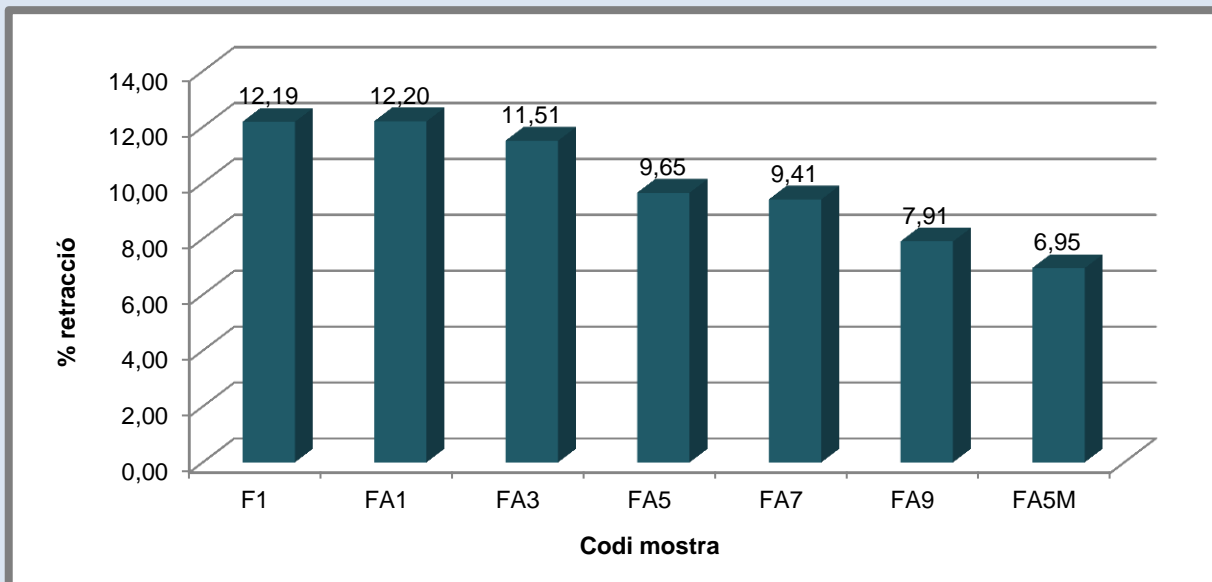
A continuació s'analitzen diverses característiques de les mostres, que no es controlen en el procés de fabricació, però que s'han de tenir en compte a l'etapa inicial d'estudi dels materials i comportament de les mostres abans i després de l'etapa de cocció.

CÀLCUL DE LA CONTRACCIÓ LINEAL

La contracció lineal consisteix en la reducció de les dimensions lineals expressant-se en % de la mesura inicial de la peça crua.

La retracció d'origen tèrmic succeeix a causa de que en el procés de cocció els components fusibles de l'argila es fonen i les partícules d'aquesta s'aproximen en els llocs de contacte. La retracció d'origen tèrmic pot oscil·lar habitualment entre un 2% - 8%, segons el tipus d'argila utilitzada.

Les dades de la taula i la gràfica següent, s'han obtingut calculant el % de contracció de totes les mostres de cada dosificació de l'ANNEX 2, i agafant el valor mig de l'amplada, longitud i gruix.



Gràfic % contracció lineal mitjana de totes les mostres. Font: Pròpia

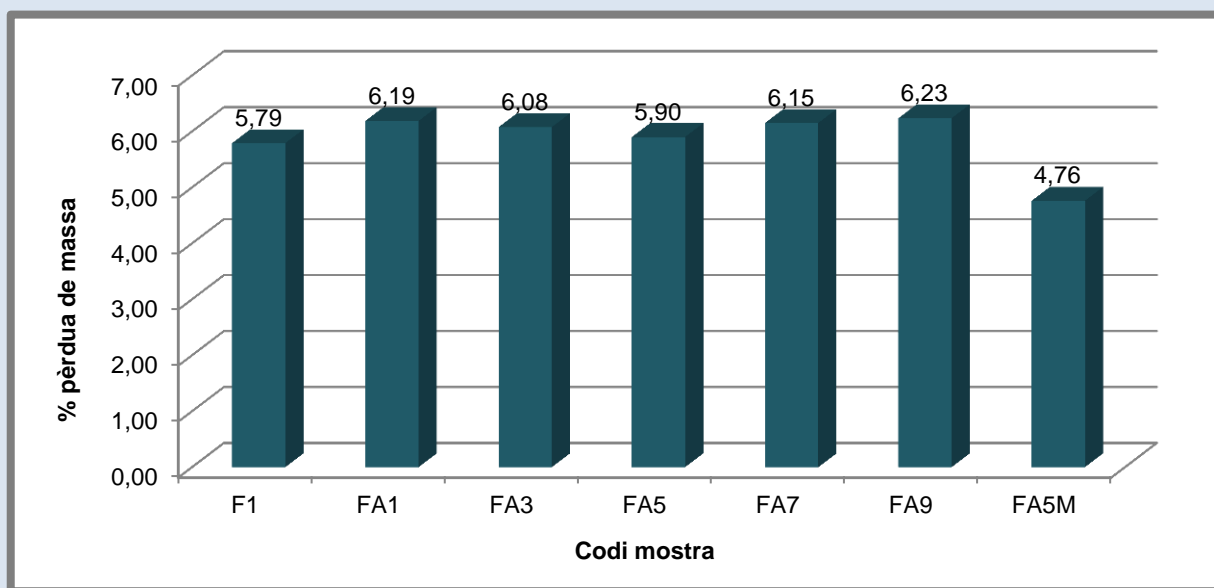
Analitzant els resultats obtinguts s'observa una clara tendència, quant més percentatge de fang conté la mostra, més es contrau. Per tant, les mostres amb més contingut de fang poden presentar deformacions més significatives després de l'etapa de cocció.

En el cas de la mitjana de contracció de les mostres FA5M, aquesta baixa retracció és deguda a la incorporació d'un 30% de xamota de totxo refractari a les dosificacions. Com ja s'ha esmentat anteriorment, la xamota s'utilitza com a desengreixant i fa disminuir la plasticitat de les pastes ceràmiques i per tant, assegura la consistència en moll, de la mostra crua i durant la cocció.

PÈRDUA DE MASSA PER CALCINACIÓ

La pèrdua de massa per calcinació és deguda a la descomposició dels carbonats naturals presents al material, pèrdua d'aigua estructural dels minerals argilosos i combustió de la possible matèria orgànica existent. Aquesta s'expressa en % de la mesura inicial de la peça crua.

Les dades de la taula i la gràfica següent, s'han obtingut calculant el % de retracció de totes les mostres de cada dosificació de l'ANNEX 2, i agafant el valor mig de la massa de la mostra crua i la massa de la mostra cuita.



Gràfic % pèrdua de massa per calcinació de totes les mostres. Font: Pròpia

Analitzant els resultats obtinguts, s'observa que la pèrdua de massa per calcinació no té relació directa amb el contingut de fang de les mostres, ja que s'observa un valor pràcticament constant que varia entre 5,79% i 6,23%.

En el cas de les mitjana de pèrdua de massa per calcinació de les mostres FA5M s'observa que s'ha reduït aquest valor. Això és degut a que a les seves dosificacions s'hi ha afegit un 30% de xamota de totxo refractari. Aquest material no té una pèrdua de massa degut a la calcinació, ja que aquest ja va experimentar aquesta reacció en la seva etapa de conformat i per tant redueix el valor mitjà de pèrdua de massa de les mostres.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

4.1. ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE L'ABSORCIÓ D'AIGUA

INTRODUCCIÓ

L'absorció d'aigua és la capacitat màxima de retenció d'aigua dins de la xarxa capil·lar del material ceràmic.

Aquesta característica identifica la naturalesa del cos ceràmic pel que fa a estructura interna i està directament relacionada amb la resistència mecànica (mesurada per la força i el mòdul de flexió) i amb altres característiques que afecten a la durabilitat de la rajola, especialment en rajoles no esmaltades, com ara la resistència a l'abració profunda, a les taques i als cicles gel/desgel.

La norma "UNE-EN 14411:2013 BALDOSAS CERAMICAS: Definiciones, clasificación, características i marcado", es basa amb la capacitat d'absorció d'aigua, juntament amb el sistema de conformat de les peces, com a mètode per a distingir els diferents grups:

Segons el sistema de conformat

- Grup A: Extrusionades
- Grup B: Premsades en sec

Segons la capacitat d'absorció d'aigua

- Grup I: Són aquelles rajoles la capacitat d'absorció de les quals és igual o inferior al 3%, amb una subdivisió "I_a" per a aquelles rajoles amb capacitat d'absorció d'aigua igual o inferior al 0,5%, i "I_b" per a les rajoles amb capacitat d'absorció d'aigua entre el 0,5 i el 3%
- Grup II_a: Són aquelles rajoles amb capacitat d'absorció major al 3% i menor o igual al 6%.
- Grup II_b: Són aquelles rajoles amb capacitat d'absorció major al 6% i menor o igual al 10%.
- Grup III: Són aquelles rajoles amb capacitat d'absorció major al 10%.

Moldeo	Absorción de agua (E_b)			
	Grupo I $E_b \leq 3\%$	Grupo II _a $3\% < E_b \leq 6\%$	Grupo II _b $6\% < E_b \leq 10\%$	Grupo III $E_b > 10\%$
Método A Extruidas	Grupo AI _a $E_b \leq 0,5\%$ (véase el anexo L)	Grupo AII _{a,1} ^a (véase el anexo B)	Grupo AII _{b,1} ^a (véase el anexo D)	Grupo AIII (véase el anexo F)
	Grupo AI _b $0,5\% < E_b \leq 3\%$ (véase el anexo A)	Grupo AII _{a,2} ^a (véase el anexo C)	Grupo AII _{b,2} ^a (véase el anexo E)	
Método B Prensadas en seco	Grupo BI _a $E_b \leq 0,5\%$ (véase el anexo G)	Grupo BII _a (véase el anexo I)	Grupo BII _b (véase el anexo J)	Grupo BIII ^b (véase el anexo K)
	Grupo BI _b $0,5\% < E_b \leq 3\%$ (véase el anexo H)			

^a Los grupos AII_a y AII_b se subdividen en dos partes (partes 1 y 2) con diferentes especificaciones de producto. La parte 1 incluye la mayoría de las baldosas en este grupo; la parte 2 incluye productos específicos que se fabrican bajo distintas denominaciones (por ejemplo *terre cuite* en Francia y en Bélgica, *cotto* en Italia y baldosin catalán en España).

^b El grupo BIII incluye solo a las baldosas cerámicas esmaltadas. Hay una pequeña cantidad de baldosas prensadas en seco no esmaltadas con absorción de agua mayor de 10% que no se incluyen en este grupo de producto.

Classificació de les rajoles ceràmiques segons l'absorció d'aigua i el mètode d'emmotllament.

Font: UNE-EN 14411

EQUIP

- Estufa de dessecació: Capaç de funcionar a $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- Recipient en el qual es realitza l'ebullició.
- Font de calor.
- Balança.
- Dessecador.

PROCEDIMENT

L'objectiu d'aquest assaig és determinar l'absorció d'aigua de les mostres mitjançant la norma "UNE-ISO 10545-3:1997, BALDOSAS CERÀMICAS, PARTE 3: Determinación de la absorción de agua".

Hi ha dos mètodes per impregnar d'aigua els porus oberts de les mostres: per ebullició i al buit. L'ebullició permet la impregnació dels porus oberts que es puguin omplir fàcilment, en canvi, el mètode del buit permet l'ompliment de quasi tots els porus oberts.

El mètode d' ebullició ens permet la classificació i la caracterització de les rajoles segons la norma "UNE-EN 14411:2013, BALDOSAS CERÀMICAS, Definiciones, clasificación, características i marcado".

Per tant, hem optat realitzar l'assaig segons el mètode d'ebullició, ja que aquest ens permet la classificació i la caracterització de les rajoles. Una altra raó per la qual hem escollit aquest mètode ha estat pel procediment i l'equip necessari per a realitzar-lo.

El procediment que s'ha fet servir per realitzar el mètode d'ebullició ha estat el següent:

Assecar les mostres a l'estufa d'assecat graduada a $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ fins a obtenir una massa constant, és a dir, fins que la diferència de massa entre les dues pesades successives, efectuades amb un interval de 24h, sigui inferior al 0,1%.



Estufa d'assecat amb les mostres a l'interior.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

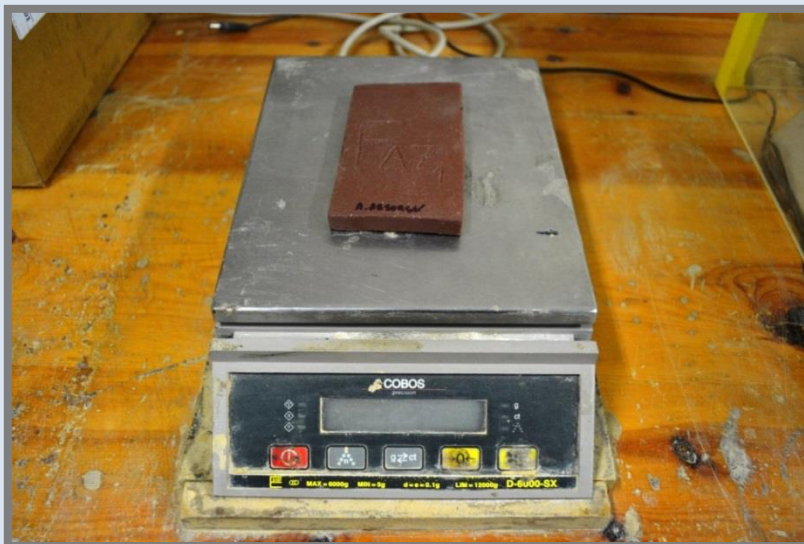
Deixar refredar les mostres fins a temperatura ambient en un dessecador amb gel de sílice o qualsevol altre agent dessecador apropiat que no sigui un àcid.



Dessecador de gel de sílice amb les mostres a l'interior.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Pesar cada mostra i anotar els resultats.



Pesant la mostra seca a la balança.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

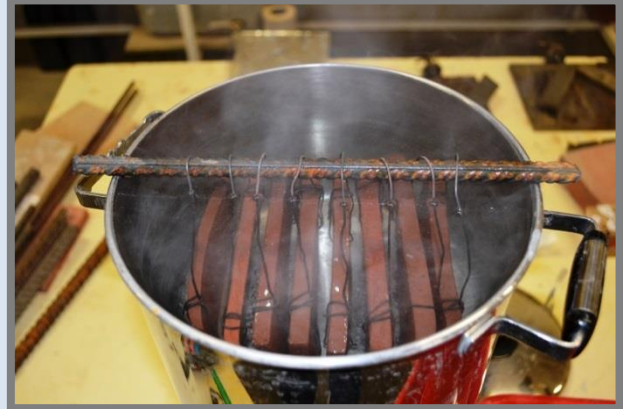
4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Impregnació de agua mitjançant el mètode d'ebullició: Col·locar les mostres verticalment a l'escalfador ple d'aigua sense que es toquin, de forma que el nivell d'aigua, per sobre i per sota de les mostres sigui de 5 cm, com a mínim. Mantenir el nivell d'aigua a 5 mm per sobre de les mostres durant tot l'assaig. Portar l'aigua a ebullició i mantenir-la així durant 2h.



Introduint les mostres dins de l'escalfador.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres verticals a l'interior de l'escalfador.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Escalfador.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Retirar a continuació la font de calor i deixar refredar les mostres fins arribar a temperatura ambient, mantenint-les submergides durant $4h \pm 15min$ amb aigua a temperatura ambient. Humitejar un drap i escorre'l, per assecar lleugerament cada cara de les mostres.



Introduint mostres a l'aigua a temperatura ambient.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres amb aigua a temperatura ambient.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Immediatament després, pesar cada mostra i anotar els resultats amb la mateixa precisió que les mostres en sec.



Pesat la mostra humida a la balança.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

Per a cada rajola el coeficient d'absorció d'aigua, $E_{(b)}$, expressat com a percentatge de massa seca, es calcula mitjançant l'equació:

$$E_b = \frac{m_{2b} - m_1}{m_1} \times 100$$

On:

m_1 és la massa de la mostra seca

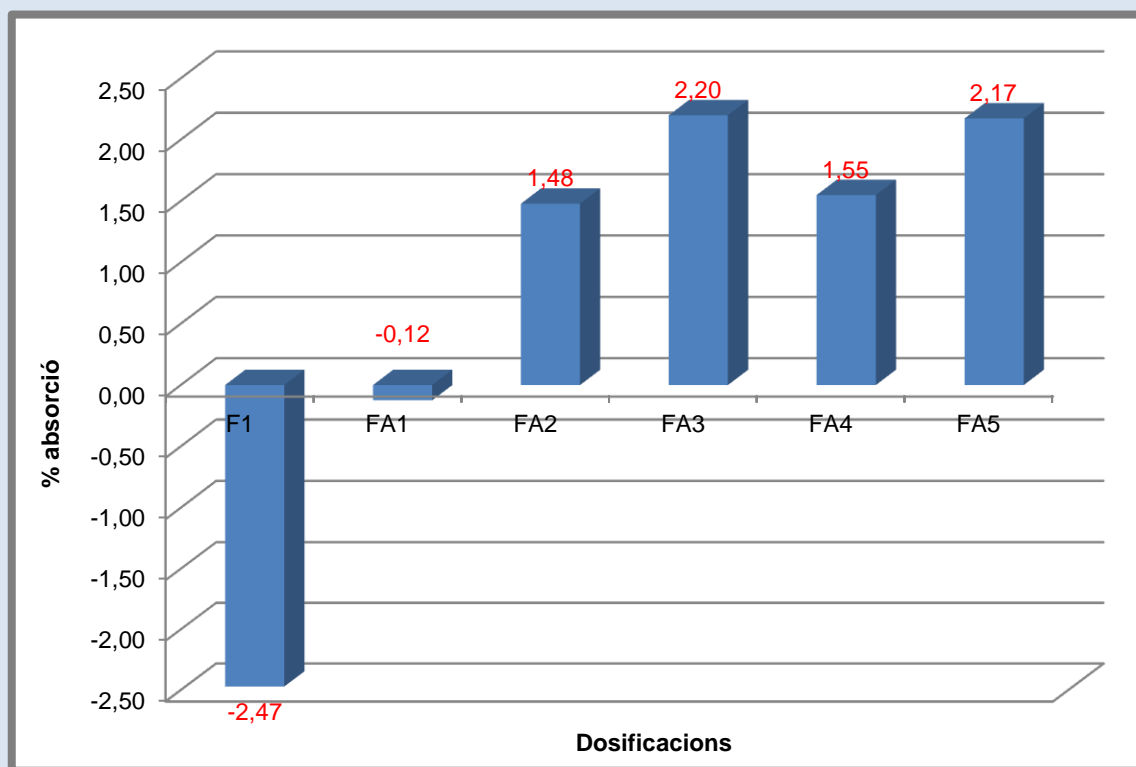
m_{2b} és la massa de la mostra humida

RESULTATS DE L'ASSAIG

Estudi previ de les mostres

- Segona cocció

Codi	Pesos de la mostra (g)		Absorció (%)	Observacions
	Cuita i seca	Humida		
F1	323,8	315,8	-2,47	Resultat erroni (s'ha després material)
FA1	321,5	321,1	-0,12	
FA2	324,7	329,5	1,48	
FA3	322,9	330	2,20	
FA4	322,7	327,7	1,55	
FA5	317,5	324,4	2,17	



Gràfic % d'absorció de les mostres de la segona coccio. Font: Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

L'assaig d'absorció de la segona cocció ens va donar erroni, ja que es va desprendre material de les mostres durant l'assaig i degut això, la massa de les mostres va variar, com podem observar a les fotografies següents:



Extraient mostres cocció 2 de l'assaig d'absorció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Extraient mostres cocció 2 de l'assaig d'absorció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Pèrdua de material de les mostres de la cocció 2.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



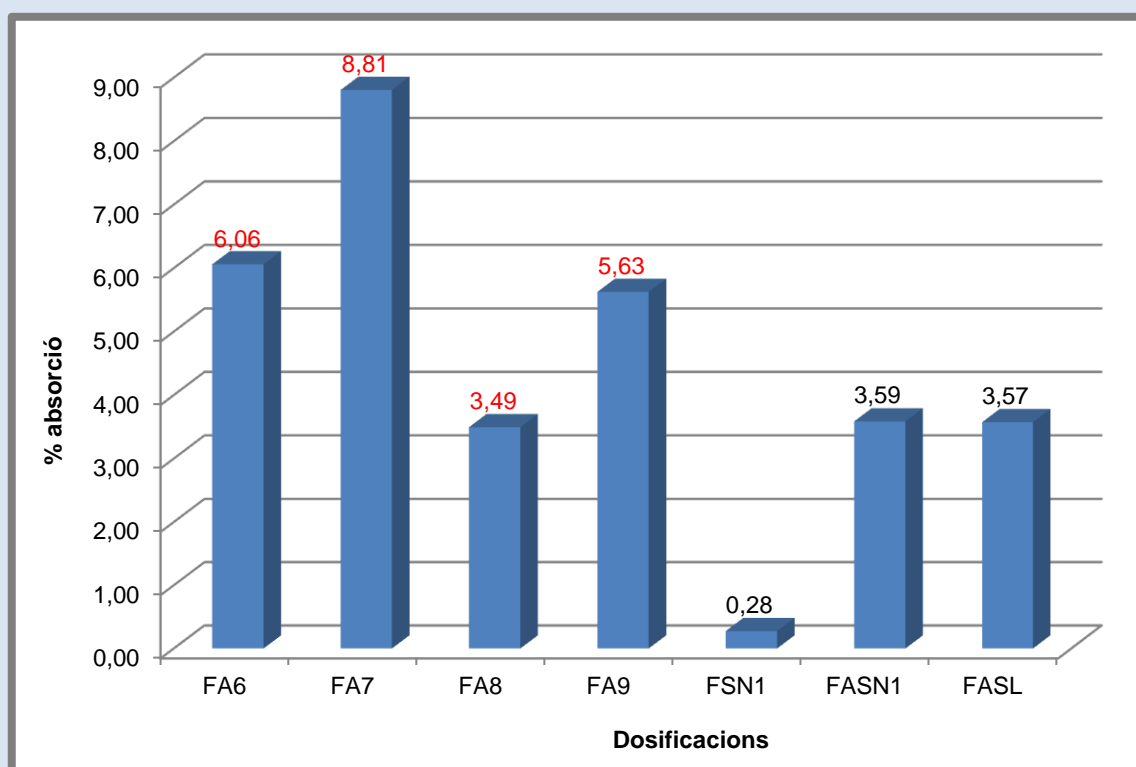
Mostres cocció 2 després d'assaig d'absorció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Tercera cocció

Codi	Pesos de la mostra (g)		Absorció (%)	Observacions
	Cuïta i seca	Humida		
FA6	321,8	341,3	6,06	Resultat erroni (s'ha després material)
FA7	319,1	347,2	8,81	
FA8	323,4	334,7	3,49	
FA9	318,2	336,1	5,63	
FSN1	327,1	328	0,28	No s'ha després material
FASN1	326,3	336,8	3,22	
FASL	327,4	339,1	3,57	



Gràfic % d'absorció de les mostres de la tercera cocció. Font: Pròpia

L'assaig d'absorció de la tercera cocció ens va donar erroni per a les mostres FA6, FA7, FA8 i FA9, ja que es va desprendre material de les mostres durant l'assaig i degut això, la massa de les mostres va variar. En canvi, les mostres FSN1, FASN1 i FASL no es va desprendre material i vam poder obtenir resultats.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Podem observar una relació en funció de l'absorció respecte a les proporcions de material de cada dosificació, és a dir, quant més contingut de fang a la dosificació, més baixa és l'absorció d'aigua, com podem veure a la mostra FSN1, FASN1 i FASL.



Mostres cocció 3 després d'assaig d'absorció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres cocció 3 amb material després.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



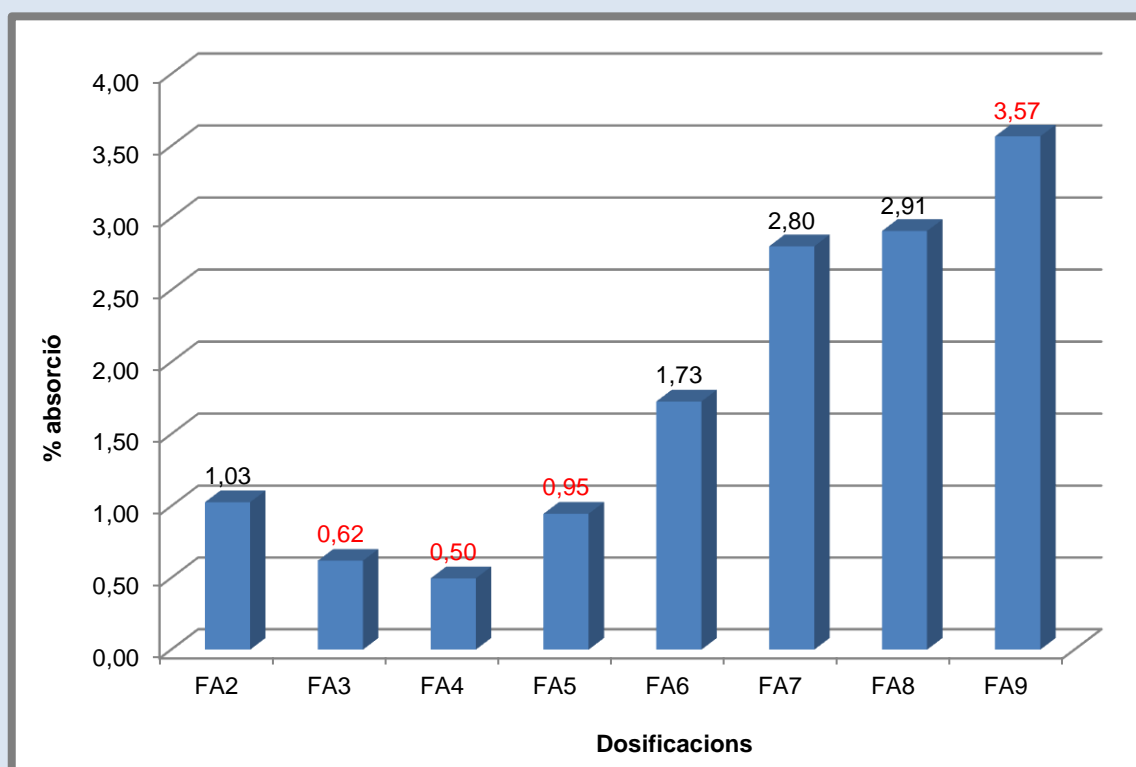
Mostres cocció 3 sense material després.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Quarta cocció

Codi	Pesos de la mostra (g)		Absorció (%)	Observacions
	Cuïta i seca	Humida		
FA2	321,2	324,5	1,03	No s'ha després material
FA3	322,7	324,7	0,62	Resultat erroni (s'ha després material)
FA4	322	323,6	0,50	
FA5	327,4	330,5	0,95	
FA6	324,3	329,9	1,73	No s'ha després material
FA7	324,5	333,6	2,80	
FA8	323	332,4	2,91	
FA9	319,6	331	3,57	Resultat erroni (s'ha després material)



Gràfic % d'absorció de les mostres de la quarta cocció. Font: Pròpia

L'assaig d'absorció de la quarta cocció ens va donar erroni per a les mostres FA3, FA4, FA5 i FA9, ja que es va desprendre material de les mostres durant l'assaig i degut això, la massa de les mostres va variar. En canvi, les mostres FA2, FA6, FA7 i FA8 no es va desprendre material i vam poder obtenir resultats.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

En aquesta cocció, també podem observar una relació en funció de l'absorció respecte a les proporcions de material de cada dosificació, és a dir, quant més contingut de fang a la dosificació, més baixa és l'absorció d'aigua.



Extraient mostres cocció 4 de l'assaig d'absorció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Pèrdua de material de les mostres de la cocció 4.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



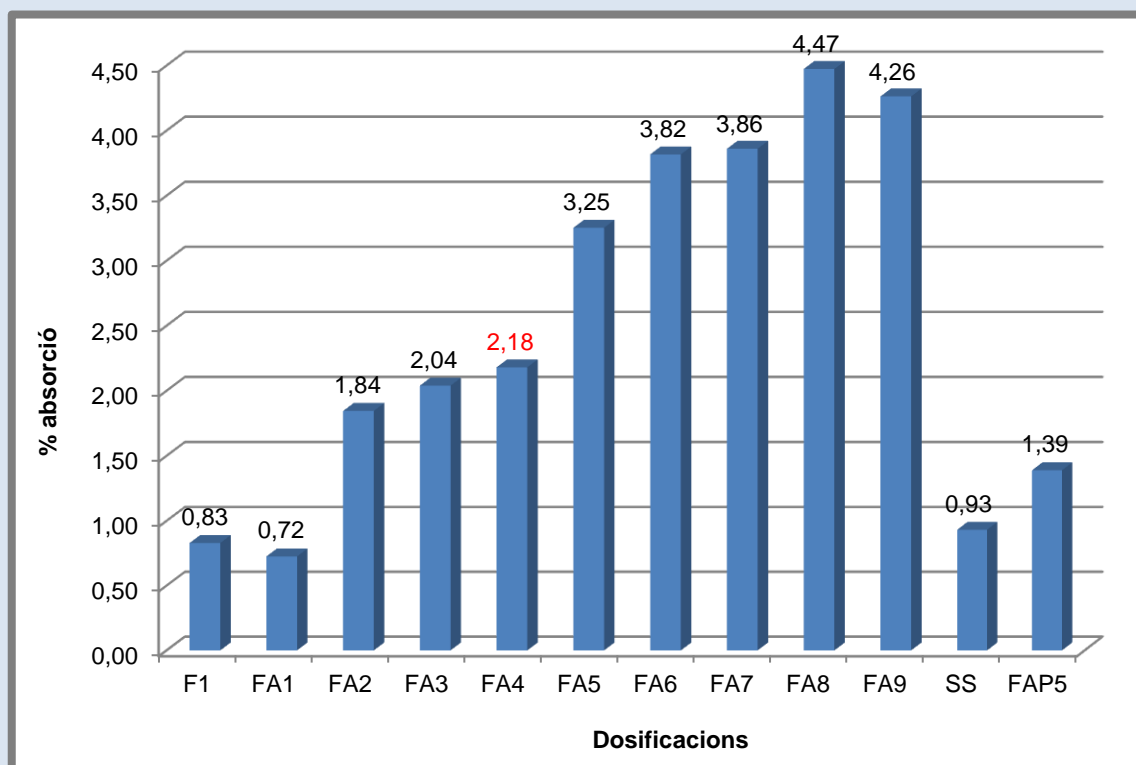
Mostres cocció 4 després d'assaig d'absorció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- **Cinquena cocció**

Codi	Pesos de la mostra (g)		Absorció (%)	Observacions
	Cuïta i seca	Humida		
F1	325,9	328,6	0,83	No s'ha després material
FA1	331,2	333,6	0,72	
FA2	330,7	336,8	1,84	
FA3	328,5	335,2	2,04	
FA4	330,2	337,4	2,18	Resultat erroni (s'ha després material)
FA5	328,9	339,6	3,25	No s'ha després material
FA6	327,5	340	3,82	
FA7	329	341,7	3,86	
FA8	328,6	343,3	4,47	
FA9	321,4	335,1	4,26	
SS	268,6	271,1	0,93	
FAP5	324	328,5	1,39	



Gràfic % d'absorció de les mostres de la cinquena cocció. Font: Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Com a la cinquena cocció hi havia moltes mostres per fer l'assaig d'absorció, vam dividir-les en dues tongades. Per tant, a la primera tongada vam assajar les mostres F1, FA1, FA2, FA3, FA4 i FA5 i a la segona tongada vam assajar les mostres FA6, FA7, FA8, FA9, SS i FAP5.

L'assaig d'absorció de la cinquena cocció ens va donar erroni només per a la mostra FA4, ja que es va desprendre material de les mostres durant l'assaig i degut això, la massa de les mostres va variar. En canvi, les mostres F1, FA1, FA2, FA3, FA5, FA6, FA7, FA8, FA9, SS i FAP5 no es va desprendre material i vam poder obtenir resultats.

En aquesta cocció, també podem observar una relació en funció de l'absorció respecte a les proporcions de material de cada dosificació, és a dir, quant més contingut de fang a la dosificació, més baixa és l'absorció d'aigua.

Comparant les mostres SS i FA5, que tenen una composició igual de fang i argila, podem observar que la mostra SS ens ha donat un valor molt baix d'absorció (0,93%), ja que hauria de ser més o menys igual que el de la mostra FA5 (3,25%). Això és degut a la falta d'àrid a la mostra SS, que fa que no hi hagi tanta porositat i que sigui més impermeable.

També, comparant les mostres FA5 i FAP5, que tenen una composició igual de fang i argila, podem observar que la mostra FAP5 (1,39%) ens ha donat un valor baix d'absorció, ja que hauria de ser més o menys igual que el de la mostra FA5 (3,25%). Això és degut a que a l'hora de premsar la mostra FAP5, es va premsar a 10 kg/cm², en comparació de les altres que es van premsar a 2 kg/cm².



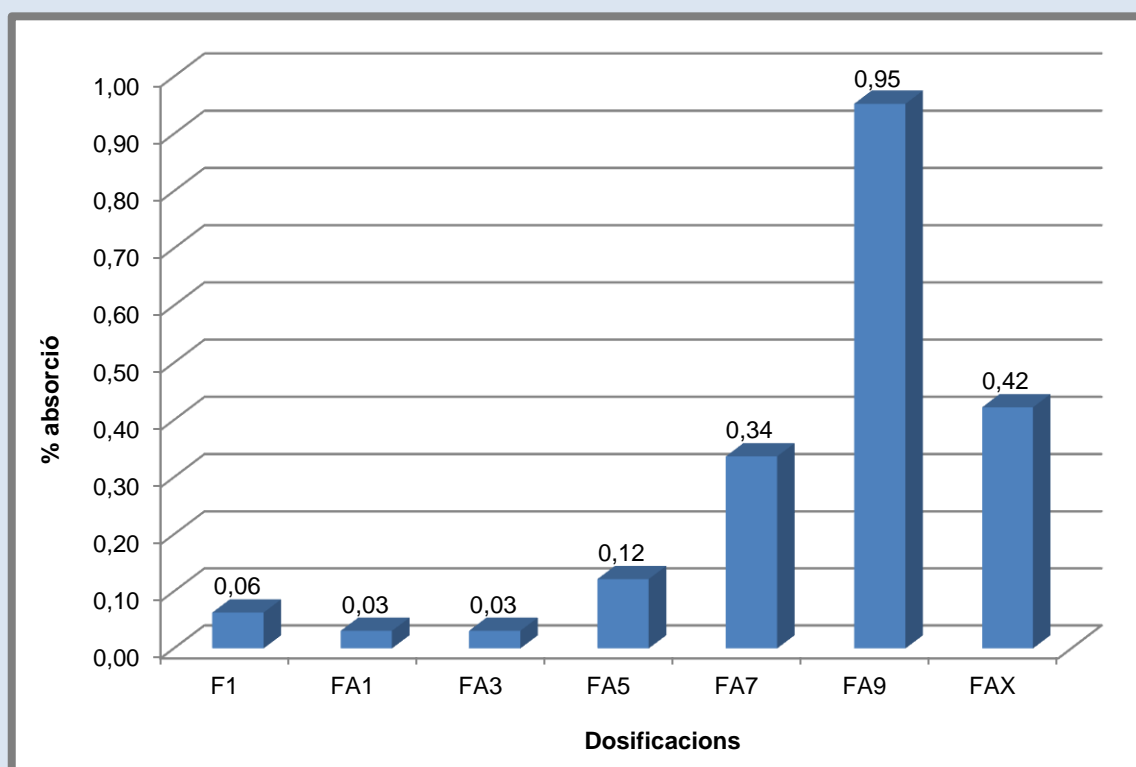
Mostres cocció 5 després d'assaig d'absorció primera tongada.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- **Setena cocció**

Codi	Pesos de la mostra (g)		Absorció (%)	Observacions
	Cuïta i seca	Humida		
F1	318	318,2	0,06	No s'ha després material
FA1	324,9	325	0,03	
FA3	322,9	323	0,03	
FA5	328,8	329,2	0,12	
FA7	326,9	328	0,34	
FA9	325,4	328,5	0,95	
FAX	331,5	332,9	0,42	



Gràfic % d'absorció de les mostres de la setena cocció. Font: Pròpia

L'assaig d'absorció de la setena cocció ens va donar resultats molt satisfactoris, ja que en cap de les mostres es va desprendre material durant l'assaig. Per tant, vam poder obtenir resultats de totes les mostres de la setena cocció.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

En aquesta cocció, també podem observar una relació en funció de l'absorció respecte a les proporcions de material de cada dosificació, és a dir, quant més contingut de fang a la dosificació, més baixa és l'absorció d'aigua.

Comparant les mostres FAX i FA5, que tenen una composició igual de fang i argila, podem observar que la mostra FAX (0,42%) ens ha donat un valor més alt d'absorció, ja que hauria de ser mes o menys igual que el de la mostra FA5 (0,12%). Això es degut al tipus d'argila de cada mostra, ja que per a la mostra FA5 s'ha utilitzat l'argila PEN, igual que a totes les dosificacions, i en canvi, per a la mostra FAX s'ha utilitzat l'argila xamotada.

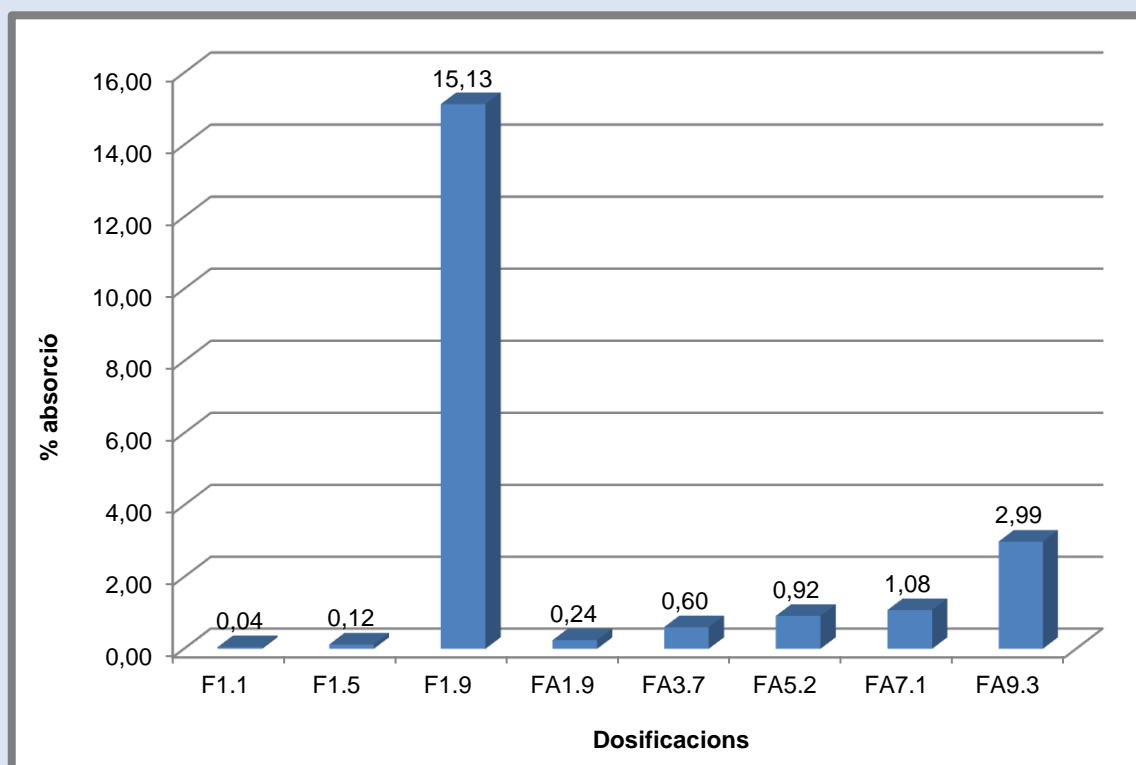
Per tant, podem observar que si s'utilitza l'argila xamotada, obtenim resultats més alts d'absorció.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Estudi de les mostres finals

- Mostres definitives

Codi	Pesos de la mostra (g)		Absorció (%)	Observacions
	Cuita i seca	Humida		
F1.1 (Recuita)	224,6	224,7	0,04	No s'ha després material
F1.5	250,7	251	0,12	
F1.9 (Poc cuita)	170,5	196,3	15,13	
FA1.9	167,9	168,3	0,24	
FA3.7	248,5	250	0,60	
FA5.2	250,8	253,1	0,92	
FA7.1	259,5	262,3	1,08	
FA9.3	264,4	272,3	2,99	



Gràfic % d'absorció de les mostres definitives. Font: Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

L'assaig d'absorció de les mostres definitives ens va donar resultats molt satisfactoris, ja que en cap de les mostres es va desprendre material durant l'assaig. Per tant, vam poder obtenir resultats de totes les mostres.

En aquesta cocció, també podem observar una relació en funció de l'absorció en quant les proporcions de material de cada dosificació, és a dir, quant més contingut de fang a la dosificació, més baixa és l'absorció d'aigua.

Comparant les mostres F1.1 i F1.9, que són de la mateixa dosificació, podem observar diferències en els resultats de l'assaig.

La mostra F1.1 i la F1.9 són de la novena cocció, la qual vam arribar a 1120°C i van quedar poc cuites, però la mostra F1.1 la vam recoure. Per tant, podem observar que la baixa absorció de la mostra F1.1 (0,04%) es a conseqüència de la vitrificació produïda per la segona cocció.

En canvi, podem observar que a la mostra F1.9 (15,13%) ens ha donat un valor molt alt d'absorció, que això és degut a que no ha arribat a vitrificar la mostra.



Mostres definitives a l'assaig d'absorció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



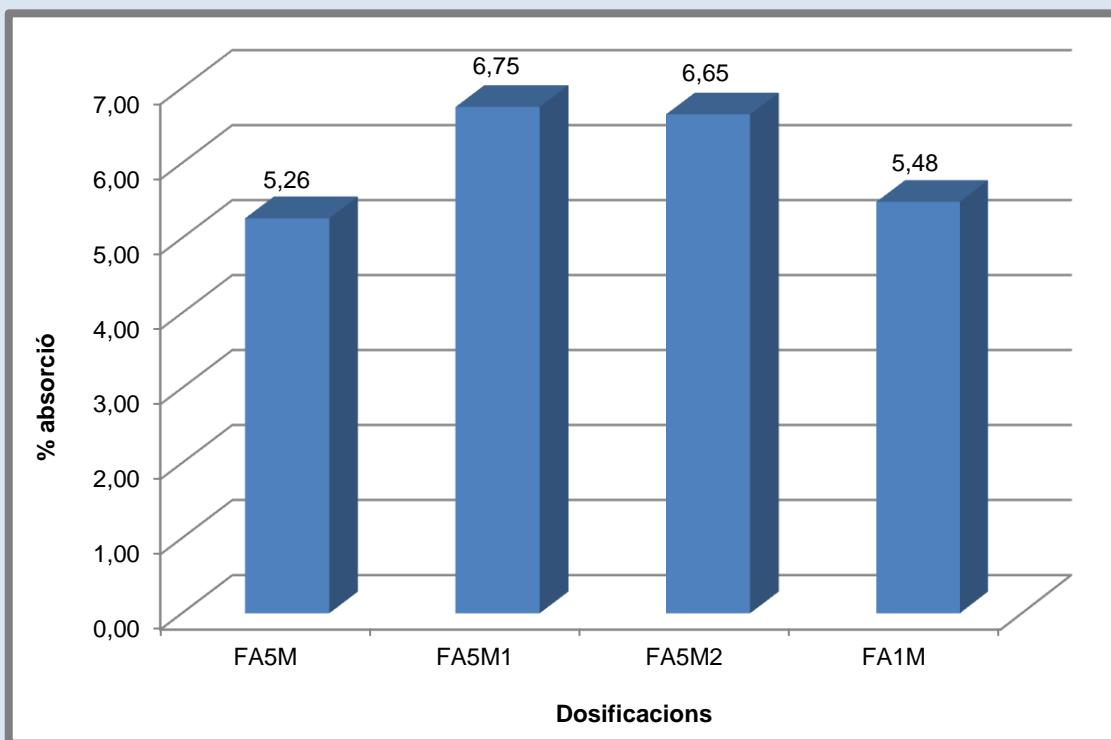
Extraient mostres definitives de l'assaig d'absorció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Mostres millorades

Codi	Pesos de la mostra (g)		Absorció (%)	Observacions
	Cuïta i seca	Humida		
FA5M	400,8	421,9	5,26	No s'ha després material
FA5M1	413,4	441,3	6,75	
FA5M2	413,6	441,1	6,65	
FA1M	415,8	438,6	5,48	



Gràfic % d'absorció de les mostres millorades. Font: Pròpia

Amb l'assaig d'absorció de les mostres millorades vam poder obtenir resultats, ja que en cap de les mostres es va desprendre material durant l'assaig.

En aquesta cocció, podem observar que no hi ha una relació en funció de l'absorció en quant les proporcions de material de cada dosificació, és a dir, quant més contingut de fang a la dosificació, més baixa és l'absorció d'aigua, com ens passava a les altres coccions.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Si observem la mostra FA5M (5,26%), que conte iguals proporcions d'argila i fang, veiem que s'ha obtingut el valor més baix d'absorció. En canvi, la mostra FA1M (5,48%), que conte més proporció de fangs, veiem que s'ha obtingut el valor més alt dels dos. Aquesta diferència es deu a que la mostra FA5M conte feldspat, com a material fundent, és a dir, aquest fa que es rebaixi el punt de fusió i produeixi una mostra de menor porositat.

CONCLUSIONS GENERALS

Analitzant els resultats de l'assaig d'absorció podem observar una relació en funció de l'absorció en quant les proporcions de material de cada dosificació, és a dir, quant més contingut de fang a la dosificació, més baixa és l'absorció d'aigua.

També observem que l'absorció d'aigua varia en funció de la temperatura assolida a les coccions, com podem observar clarament si comparem la cocció 4 i 5, ja que les dues coccions s'han realitzat amb les mateixes dosificacions, però a diferent temps de permanència.

A la quarta cocció s'ha arribat a una temperatura de 1200°C i 45 minuts de permanència a temperatura màxima, en canvi, a la cinquena cocció s'ha arribat a una temperatura de 1200°C i 12 minuts de permanència a temperatura màxima. Per aquesta raó, si observem els resultats veiem que com més s'augmenta la temperatura o el temps de permanència a temperatura màxima, més baixos són els valors d'absorció.

També ho podem veure clarament a la mostra F1.9 de la novena cocció, la qual es va arribar a 1120°C i 12 minuts de permanència, que ens dona un valor d'absorció molt elevat, superior al 15%.

Un altra característica que hem pogut observar, és que quanta més pressió apliques a la mostra amb la premsa hidràulica manual, menys capacitat d'absorció d'aigua té la mostra. Com es fa evident a la cinquena cocció, on hem fabricat dues mostres, FA5 i FAP5, amb la mateixa dosificació, però premsades a diferents pressions.

Un altra cosa a tenir en compte és l'augment de la capacitat d'absorció d'aigua quan s'incorpora àrid a la dosificació. Això ho podem comprovar a la cinquena cocció, on hem fabricat dues mostres, FA5 i SS, una amb àrid i l'altra sense. La falta d'àrid, fa que no es creïn espais intersticials i es disminueixi la capacitat d'absorció, però fa augmentar la plasticitat i conseqüentment augmenta la deformació.

A la última cocció, hem pogut comprovar que la utilització d'un material fundent, com és el feldspat, fa que es redueixi la temperatura de fusió i es redueixi la capacitat d'absorció d'aigua.

4.2. ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE LA RESISTÈNCIA A LA FLEXIÓ I DE LA FORÇA DE RUPTURA

INTRODUCCIÓ

L'assaig de determinació de la resistència a la flexió i de la força de ruptura consisteix en mesurar la càrrega de ruptura, expressada en Newtons, necessària per a trencar les rajoles.

Posteriorment es calcula la força de ruptura (multiplicant la càrrega de ruptura per la distància entre els recolzaments i dividint per l'amplada de la rajola), expressada en Newtons, i la resistència a la flexió (obtinguda dividint la força de ruptura pel gruix mínim en la línia de ruptura de la rajola) expressada en N/mm^2 .

La norma específica que la força de ruptura es calcularà només per aquelles rajoles que la seva funció sigui per paviments, en canvi, el mòdul de ruptura o la resistència a la flexió es calcularà només per aquelles rajoles que la seva funció sigui per paraments verticals.

Aquest forma part del grup d'assaigs a realitzar per a obtenir el marcat CE del producte.

La norma "*UNE-EN 14411:2013 BALDOSAS CERAMICAS: Definiciones, clasificación, características i marcado*", estableix en els seus annexes normatius, els valor mínims que han de complir les rajoles, en funció del seu gruix i segons al grup al que pertanyin (obtingut a partir de la tipologia de conformat de les peces i la capacitat d'absorció d'aigua).



Màquina universal de 60T.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

EQUIP

- Estufa de dessecació: Capaç de funcionar a $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Dos cilindres de metall per a recolzaments recoberts amb cautxú.
- Cilindre central, del mateix diàmetre que els de recolzament i recobert de cautxú.
- Màquina d'aplicació de la càrrega i enregistrament de dades de la universitat (Màquina universal de 60T).
- Regle.
- Nivell.
- Raspall dur.

PROCEDIMENT

L'objectiu d'aquest assaig és determinar la resistència a la flexió i de la força de ruptura de les mostres, mitjançant la norma "UNE-ISO 10545-4:2012, BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 4: Determinación de la resistencia a la flexión y de la fuerza de rotura".

El procediment que s'ha fet servir per realitzar l'assaig ha estat el següent:

Retirar les partícules adherides al dors de cada mostra amb l'ajuda d'un raspall dur.



Retirant les partícules de la mostra amb el raspall dur.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

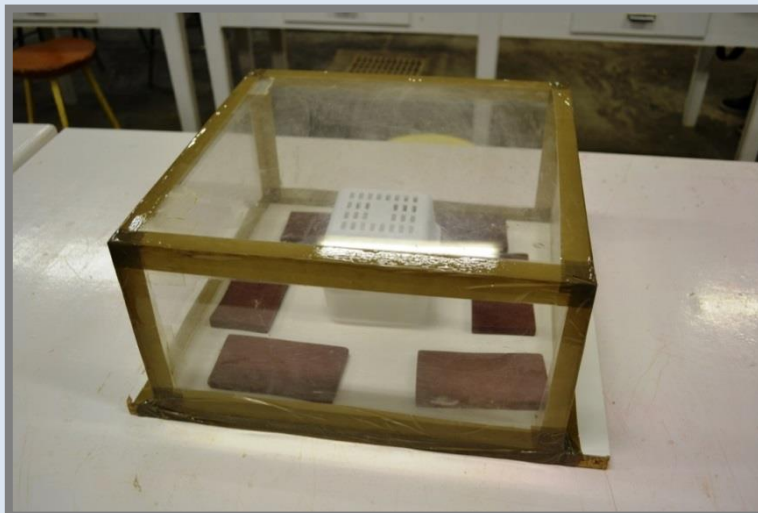
S'asseca cada mostra a l'estufa, graduada a $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ fins a obtenir una massa constant, és a dir, fins que la diferència de massa entre les dues pesades successives, efectuades amb un interval de 24h, sigui inferior al 0,1%.



Estufa d'assecat amb les mostres a l'interior.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Refredar les mostres a l'estufa tancada i parada, o en un dessecador amb gel de sílice o qualsevol altre agent apropiat per a la dessecació, que no sigui un àcid, fins que estiguin a temperatura ambient.



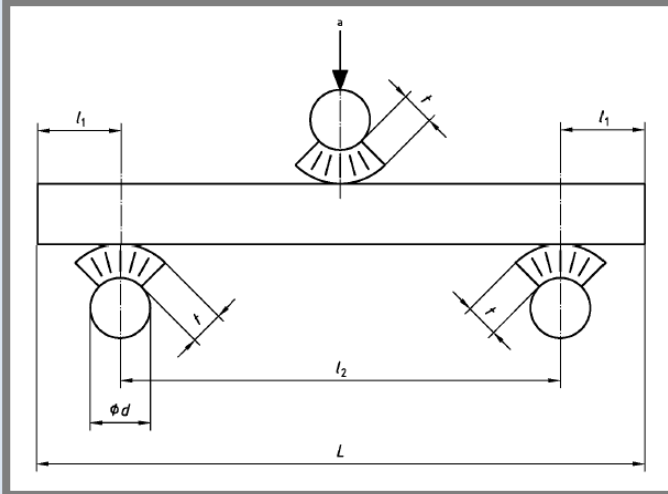
Refredant les mostres a l'interior del dessecador de gel de sílice.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Assajar les mostres abans de 3h després que les mostres arribin a temperatura ambient.

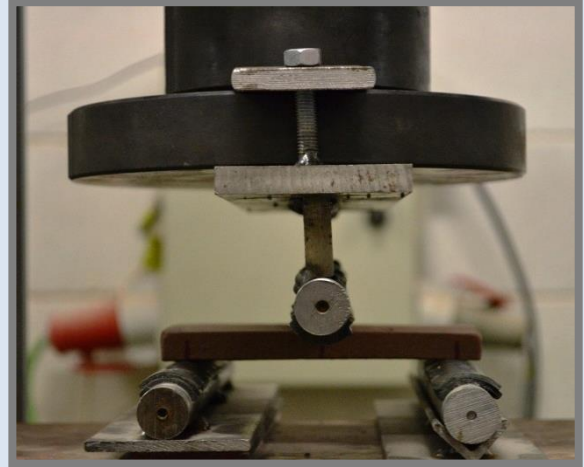
4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Col·locar la proveta sobre els cilindres de recolzament, amb la cara vista cap amunt, seguint l'esquema amb les distàncies que especifica la normativa.



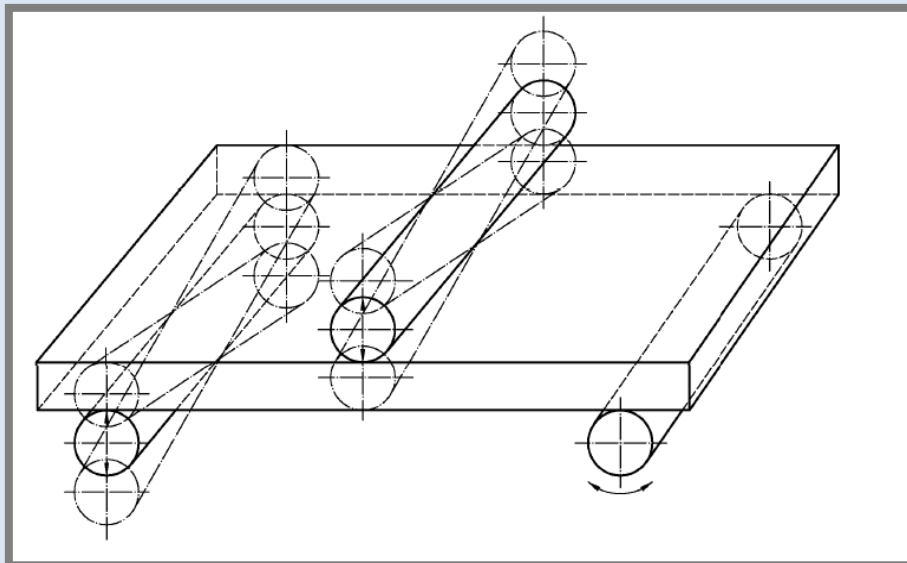
Aplicació de la càrrega sobre la mostra.

Font: UNE-ISO 10545-4:2004.



Aplicació de la càrrega sobre la mostra.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Moviments permesos dels cilindres.

Font: UNE-ISO 10545-4:2004.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

La taula següent ens relaciona la mesura de la mostra amb el diàmetre del cilindre, el gruix del cautxú i la distància entre els punts de recolzament i les vores de la mostra. Segons les mesures de les nostres mostres ($L \geq 95$), hem de complir que el diàmetre del cilindre sigui 20 mm, el gruix del cautxú sigui 5 ± 1 mm i que la distància entre els punts de recolzament i les vores de la mostra sigui 10 mm.

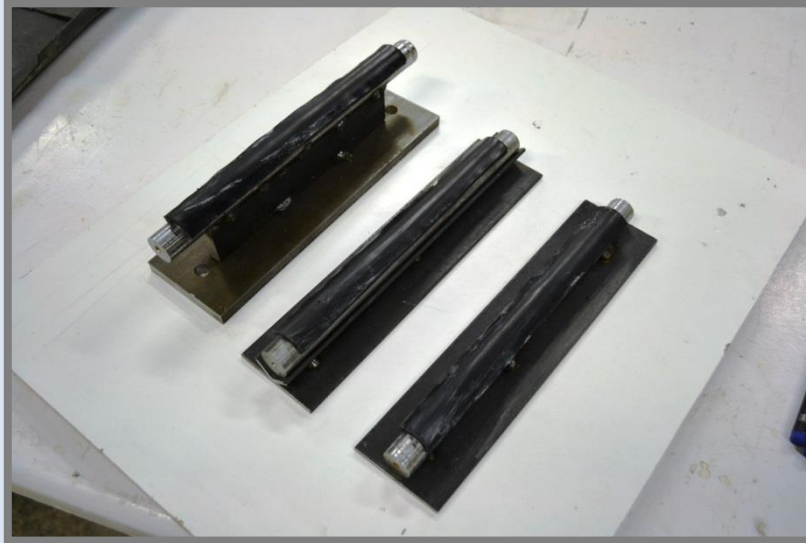
<i>Mesura de la mostra</i>	<i>Diàmetre del cilindre</i>	<i>Gruix del cautxú</i>	<i>Distància entre els punts de recolzament i les vores de la mostra</i>
L	D	t	l_1
$18 \leq L < 48$	5	$1 \pm 0,2$	2
$48 \leq L < 95$	10	$2,5 \pm 0,5$	5
$L \geq 95$	20	5 ± 1	10



Mostra marcada amb distàncies entre els punts de recolzament.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

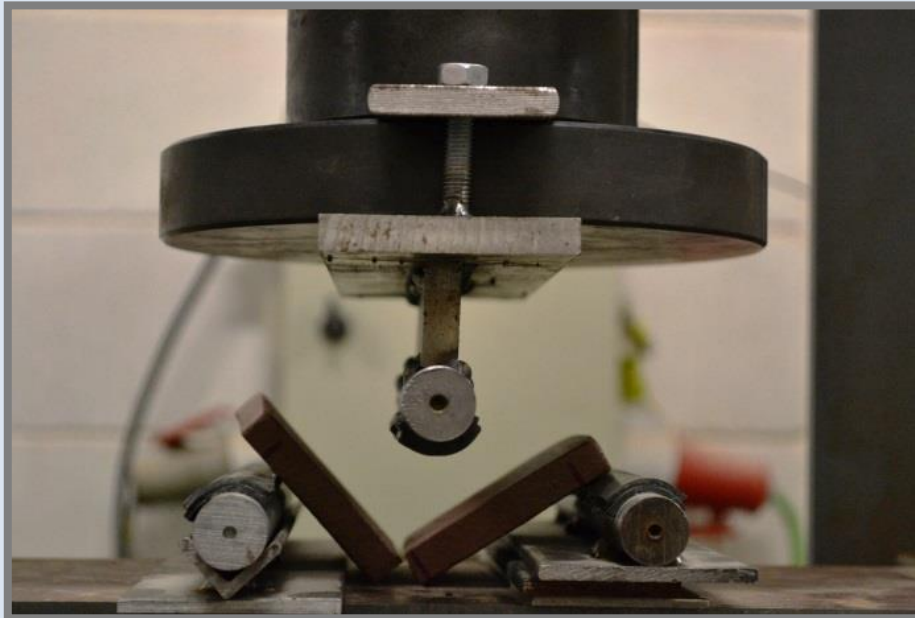


Cilindres de 20 mm de diàmetre amb els 5 mm de cautxú.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Col·locar la mostra de tal manera que la dimensió més llarga, L, sigui perpendicular als cilindres de recolzament.

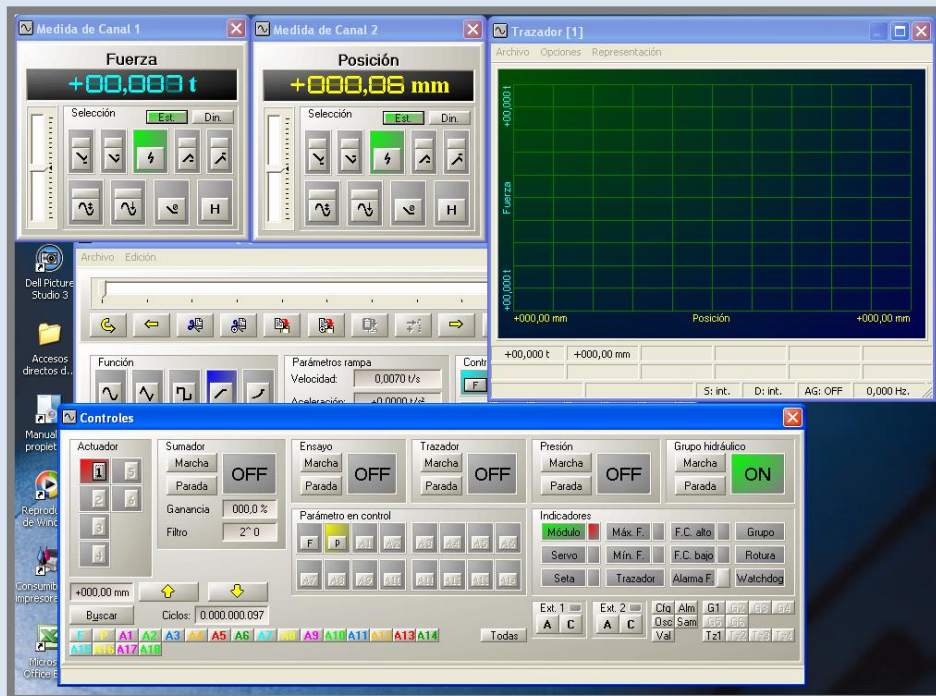
Col·locar el cilindre central equidistant als cilindres de recolzament i aplicar la càrrega repartida uniformement, de forma que l'esforç augmenti en $(1 \pm 0,2)$ N/mm² per segon.



Mostra trencada després de l'assaig.

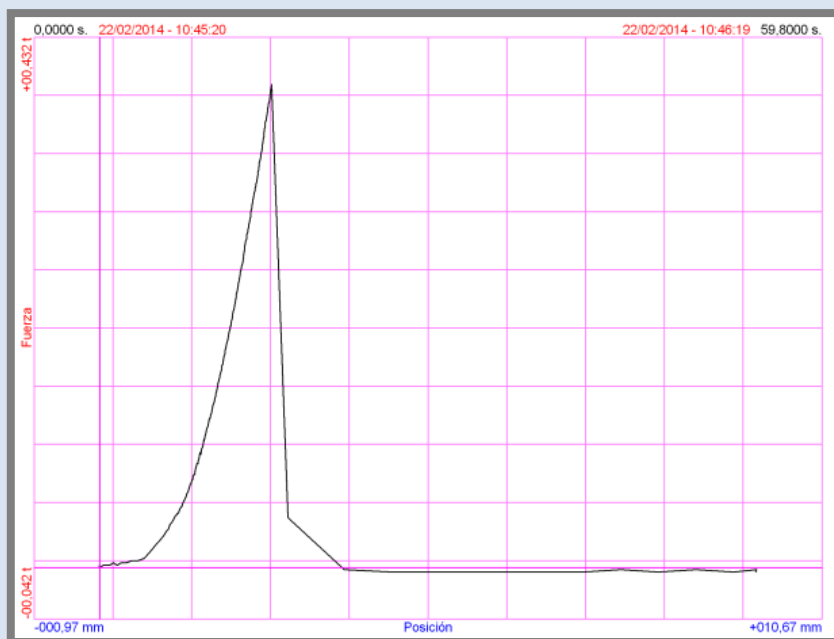
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Interfície de control del programa PCD2K.

Font: Software PCD2K



Gràfica assaig de flexió.

Font: Software PCD2K

Anotar la càrrega de ruptura F_{br} .

A l'ANNEX 3 es recullen tots els gràfics generats pel programa PCD2K.

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

Es calcula la força de ruptura F_{bs} , expressada en newtons, amb l'equació:

$$F_{bs} = \frac{F_{bl} \times l_2}{b}$$

On:

F_{bl} és la càrrega de ruptura, expressada en newtons

l_2 és la distància, expressada en mil·límetres, entre els cilindres de recolzament (segons figura 2)

b és l'amplada de la mostra, expressada en mil·límetres

Es calcula la resistència a la flexió σ_{Fbl} , expressada en newtons per mil·límetre quadrat, amb l'equació:

$$\sigma_{Fbl} = \frac{3F_{bs}}{2h^2}$$

On:

F_{bs} és la força de ruptura, en newtons, calculada a l'equació anterior

h és l'espessor mínim, expressat en mil·límetres, de la mostra en la secció de ruptura

S'anoten tots els resultats individuals i es calculen els valors mitjans de la força de ruptura i de la resistència a la flexió de la mostra com la mitjana dels resultats acceptables.

RESULTATS DE L'ASSAIG

A les pàgines següents es recullen tots els resultats d'aquest assaig:

CONCLUSIONS GENERALS

Les taules següents especifiquen els requisits de força de ruptura i de resistència a la flexió que han de complir les mostres en funció del grup al que pertanyen segons la norma "UNE-EN 14411:2013 BALDOSAS CERAMICAS: Definiciones, clasificación, características i marcado".

B.2 Fuerza de rotura, para:		
a) Espesor $\geq 7,5$ mm	Mínimo 1 300 N	EN ISO 10545-4
b) Espesor $< 7,5$ mm	Mínimo 700 N	EN ISO 10545-4
B.3 Resistencia a la flexión o módulo de rotura^d	Mínimo 35 N/mm ² Mínimo individual 32 N/mm ²	EN ISO 10545-4

Taula requisits grup B1a ($E_b \leq 0,5\%$).

Font: UNE-EN 14411:2013.

B.2 Fuerza de rotura para:		
a) Espesor $\geq 7,5$ mm	Mínimo 1 100 N	EN ISO 10545-4
b) Espesor $< 7,5$ mm	Mínimo 700 N	EN ISO 10545-4
B.3 Resistencia a la flexión o módulo de rotura^d	Mínimo 30 N/mm ² Mínimo individual 27 N/mm ²	EN ISO 10545-4

Taula requisits grup B1b ($0,5\% < E_b \leq 3\%$).

Font: UNE-EN 14411:2013.

B.2 Fuerza de rotura para:		
a) Espesor $\geq 7,5$ mm	Mínimo 1 000 N	EN ISO 10545-4
b) Espesor $< 7,5$ mm	Mínimo 600 N	EN ISO 10545-4
B.3 Resistencia a la flexión o módulo de rotura^d	Mínimo 22 N/mm ² Mínimo individual 20 N/mm ²	EN ISO 10545-4

Taula requisits grup B1a ($3\% < E_b \leq 6\%$).

Font: UNE-EN 14411:2013.

B.2 Fuerza de rotura, para:		
a) Espesor $\geq 7,5$ mm	Mínimo 800 N	EN ISO 10545-4
b) Espesor $< 7,5$ mm	Mínimo 500 N	EN ISO 10545-4
B.3 Resistencia a la flexión o módulo de rotura^d	Mínimo 18 N/mm ² Mínimo individual 16 N/mm ²	EN ISO 10545-4

Taula requisits grup B1b ($6\% < E_b \leq 10\%$).

Font: UNE-EN 14411:2013.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Aquesta taula següent resumeix tots els requisits anteriors:

Codi	Absorció (%)	Grup classificació segons UNE EN 14411:2013	Requisits segons UNE EN 14411:2013	
			Força ruptura(N) (Espessor $\geq 7,5$ mm)	Resistència a la flexió (N/mm ²) (Mínim individual)
F1	0,12	BI _a ($E_b \leq 0,5\%$)	1300	32
FA1	0,24	BI _a ($E_b \leq 0,5\%$)	1300	32
FA3	0,60	BI _b ($0,5\% < E_b \leq 3\%$)	1100	27
FA5	0,92	BI _b ($0,5\% < E_b \leq 3\%$)	1100	27
FA7	1,08	BI _b ($0,5\% < E_b \leq 3\%$)	1100	27
FA9	2,99	BI _b ($0,5\% < E_b \leq 3\%$)	1100	27
FA5M1	6,75	BII _b ($6\% < E_b \leq 10\%$)	800	16
FA5M	5,26	BII _a ($3\% < E_b \leq 6\%$)	1000	20
FA1M	5,48	BII _a ($3\% < E_b \leq 6\%$)	1000	20

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- **Setena cocció**

CODI	Força de ruptura (F_{bs}) (N)		Resistència a la flexió (σ_{Fb}) (N/mm ²)	
	Valor obtingut	Requisit	Valor obtingut	Requisit
F1 (cocció 5)	3.653,25	1300	15,93	32
F1	6.786,44	1300	31,24	32
FA1	6.745,03	1300	29,56	32
FA3	5.379,57	1100	26,65	27
FA5	6.421,25	1100	32,90	27
FA7	4.932,77	1100	22,84	27

Analitzant els resultats de l'assaig de resistència a la flexió de la setena cocció, podem observar que els valors obtinguts a la força de ruptura són molt superiors al requisit en tots els casos. Per tant, aquesta cocció seria apta per la utilització com a paviment.

En canvi, si observem els valors obtinguts de resistència a la flexió podem veure que només en el cas de la mostra FA5 ha superat el requisit mínim individual que estableix la norma. Per tant, aquesta mostra seria l'única apta per la utilització com a parament vertical.



Mostres definitives després de l'assaig de flexió.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

- Mostres definitives

CODI	Força de ruptura (Fbs) (N)		Resistència a la flexió (σ_{FbI}) (N/mm ²)	
	Valor obtingut	Requisit	Valor obtingut	Requisit
F1.6	3.325,33	1300	34,58	32
F1.G	4.943,04	1300	31,59	32
F1.P	2.728,44	1300	23,63	32
X1 (F1)	3.993,21	1300	29,41	32
X2 (F1)	3.055,79	1300	32,70	32
FA1.7	1.818,55	1300	26,85	32
FA1G	3.816,52	1300	27,46	32
FA1P	3.349,74	1300	34,43	32
FA3.4	2.348,47	1100	24,75	27
FA3G	3.056,54	1100	25,16	27
FA3P	2.363,19	1100	21,84	27
FA5.5	2.521,85	1100	26,49	27
FA5G	3.549,19	1100	33,86	27
FA5P	2.921,30	1100	29,78	27
FA7.6	2.276,46	1100	27,57	27
FA7G	2.449,22	1100	23,40	27
FA7P	2.403,43	1100	25,25	27
FA9.6	2.522,35	1100	28,56	27
FA9G	3.229,43	1100	22,54	27
FA9P	2.642,56	1100	24,23	27

Analitzant els resultats de l'assaig de resistència a la flexió de les mostres definitives, podem observar que els valors obtinguts a la força de ruptura són molt superiors al requisit en tots els casos. Per tant, aquesta cocció seria apta per la utilització com a paviment.

En canvi, si observem els valors obtinguts de resistència a la flexió podem veure que només en el cas de les mostres F1.6, X2, FA1P, FA5G, FA5P, FA7.6 i FA9.6 han superat el requisit mínim individual que estableix la norma. Per tant, aquestes mostres serien les úniques aptes per la utilització com a parament vertical.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres definitives després de l'assaig de flexió.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Mostres millorades

CODI	Força de ruptura (Fbs) (N)		Resistència a la flexió (σ_{Fb}) (N/mm ²)	
	Valor obtingut	Requisit	Valor obtingut	Requisit
FA5M1	2.914,92	800	11,63	16
FA5M	2.539,14	1000	11,45	20
FA1M	3.522,22	1000	12,78	20

Analitzant els resultats de l'assaig de resistència a la flexió de les mostres millorades, podem observar que els valors obtinguts a la força de ruptura són molt superiors al requisit en tots els casos. Per tant, aquesta cocció seria apta per la utilització com a paviment.

En canvi, si observem els valors obtinguts de resistència a la flexió podem veure que en cap cas han superat el requisit mínim individual que estableix la norma. Per tant, cap d'aquestes mostres serien aptes per la utilització com a parament vertical.



Mostres millorades després de l'assaig de flexió.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Amb les conclusions extretes als anteriors apartats, podem observar que el mòdul de ruptura o la resistència a la flexió de les mostres no compleix el requisit de la norma a la majoria dels casos.

El mòdul de ruptura o la resistència a la flexió es té en compte per les rajols destinades a la utilització en revestiment a paraments verticals. Per tant, no s'ha aprofundit en aquest aspecte, ja que les nostres mostres estan enfocades cap a la utilització com ha paviment.

També, podem observar que la força de ruptura augmenta en funció del gruix, com podem veure a la taula i a la gràfica següents:

CODI	Gruix (mm)	Força de ruptura (Fbs) (N)
X2 (F1)	11,84	3.055,79
F1.6	12,01	3.325,33
F1.P	13,16	2.728,44
X1 (F1)	14,27	3.993,21
F1.G	15,32	4.943,04
FA1.7	10,08	1.818,55
FA1P	12,08	3.349,74
FA1G	14,44	3.816,52
FA3.4	11,93	2.348,47
FA3P	12,74	2.363,19
FA3G	13,50	3.056,54
FA5.5	11,95	2.521,85
FA5P	12,13	2.921,30
FA5G	12,54	3.549,19
FA7.6	11,13	2.276,46
FA7P	11,95	2.403,43
FA7G	12,53	2.449,22
FA9.6	11,51	2.522,35
FA9P	12,79	2.642,56
FA9G	14,66	3.229,43
FA5M	18,24	2.539,14
FA5M1	19,39	2.914,92
FA1M	20,33	3.522,22

Observant els resultats, la mostra F1.P i la FA3P no han seguit la tendència de l'augment de la força de ruptura en funció del gruix. Això és degut a les curvatures que presentaven les mostres. Per tant aquests dos valors els considerem erronis.

RESULTATS DE L'ASSAIG

- Setena cocció

CODI	Dimensions mostres (mm)			Dimensions de l'equip per assajar (mm)		Distàncies de col·locació		Càrrega de ruptura (Fbl) (N)	Força de ruptura (Fbs) (N)	Resistència a la flexió (σ_{Fbl}) (N/mm ²)
	Longitud (L)	Amplada (b)	Gruix (h)	d	t	l1	l2			
F1 (cocció 5)	129,27	66,70	18,55	20	5	10	109,27	2.230	3.653,25	15,93
F1	129,25	65,52	18,05	20	5	10	109,25	4.070	6.786,44	31,24
FA1	128,28	63,25	18,50	20	5	10	108,28	3.940	6.745,03	29,56
FA3	130,41	64,24	17,40	20	5	10	110,41	3.130	5.379,57	26,65
FA5	130,47	63,31	17,11	20	5	10	110,47	3.680	6.421,25	32,90
FA7	131,46	64,85	18,00	20	5	10	111,46	2.870	4.932,77	22,84

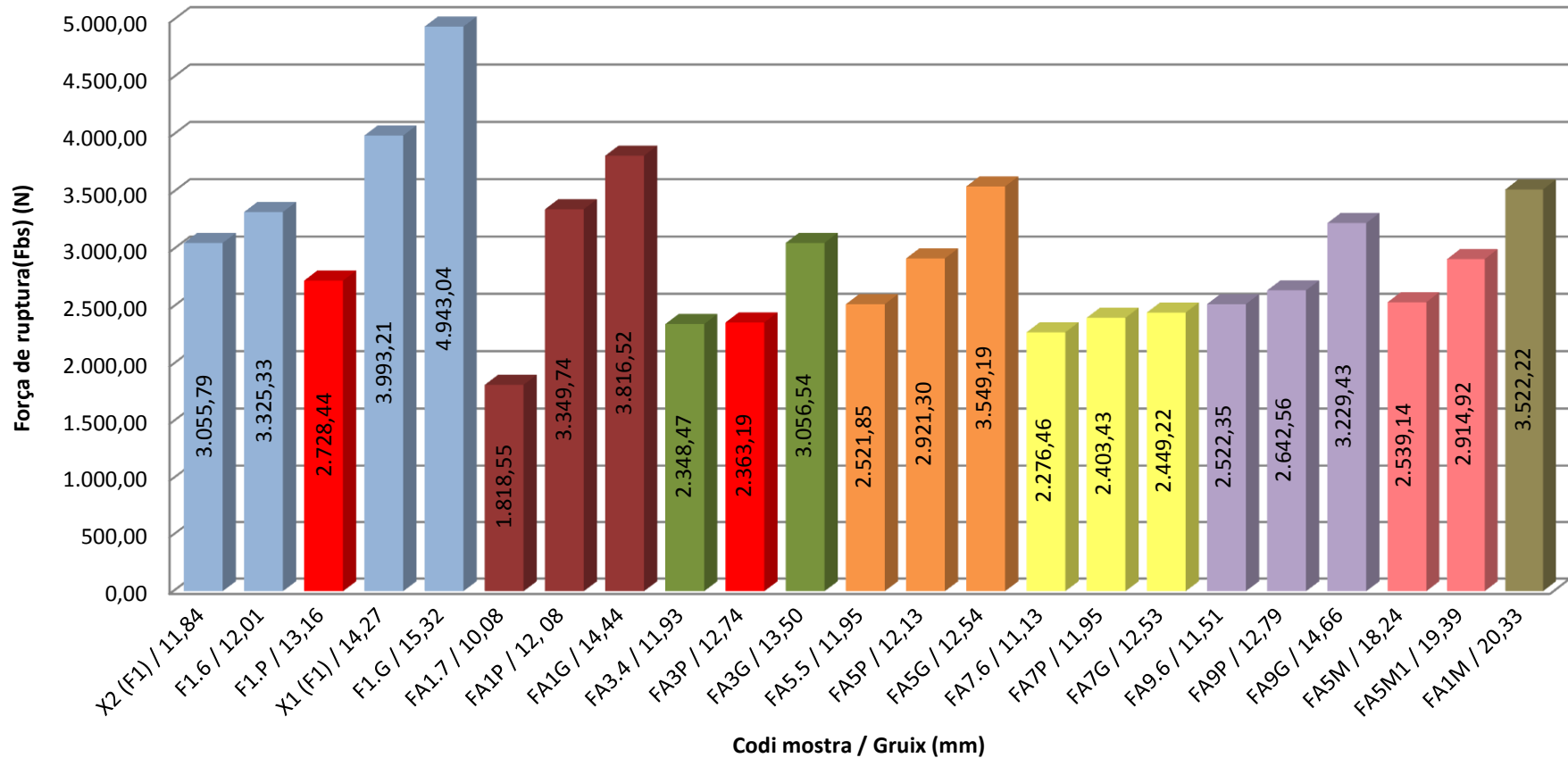
- Mostres definitives

CODI	Dimensions mostres (mm)			Dimensions de l'equip per assajar (mm)		Distàncies de col·locació		Càrrega de ruptura (Fbl) (N)	Força de ruptura (Fbs) (N)	Resistència a la flexió (σFbl) (N/mm ²)
	Longitud (L)	Amplada (b)	Gruix (h)	d	t	I1	I2			
F1.6	132,25	69,20	12,01	20	5	10	112,25	2050	3.325,33	34,58
F1.G	132,64	69,73	15,32	20	5	10	112,64	3060	4.943,04	31,59
F1.P	133,88	70,12	13,16	20	5	10	113,88	1680	2.728,44	23,63
X1 (F1)	133,43	69,31	14,27	20	5	10	113,43	2440	3.993,21	29,41
X2 (F1)	133,62	69,53	11,84	20	5	10	113,62	1870	3.055,79	32,70
FA1.7	133,50	71,15	10,08	20	5	10	113,5	1140	1.818,55	26,85
FA1G	133,68	69,70	14,44	20	5	10	113,68	2340	3.816,52	27,46
FA1P	133,60	70,20	12,08	20	5	10	113,6	2070	3.349,74	34,43
FA3.4	133,52	70,09	11,93	20	5	10	113,52	1450	2.348,47	24,75
FA3G	134,54	71,20	13,50	20	5	10	114,54	1900	3.056,54	25,16
FA3P	134,46	70,23	12,74	20	5	10	114,46	1450	2.363,19	21,84
FA5.5	135,52	71,46	11,95	20	5	10	115,52	1560	2.521,85	26,49
FA5G	135,51	71,60	12,54	20	5	10	115,51	2200	3.549,19	33,86
FA5P	135,22	70,60	12,13	20	5	10	115,22	1790	2.921,30	29,78
FA7.6	136,39	72,09	11,13	20	5	10	116,39	1410	2.276,46	27,57
FA7G	136,37	72,22	12,53	20	5	10	116,37	1520	2.449,22	23,40
FA7P	136,42	71,69	11,95	20	5	10	116,42	1480	2.403,43	25,25
FA9.6	137,49	73,13	11,51	20	5	10	117,49	1570	2.522,35	28,56
FA9G	137,32	73,02	14,66	20	5	10	117,32	2010	3.229,43	22,54
FA9P	137,91	72,73	12,79	20	5	10	117,91	1630	2.642,56	24,23

- Mostres millorades

CODI	Dimensions mostres (mm)			Dimensions de l'equip per assajar (mm)		Distàncies de col·locació		Càrrega de ruptura (Fbl) (N)	Força de ruptura (Fbs) (N)	Resistència a la flexió (σ_{Fbl}) (N/mm ²)
	Longitud (L)	Amplada (b)	Gruix (h)	d	t	I1	I2			
FA5M1	140,51	74,83	19,39	20	5	10	120,51	1810	2.914,92	11,63
FA5M	139,10	74,58	18,24	20	5	10	119,1	1590	2.539,14	11,45
FA1M	137,53	73,41	20,33	20	5	10	117,53	2200	3.522,22	12,78

Gràfic comparatiu Força de ruptura - Gruix



Conjunt de mostres ordenades de menys a més gruix i per tipus de dosificació

4.3. ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE LA RESISTÈNCIA A L'IMPACTE PER MESURAMENT DEL COEFICIENT DE RESTITUCIÓ

INTRODUCCIÓ

La resistència a l'impacte per mesurament del coeficient de restitució forma part del grup d'assaigs anomenats ETI (*"Ensayos de tipo inicial"*), que s'han de realitzar per a confirmar que les característiques compleixen els requisits de la norma *"UNE-EN 14411:2013 BALDOSAS CERAMICAS: Definiciones, clasificaci3n, características i marcado"*. Aquests assaigs no són obligatoris per a obtenir el certificat CE del material, però són totalment essencials a l'hora de la comercialitzaci3n del producte.

Aquest assaig es basa en la determinaci3n del coeficient de restitució deixant caure, des de una alçada donada, una bola d'acer sobre la mostra i mesurant l'alçada del rebot.

Segons la norma *"UNE-EN 14411:2013"* abans esmentada, el requisit normal per instal·lacions sotmeses a càrregues lleugeres és un coeficient de restitució (COR) de 0,55. Per aplicacions més pesades es necessita un valor major d'aquest.

Pel càlcul del coeficient de restitució, la normativa només té en compte l'alçada del rebot i deixa en un segon pla els efectes produïts pel xoc de la bola d'acer contra la superfície de la mostra, els quals només s'analitzaran visualment i es farà un registre dels efectes produïts.

EQUIP

- Bola d'acer cromat de $(19\pm 0,05)$ mm de diàmetre.
- Llançador de la bola segons esquema.
- Mecanisme de cronometratge.
- Nivell.
- Pistola per injectar resines.
- Bloc de formigó.

PROCEDIMENT

L'objectiu d'aquest assaig és determinar la resistència a l'impacte de les mostres mitjançant la norma "UNE-ISO ISO 10545-5:1998, BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 5: Determinación de la resistencia al impacto per medición del coeficiente de restitución".

Per a la determinació del coeficient de restitució, s'ha de calcular l'alçada del rebot que produirà la bola d'acer i la norma estableix dos possibles mètodes per determinar-la: mesurar l'alçada del rebot amb precisió de ± 1 mm amb l'ajuda d'un detector apropiat o deixar rebotar dos cops la bola, anotar l'interval de temps entre els dos rebots i calcular l'alçada del rebot.

Per tant, hem optat pel segon mètode, és a dir, el de deixar rebotar la bola i anotar l'interval de temps entre els dos rebots, ja que en el primer mètode es fa servir un equip que no disposàvem al laboratori.

El procediment que s'ha fet servir per realitzar l'assaig ha estat el següent:

Estendre la resina epoxi adhesiva en una capa uniforme, de 2 mm d'espessor aproximadament, sobre la cara superior d'un bloc de formigó.



Bloc de formigó.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Bloc de formigó injectant la resina epoxi adhesiva.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Bloc de formigó injectant la resina epoxi adhesiva.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Bloc de formigó amb la resina epoxi adhesiva injectada.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Pressionar una mostra, amb la cara vista cap a dalt, sobre l'adhesiu i treure l'excés del mateix que sobresurti pels costats.



Pressionant la mostra sobre l'adhesiu.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Pressionant la mostra sobre l'adhesiu.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Traient l'excés de la resina epoxi adhesiva.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Deixar a temperatura de (23 ± 2) °C i a (50 ± 5) % d'humitat relativa durant 3 dies abans de procedir a l'assaig.



La unitat d'assaig amb el bloc de formigó.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Graduar l'equip llançador de la bola per tal que el tub guia quedi completament vertical i col·locar la unitat d'assaig sota l'electroimant de forma que la bola d'acer deixada des de l'electroimant caigui sobre la cara vista de la unitat d'assaig.



L'electroimant amb la bola d'acer.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Equip llançador de la bola d'acer.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Equip llançador de la bola d'acer.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Equip llançador de la bola d'acer.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Col·locar la unitat d'assaig sobre el suport de formigó amb la mostra horitzontal i la cara vista cap amunt.



La unitat d'assaig amb el bloc de formigó sota l'equip llançador.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Deixar caure la bola d'acer des de una alçada d'1 m per sobre de la cara vista de la unitat d'assaig, i deixar-la rebotar dos cops.



L'equip llançador de la bola d'acer amb la unitat d'assaig enganxada al bloc de formigó.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

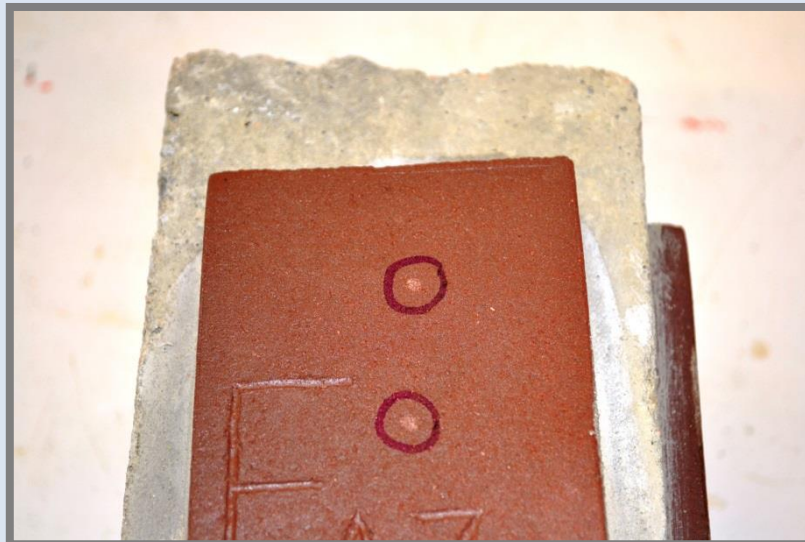
Anotar l'interval de temps entre el primer i el segon rebot.



Cronòmetre per anotar l'interval de temps entre el primer i el segon rebot.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Degut a que la mesura del temps amb cronòmetre pot tenir imprecisions, s'han fet dues mesures instantànies per a cada mostra d'assaig i s'ha calculat la mitjana entre els dos valors per a obtenir resultats més fiables. També s'ha repetit l'assaig un segon cop per a cada mostra i s'ha calculat la mitjana dels valors obtinguts.



Mostra amb dues picades dels dos assaigs fets.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Examinar la superfície de la mostra buscant qualsevol picada o fissura i anotar els efectes produïts, però no es tindran en compte a l'hora de la classificació de les mostres.

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

Per a una bola que impacta en una superfície estàtica horitzontal, el coeficient de restitució, (e), es calcula amb l'equació:

$$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

On:

h_2 és l'alçada del rebot en centímetres

h_1 és l'alçada de caiguda, en centímetres

Si l'alçada del rebot es determina deixant rebotar dos cops la bola i mesurant l'interval de temps entre els dos rebots, l'equació del moviment és:

$$h_2 = u_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

On:

u_0 és la velocitat en el punt més alt del rebot (=0)

t és igual a $T/2$. Sent T l'interval de temps, en segons

Per tant:

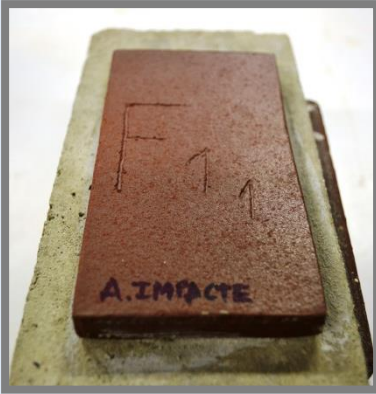
$$h_2 = 122,6T^2$$

On:

T és l'interval de temps entre el primer i el segon rebot, en segons

RESULTATS DE L'ASSAIG

Abans de realitzar l'assaig analitzem la cara vista de les mostres, per tal de comprovar que estan lliures de defectes.



Mostra F1.1.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau
Mestre / **Font:** Pròpia



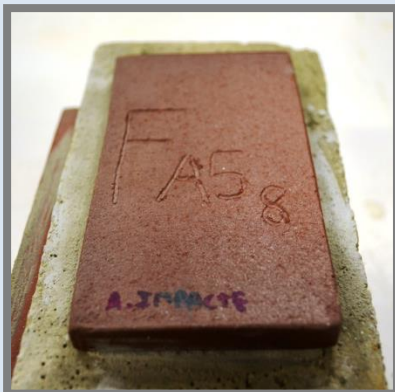
Mostra FA1.4.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau
Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra FA3.6.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau
Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra FA5.8.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau
Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra FA7.2.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau
Mestre / **Font:** Pròpia



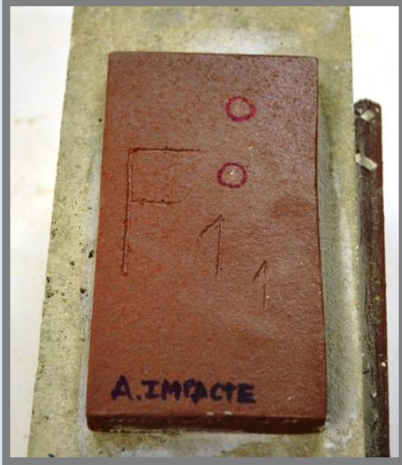
Mostra FA9.5.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau
Mestre / **Font:** Pròpia

Com hem pogut comprovar a les fotografies anteriors, les mostres estan lliures de defectes i podem procedir a fer l'assaig.

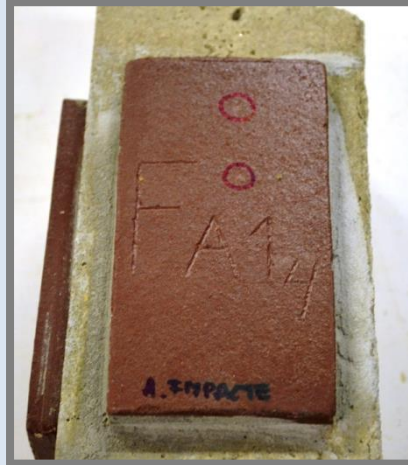
4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Després de realitzar l'assaig s'analitza la cara vista de les mostres i marquem amb un cercle la picada que ha causat l'impacte de la bola d'acer.



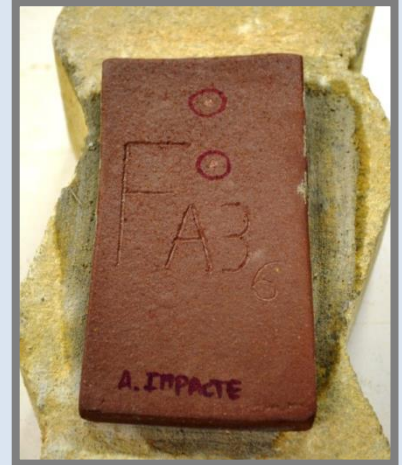
Mostra F1.1 després de l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



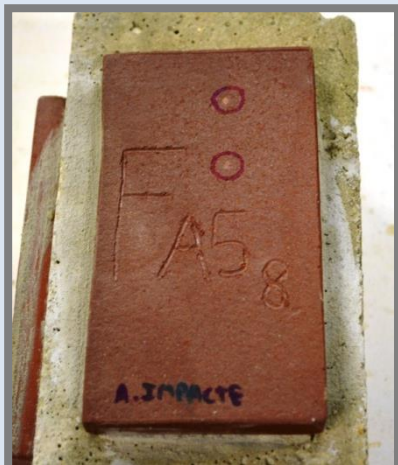
Mostra FA1.4 després de l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra FA3.6 després de l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



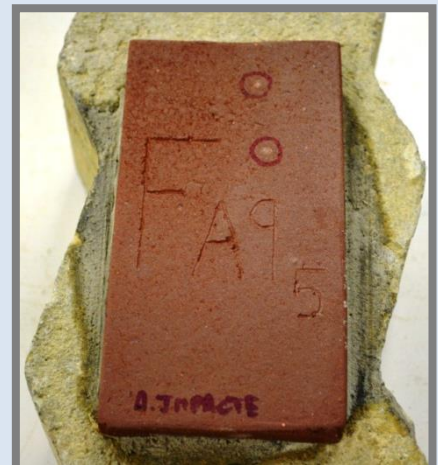
Mostra FA5.8 després de l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra FA7.2 després de l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra FA9.5 després de l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Com hem pogut comprovar a les fotografies anteriors, la bola d'acer ha causat una picada semblant a totes les mostres, tot i que es pot apreciar un augment de la marca de la bola d'acer a mesura que la mostra augmenta el seu contingut d'argila. És a dir, a simple vista la marca que ha produït la bola d'acer a la mostra F1.1, la qual conté un 100% de fang i un 0% d'argila, s'aprecia menys que la marca que ha produït a la mostra FA9.5, la qual conté un 10% de fang i un 90% d'argila.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Aquests fet anterior és degut a que a mesura que s'augmenta el contingut en fang de la mostra, vitrifica més i en conseqüència augmenta la duresa d'aquesta.

A continuació, analitzem el coeficient de restitució, ja que la normativa només té en compte l'alçada del rebot i deixa en un segon pla els efectes produïts pel xoc de la bola d'acer contra la superfície de la mostra, els quals ja els hem analitzat anteriorment.

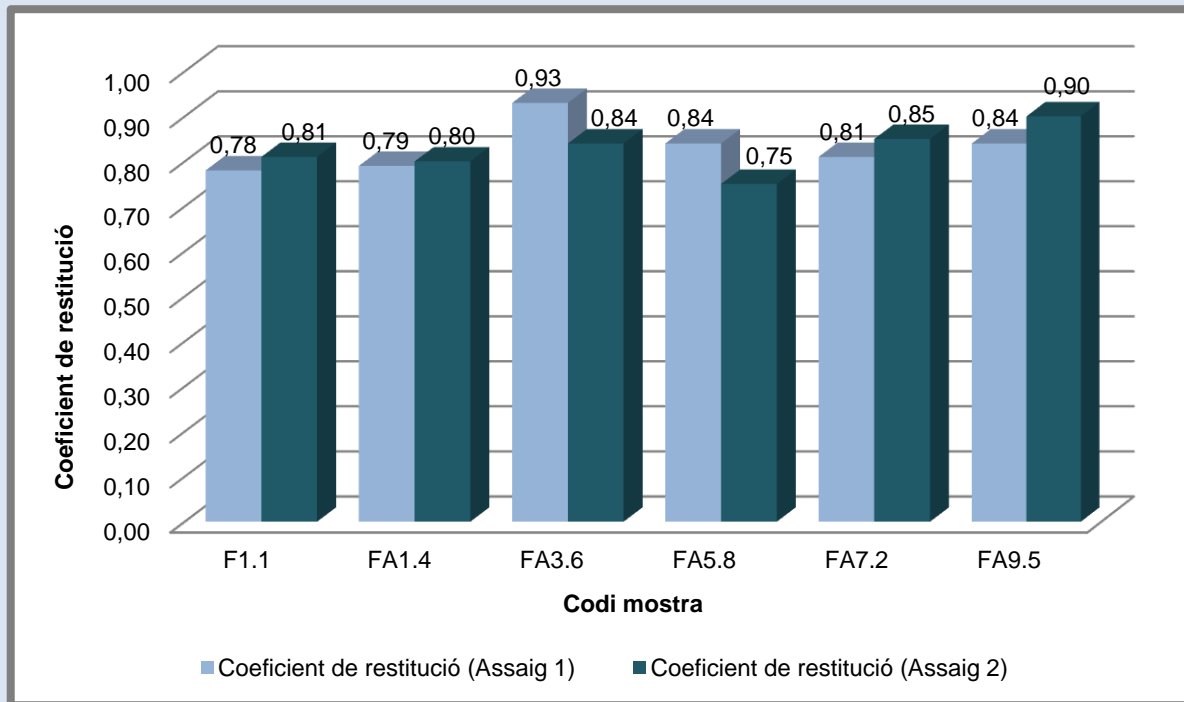
Com esmentat anteriorment en l'apartat de procediment, hem realitzat l'assaig dos cops i amb dues mesures instantànies per obtenir resultats més fiables, ja que la mesura del temps amb el cronòmetre pot ser imprecís i s'ha calculat la mitjana dels valors obtinguts.

A continuació s'exposa la taula de resultats del primer i segon assaig:

ASSAIG 1						
Codi	Alçada de caiguda (cm)(h_1)	Temps entre el primer i el segon rebot (segons)		Mitjana dels temps (segons)	Alçada del rebot (cm) (h_2)	Coeficient de restitució
		Mesurador 1	Mesurador 2			
F1.1	100	0,69	0,72	0,705	60,94	0,78
FA1.4	100	0,71	0,72	0,715	62,68	0,79
FA3.6	100	0,80	0,88	0,84	86,51	0,93
FA5.8	100	0,77	0,75	0,76	70,81	0,84
FA7.2	100	0,72	0,75	0,735	66,23	0,81
FA9.5	100	0,80	0,72	0,76	70,81	0,84

ASSAIG 2						
Codi	Alçada de caiguda (cm)(h_1)	Temps entre el primer i el segon rebot (segons)		Mitjana dels temps (segons)	Alçada del rebot (cm) (h_2)	Coeficient de restitució
		Mesurador 1	Mesurador 2			
F1.1	100	0,75	0,72	0,735	66,23	0,81
FA1.4	100	0,70	0,75	0,725	64,44	0,80
FA3.6	100	0,81	0,70	0,755	69,89	0,84
FA5.8	100	0,70	0,65	0,675	55,86	0,75
FA7.2	100	0,74	0,80	0,77	72,69	0,85
FA9.5	100	0,79	0,83	0,81	80,44	0,90

CONCLUSIONS GENERALS



Gràfic coeficient de restitució de les mostres. Font: Pròpia

Com podem observar en els resultats anteriors, hem obtingut resultats molt semblants en el primer i segon assaig, els quals ens indiquen que les imprecisions que podríem tenir les hem reduït incrementant el nombre de mesures instantànies i realitzant l'assaig dos cops.

Pel que fa al coeficient de restitució, no s'observen grans variacions en els resultats i per tant, podem dir que hi ha una tendència uniforme. Tot i que les mostres contenen diferents dosificacions, d'argila i fang, el coeficient de restitució és semblant per a totes les mostres.

Com hem esmentat anteriorment, segons la norma "UNE-EN 14411:2013", el requisit normal per instal·lacions sotmeses a càrregues lleugeres és un coeficient de restitució de 0,55, per tant, qualsevol de les mostres compleix aquest requisit.

4.4. ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE LA RESISTÈNCIA A L'ABRASIÓ PROFUNDA DE LES RAJOLES NO ESMALTADES

INTRODUCCIÓ

La resistència a l'abració profunda forma part del grup d'assaigs anomenats ETI (*"Ensayos de tipo inicial"*) que s'han de realitzar per a confirmar que les característiques compleixen els requisits de la norma *"UNE-EN 14411:2013 BALDOSAS CERAMICAS: Definiciones, clasificación, características i marcado"*. Aquests assaigs no són obligatoris per a obtenir el certificat CE del material, però són totalment essencials a l'hora de la comercialització del producte.

La determinació de la resistència a l'abració és diferent pel cas de rajoles esmaltades (*norma UNE ISO 10545-7*) i per a rajoles no esmaltades (*norma UNE ISO 10545-6*).

Per a les rajoles no esmaltades, l'assaig es realitza segons la norma *"UNE-ISO 10545-6:2012, BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 6: Determinación de la resistencia a la abrasión profunda de las baldosas no esmaltadas"*. Aquest consisteix en efectuar una empremta sobre la superfície vista de cadascuna de les mostres a assajar, mitjançant un disc d'acer perpendicular a la superfície assajada, girant a 75 revolucions per minut, amb un total de 150 revolucions.

Com a element abraciu s'utilitzarà corindó amb una grandària de partícula determinada.

La resistència a l'abració profunda s'expressa com el volum "V", en mil·límetres cúbics, de material eliminat.

La norma *"UNE-EN 14411:2013 BALDOSAS CERAMICAS: Definiciones, clasificación, características i marcado"*, estableix en els seus annexes normatius, els valor màxims de resistència a l'abració que han de complir les rajoles, en funció del grup al que pertanyin (obtingut a partir de la tipologia de conformat de les peces i la capacitat d'absorció d'aigua).

La característica de la resistència a l'abració està directament relacionada amb la capacitat d'absorció d'aigua del material ceràmic, ja que com més proporció de porus conté menys resistència tindrà la mostra.

EQUIP

- Equip homologat per a l'abració profunda.
- Instrument de mesura amb precisió 0,1 mm.
- Material abraciu.
- Regle.

PROCEDIMENT

Primerament s'estudia el funcionament de l'equip d'abradió profunda, abans de començar la realització de l'assaig.



Aparell d'abradió.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Es col·loca una mostra a l'aparell tangencialment contra el disc giratori. S'assegura que el cabal d'alimentació del material abradiu en la zona de desgast sigui uniforme i de (100 ± 10) grams/100 revolucions.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostra col·locada a l'aparell tangencialment.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra col·locada a l'aparell tangencialment.

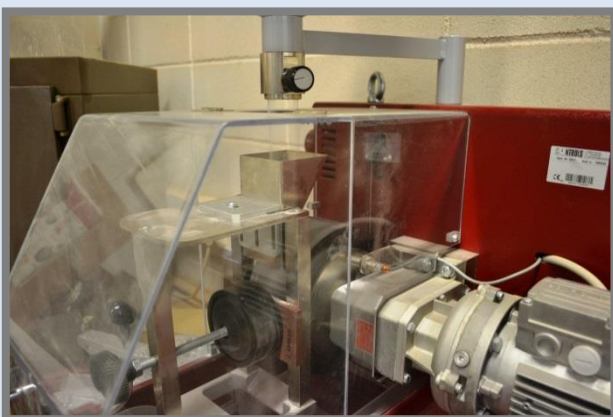
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Es fa girar el disc d'acer durant 150 revolucions.



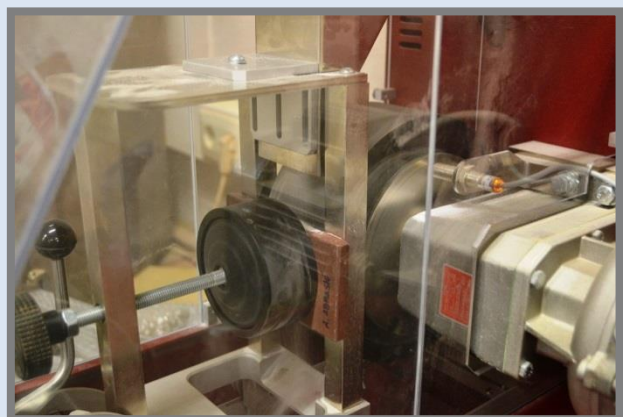
150 revolucions.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Disc d'acer girant a 150 revolucions amb la mostra.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

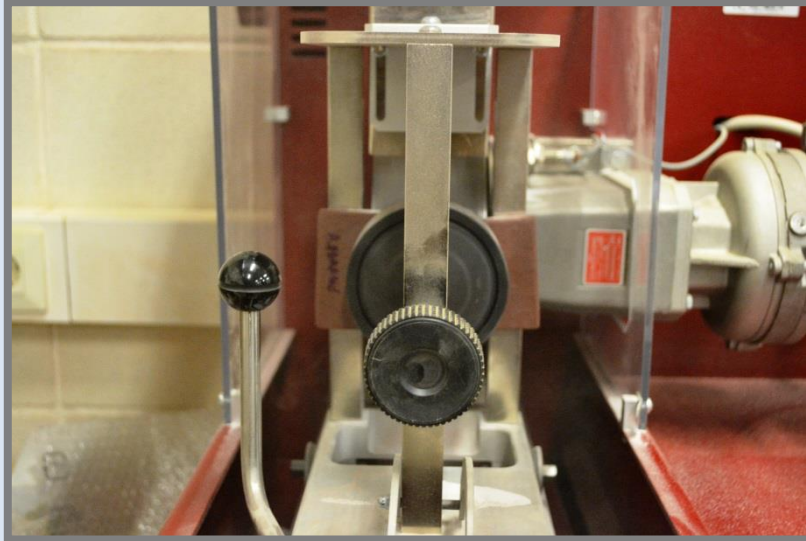


Disc d'acer girant a 150 revolucions amb la mostra.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Es retira la mostra de l'aparell i es mesura la longitud de la corda L de l'empremta amb una precisió de 0,5 mm.



Retirant la mostra després de fer l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

En cap cas es reutilitzarà material abradiu.



Material abradiu sense utilitzar (blanc) i material abradiu utilitzat (Marró).

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

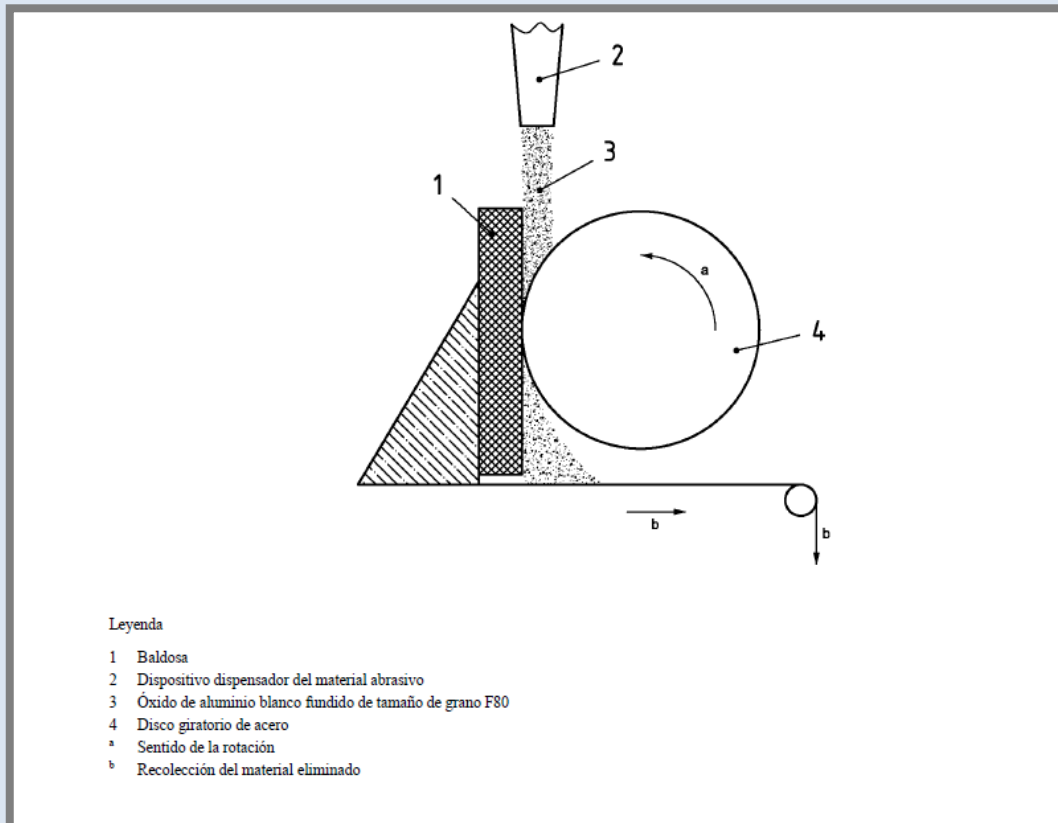


Diagrama esquemàtic de l'equip per l'abració profunda.

Font: UNE-ISO 10545-6:2012.

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

La resistència a l'abradió profunda s'expressa com el volum, V , en mil·límetres cúbics, de material eliminat, i es calcula a partir de la longitud de la corda L de l'empremta mitjançant l'equació:

$$V = \left(\frac{\pi\alpha}{180} - \sin \alpha \right) x \left(\frac{hd^2}{8} \right)$$

Amb:

$$\sin(0,5\alpha) = \frac{L}{d}$$

On:

α és l'angle, en graus, determinat per la corda respecte el centre del disc giratori

h és el gruix, en mil·límetres, del disc giratori

d és el diàmetre en mil·límetres, del disc giratori

L és la longitud, en mil·límetres de la corda

RESULTATS DE L'ASSAIG

Les taules següents especifiquen els requisits de resistència a l'abració que han de complir les mostres en funció del grup en que pertanyen segons la norma "UNE-EN 14411:2013 BALDOSAS CERAMICAS: Definiciones, clasificación, características i marcado":

B.4 Resistencia a la abrasión		
a) Resistencia a la abrasión profunda de baldosas no esmaltadas: volumen de materia perdida	Máximo 175 mm ³	EN ISO 10545-6

Taula requisits grup BIa ($E_b \leq 0,5\%$).

Font: UNE-EN 14411:2013.

B.4 Resistencia a la abrasión		
a) Resistencia a la abrasión profunda de baldosas no esmaltadas: volumen de materia perdida	Máximo 175 mm ³	EN ISO 10545-6

Taula requisits grup BIb ($0,5\% < E_b \leq 3\%$).

Font: UNE-EN 14411:2013.

B.4 Resistencia a la abrasión		
a) Resistencia a la abrasión profunda de baldosas no esmaltadas: volumen de materia perdida	Máximo 540 mm ³	EN ISO 10545-6

Taula requisits grup BIIB ($6\% < E_b \leq 10\%$).

Font: UNE-EN 14411:2013.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Aquesta taula següent resumeix tots els requisits anteriors:

Codi	Absorció (%)	Grup classificació segons UNE EN 14411:2013	Requisits segons UNE EN 14411:2013
			Volum màxim de material eliminat (mm ³)
F1	0,12	Bl _a ($E_b \leq 0,5\%$)	175
FA1	0,24	Bl _a ($E_b \leq 0,5\%$)	175
FA3	0,60	Bl _b ($0,5\% < E_b \leq 3\%$)	175
FA5	0,92	Bl _b ($0,5\% < E_b \leq 3\%$)	175
FA7	1,08	Bl _b ($0,5\% < E_b \leq 3\%$)	175
FA9	2,99	Bl _b ($0,5\% < E_b \leq 3\%$)	175
FA5M2	6,75	BII _b ($6\% < E_b \leq 10\%$)	540

Abans de realitzar l'assaig analitzem la cara vista de les mostres, per tal de comprovar que estan lliures de defectes.



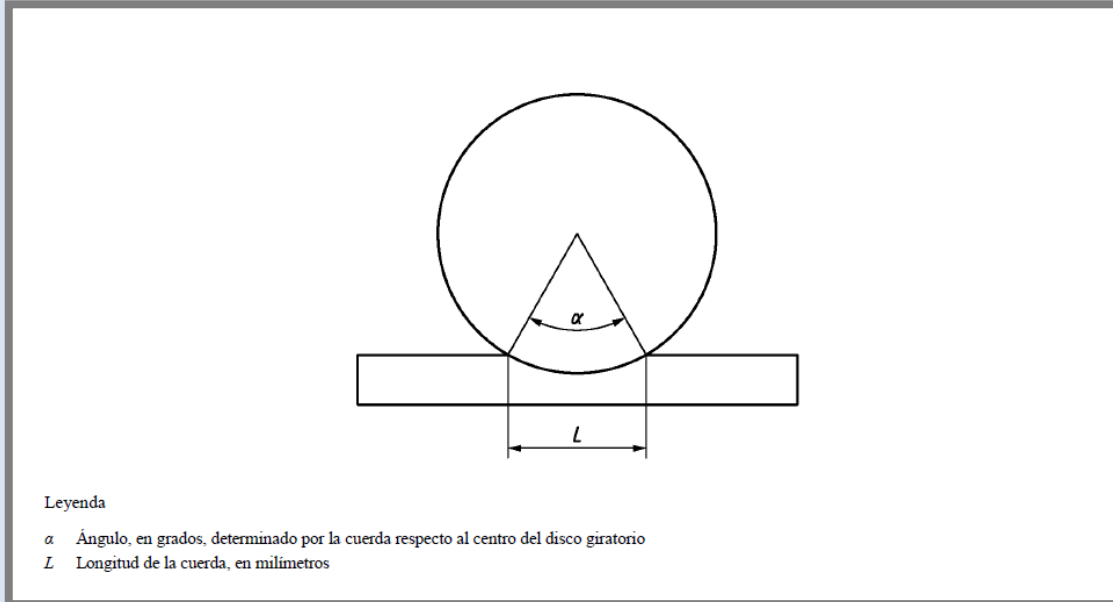
Mostres abans de l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Com hem pogut comprovar a les fotografies anteriors, les mostres estan lliures de defectes i podem procedir a fer l'assaig.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Després de realitzar l'assaig es mesura la longitud de la corda obtinguda i l'angle que forma aquesta respecte el centre del disc giratori, com podem observar al següent esquema:

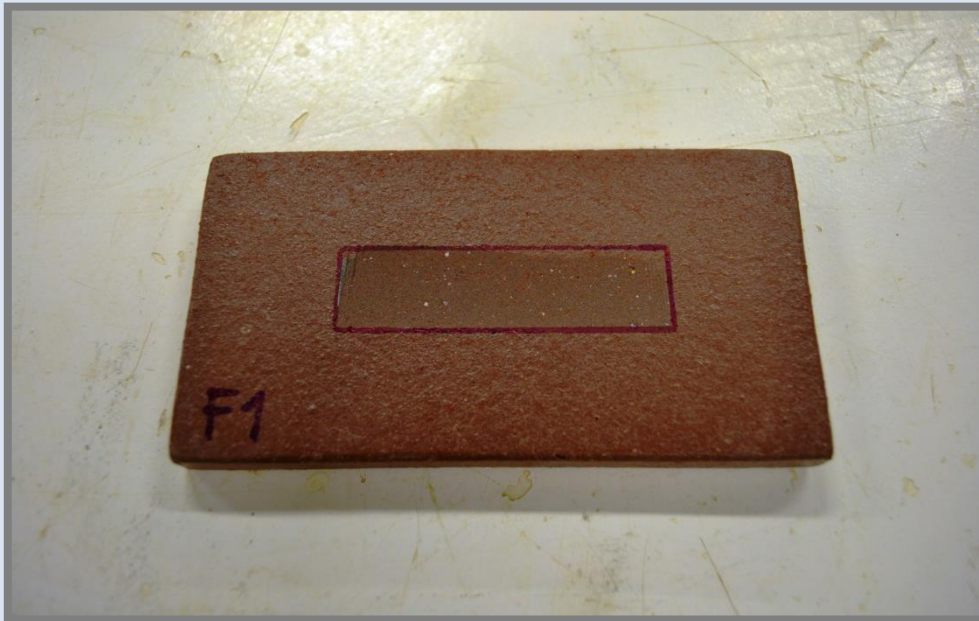


Esquema definició corda.

Font: UNE-ISO 10545-6:2012.

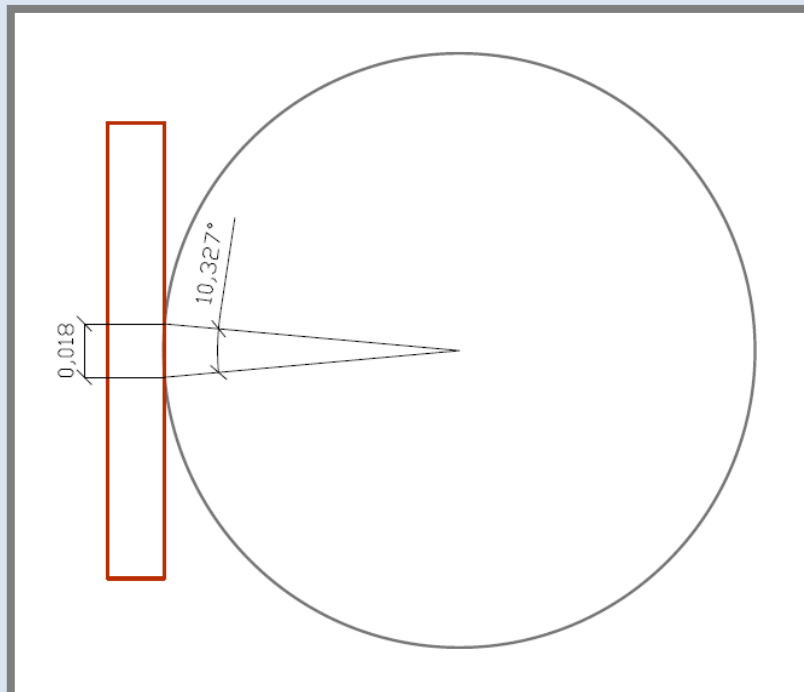
A continuació, es mostren els resultats de cada mostra assajada i l'esquema de definició de la corda obtinguda.

- Mostra F1



Mostra F1 després de l'assaig.

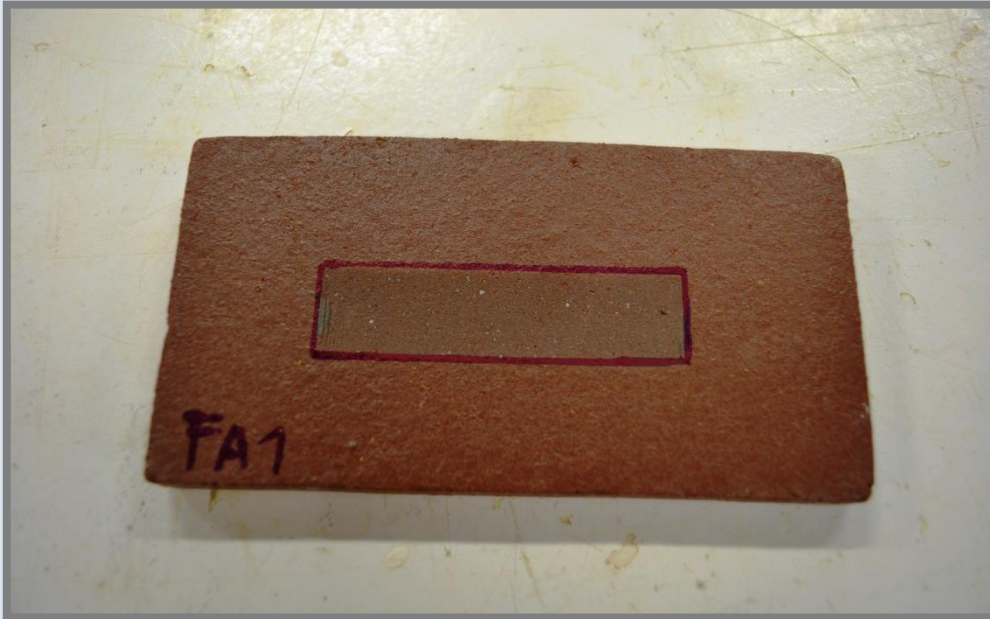
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Esquema definició corda mostra F1.

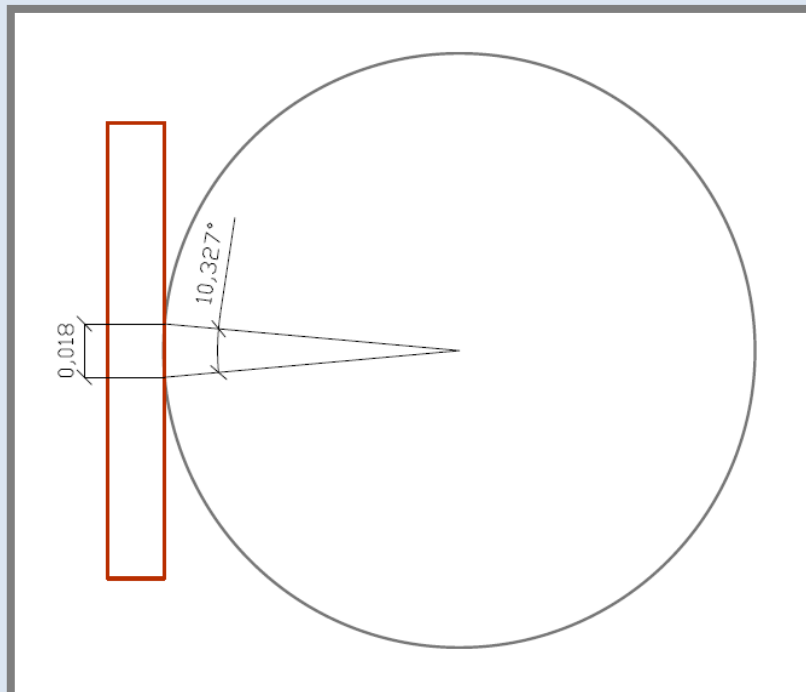
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

- Mostra FA1



Mostra FA1 després de l'assaig.

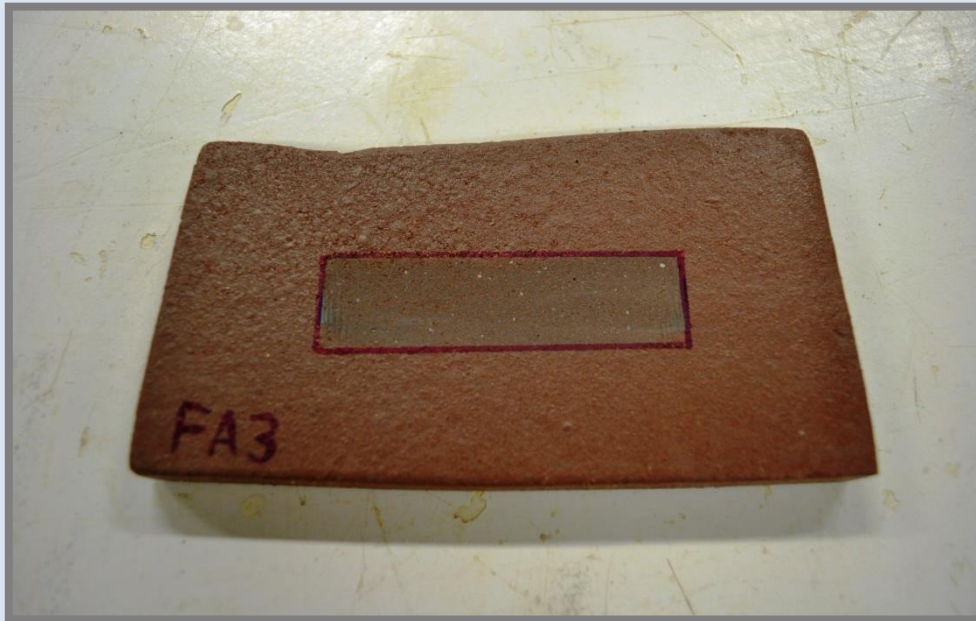
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Esquema definició corda mostra FA1.

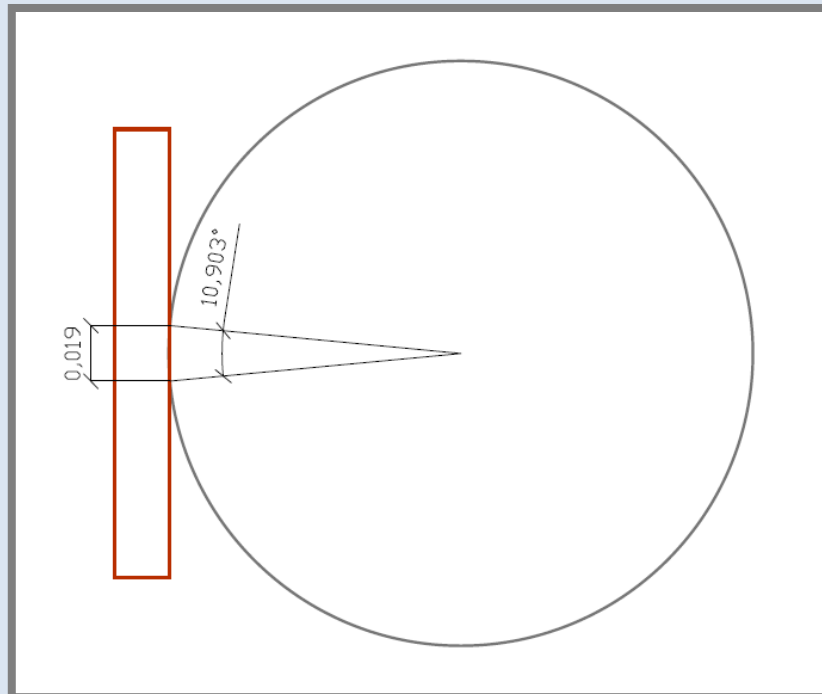
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

- Mostra FA3



Mostra FA3 després de l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

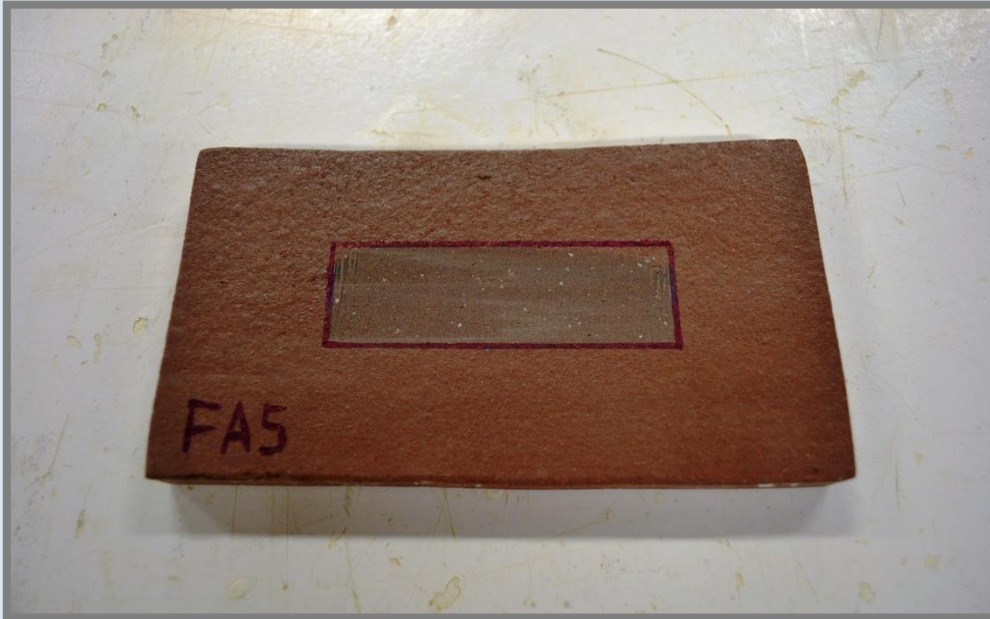


Esquema definició corda mostra FA3.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

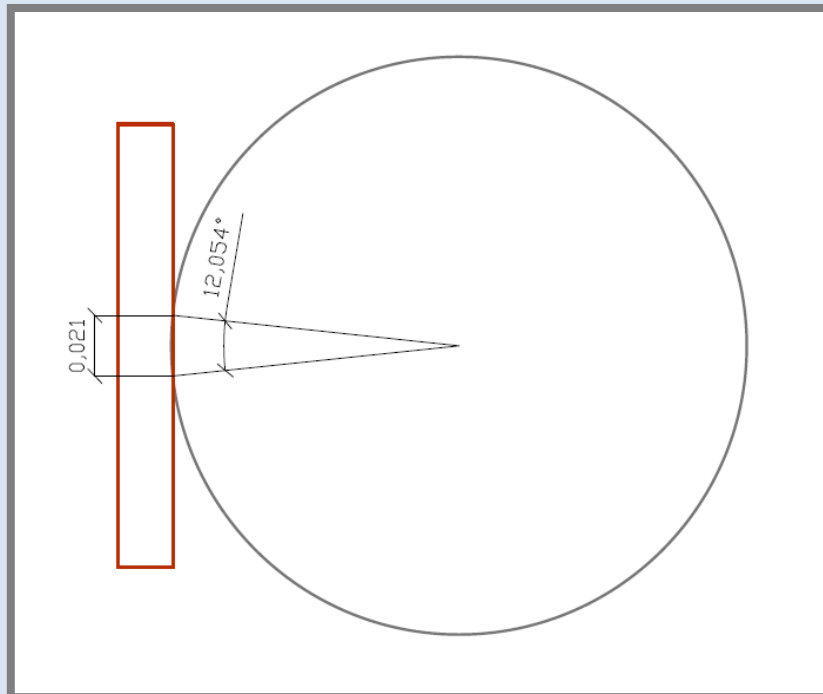
4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Mostra FA5



Mostra FA5 després de l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

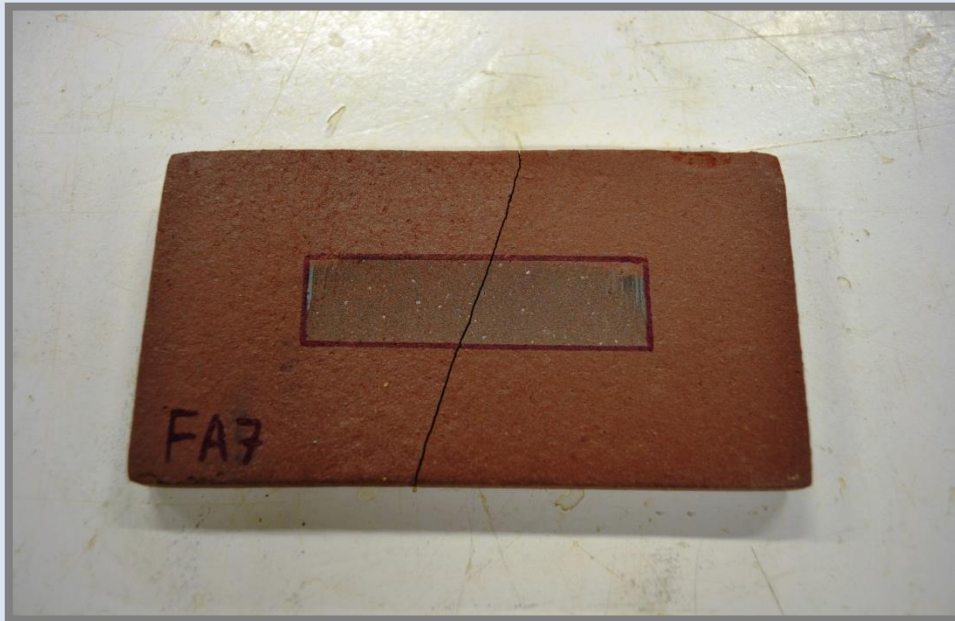


Esquema definició corda mostra FA5.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

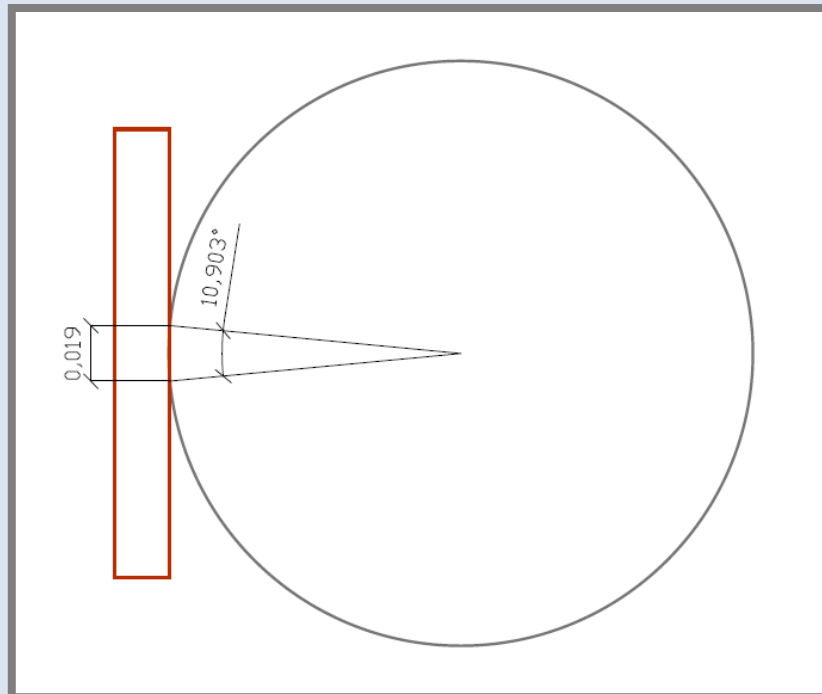
4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Mostra FA7



Mostra FA7 després de l'assaig.

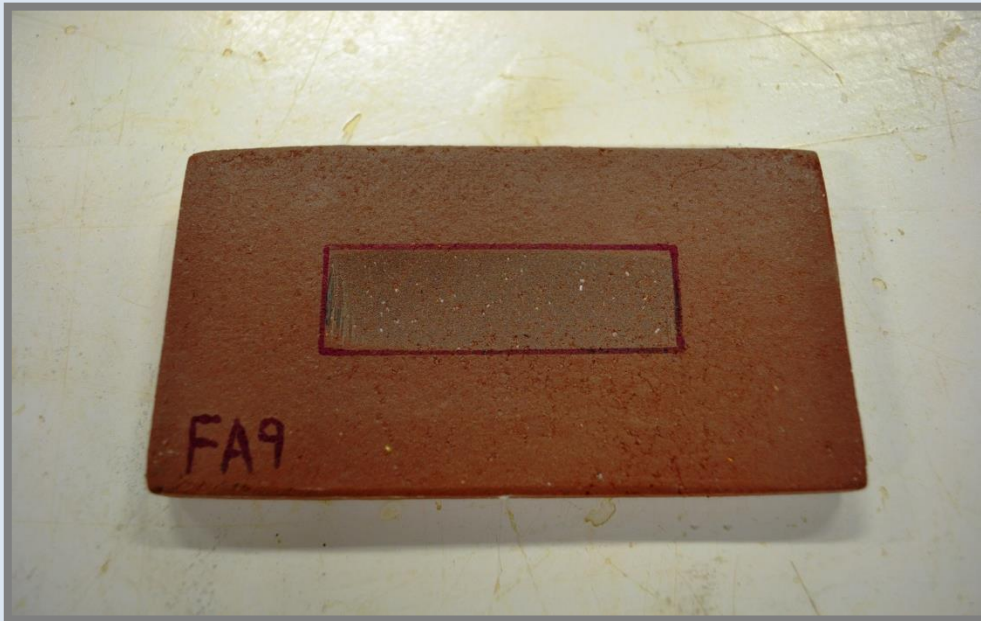
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Esquema definició corda mostra FA7.

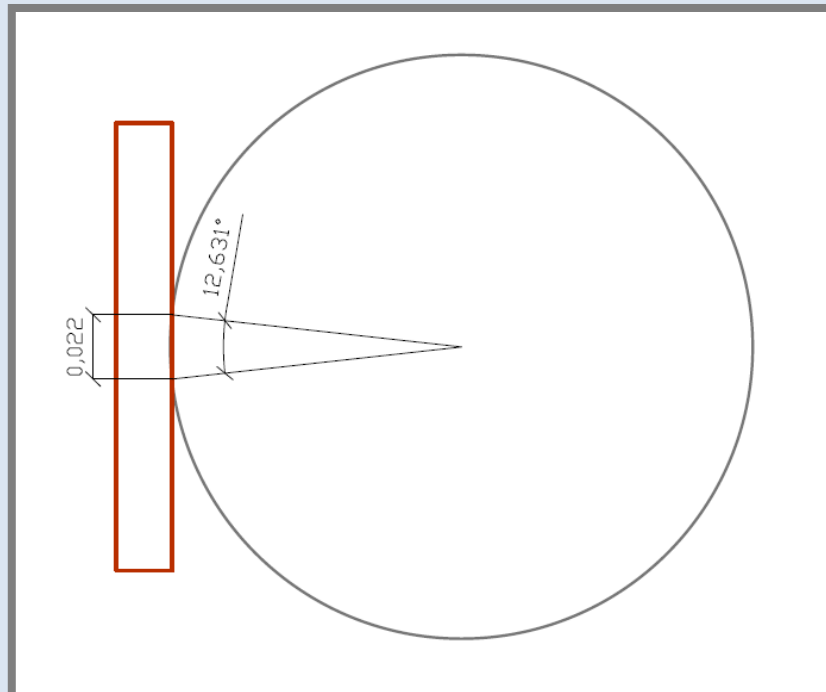
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

- Mostra FA9



Mostra FA9 després de l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

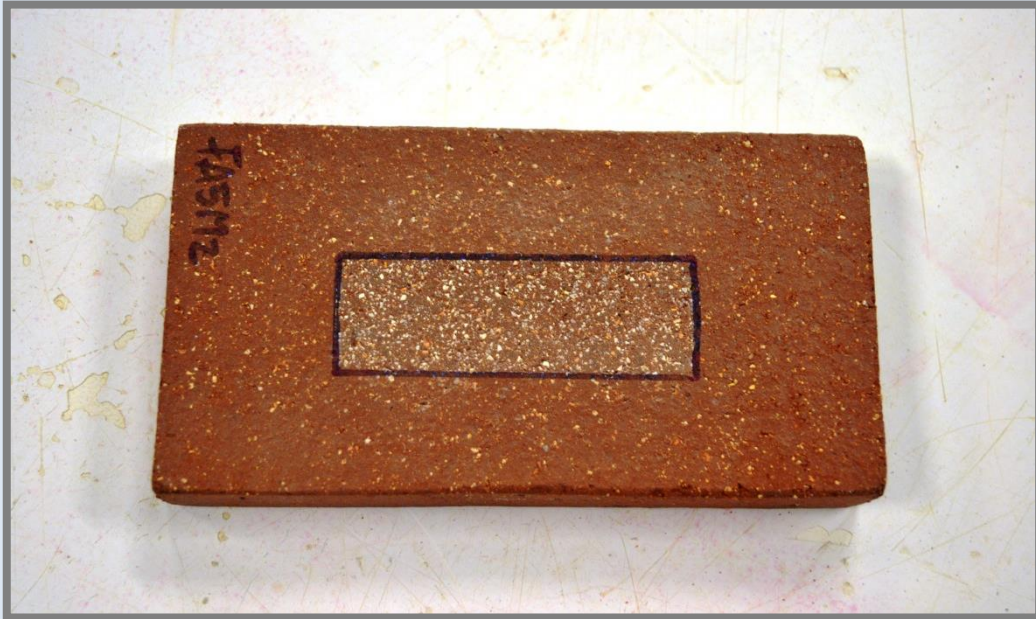


Esquema definició corda mostra FA9.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

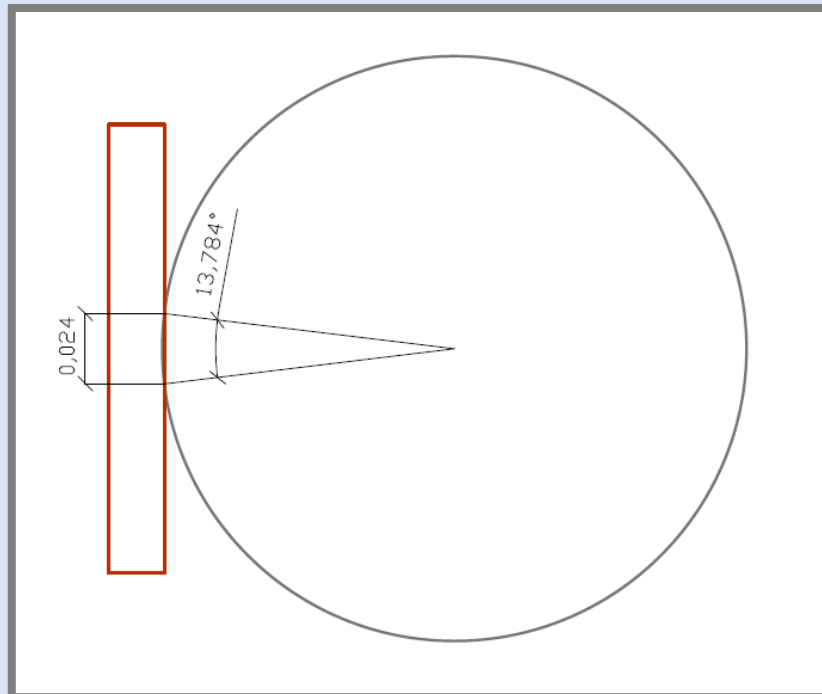
4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- **Mostra millorada**



Mostra FA5M2 després de l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Esquema definició corda mostra FA5M2.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

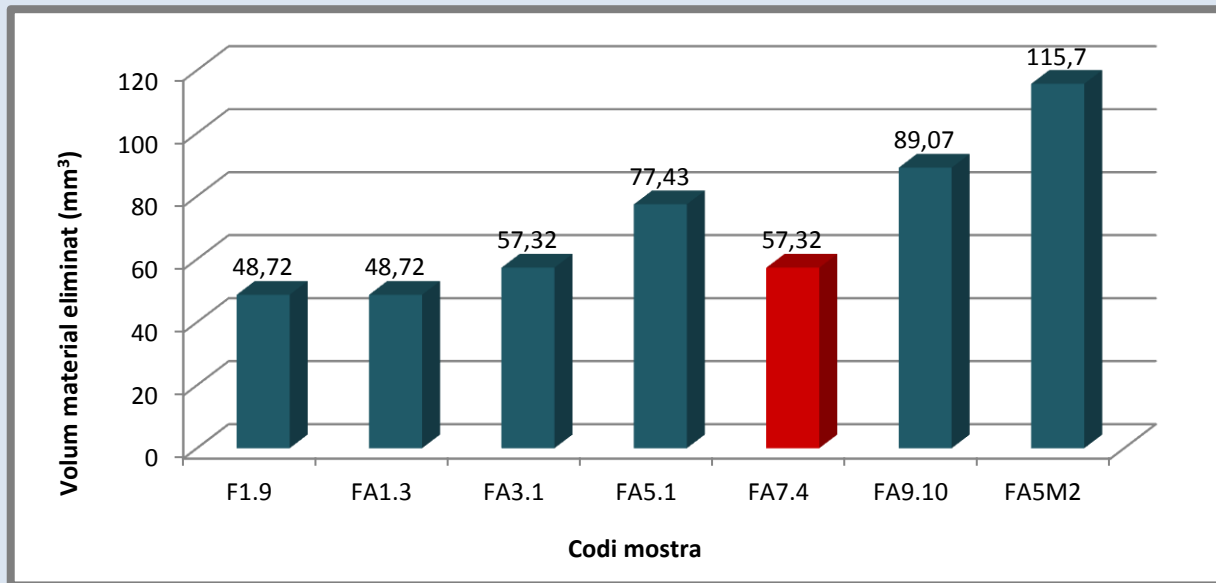
4. PROCÉS EXPERIMENTAL

A la següent taula es recullen totes les dades obtingudes a l'assaig:

Codi	Longitud de la corda (L) (mm)	Angle (graus)	Gruix disc giratori (mm)	Diàmetre disc giratori (mm)	Volum de material eliminat (mm³)
F1.9	18	10,327	10	200	48,72
FA1.3	18	10,327	10	200	48,72
FA3.1	19	10,903	10	200	57,32
FA5.1	21	12,054	10	200	77,43
FA7.4	19	10,903	10	200	57,32*
FA9.10	22	12,631	10	200	89,07
FA5M2	24	13,784	10	200	115,70

*Resultat erroni a causa del trencament de la mostra.

CONCLUSIONS GENERALS



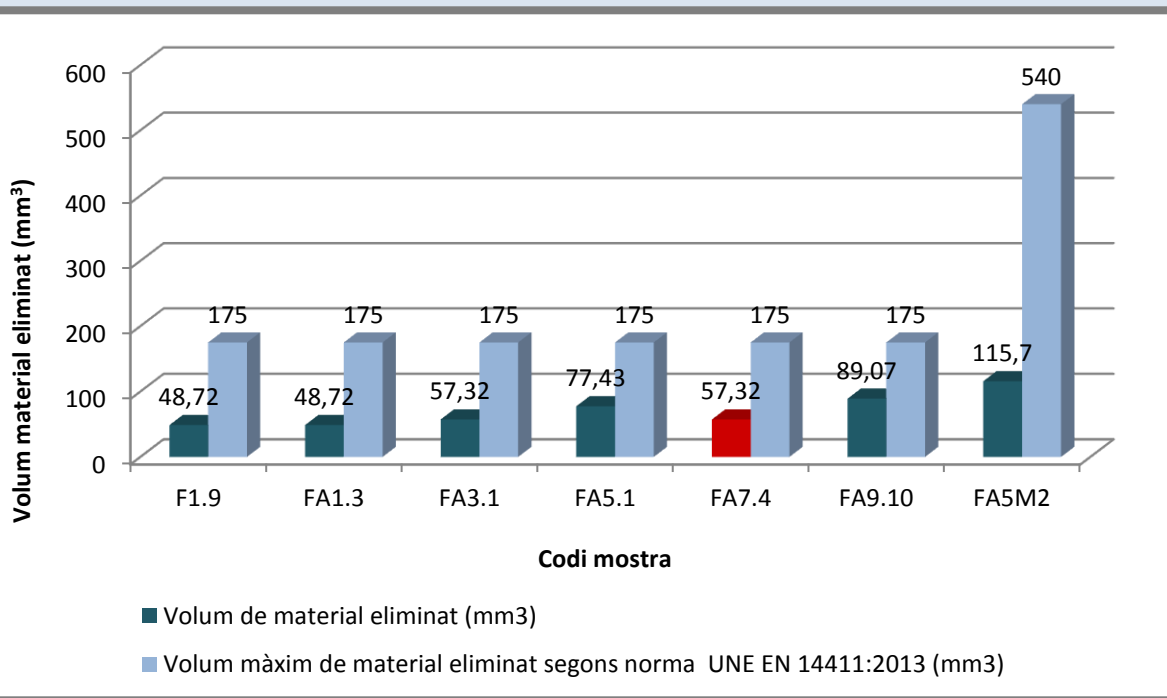
Gràfic del volum de material eliminat de les mostres. Font: Pròpia

Analitzant els resultats anteriors, podem observar com el volum de material eliminat augmenta a mesura que la mostra té un contingut d'argila més elevat.

També, si relacionem aquest volum de material eliminat amb la capacitat d'absorció d'aigua de cada mostra, veiem que segueix un patró semblant al de l'absorció d'aigua, és a dir, a mesura que augmentem el contingut d'argila, augmenta l'absorció d'aigua i el volum de material eliminat.

En el cas de la mostra FA7.4 ens ha donat un resultat que trenca el patró, això és degut a que la mostra es va trencar durant la realització de l'assaig. Per tant, considerem aquest resultat com no vàlid per l'anàlisi dels resultats.

Pel que fa a la mostra FA5M2, la qual conté les mateixes proporcions que la mostra FA5, però se li ha afegit xamota de refractari triturat granulada, veiem que el volum de material eliminat és major que el de la mostra FA5. Aquesta diferència és deguda a que la xamota contribueix a augmentar la porositat i com a conseqüència disminueix la resistència a l'abració, com s'ha esmentat anteriorment.



Gràfic comparativa norma i resultats del volum de material eliminat de les mostres. Font: Pròpia

Per finalitzar l'anàlisi dels resultats, comparem els requisits de volum màxim de matèria eliminada, que estableix la norma "UNE-EN 14411:2013" amb els resultats obtinguts a l'assaig, podem observar clarament que complim en tots els casos, és a dir, el volum de material eliminat sempre està per sota del volum límit màxim.

4.5. ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE LA DILATACIÓ TÈRMICA LINEAL

INTRODUCCIÓ

L'assaig de determinació de la dilatació tèrmica lineal consisteix en determinar el coeficient de dilatació tèrmica per a un interval entre una temperatura ambient i els 100°C.

La majoria de rajoles ceràmiques tenen una dilatació tèrmica lineal baixa. Aquest assaig, segons la norma "UNE-ISO 10545-8:1997, BALDOSAS CERÀMICAS, PARTE 8: Determinación de la dilatación tèrmica lineal", està previst per a rajoles que es col·loquin en condicions de grans variacions de temperatura, com per exemple cobertes planes transitables on la temperatura de la superfície pot patir variacions pronunciades de temperatura.

Aquest assaig forma part del grup d'assaigs anomenats ETI ("Ensayos de tipo inicial") que s'han de realitzar per a confirmar que les característiques compleixen els requisits de la norma. Aquests assaigs no son obligatoris per a obtenir el certificat CE del material, però són totalment essencials a l'hora de la comercialització del producte.

EQUIP

- Aparell capaç d'eleva la temperatura de la proveta a raó de $(5\pm 1)^\circ\text{C}$.
- Estufa de dessecació: Capaç de funcionar a $(110\pm 5)^\circ\text{C}$.
- Instrument de mesura (micròmetre) o qualsevol altre aparell adequat.
- Dessecador.
- Taula talladora de ceràmica.
- Regle.

PROCEDIMENT

L'objectiu d'aquest assaig és determinar el coeficient de dilatació tèrmica d'origen tèrmic per a un interval entre la temperatura ambient i els 100°C de les mostres, mitjançant la norma "UNE-ISO 10545-8:1997, BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 8: Determinación de la dilatación tèrmica lineal".

El procediment que s'ha fet servir per realitzar l'assaig ha estat el següent:

Assecar les mostres a l'estufa d'assecat graduada a $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ fins a obtenir una massa constant, és a dir, fins que la diferència de massa entre les dues pesades successives, efectuades amb un interval de 24h, sigui inferior al 0,1%.



Estufa d'assecat amb les mostres a l'interior.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Deixar refredar les mostres fins a temperatura ambient en un dessecador amb gel de sílice o qualsevol altre agent dessecador apropiat que no sigui un àcid.



Dessecador de gel de sílice amb les mostres a l'interior.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Tallar les mostres per tenir els costats uniformes i poder aproximar més el resultat de les mesures.



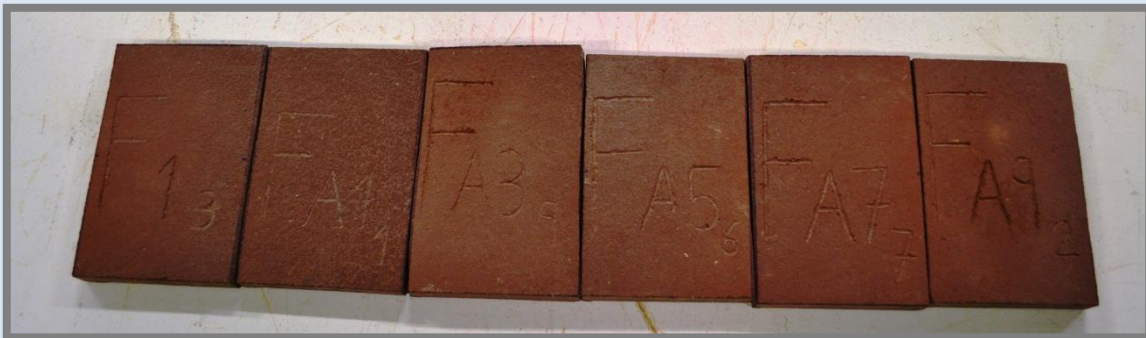
Mostres abans de tallar-les.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres amb la mesura precisa per tallar-les.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres tallades preparades per fer l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Mesurar les longituds inicials de les mostres, mitjançant un peu de rei electrònic o qualsevol altre aparell de mesura apropiat.



Mesurant les longituds inicials de les mostres.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Situar la mostra a l'aparell i registrar la temperatura ambient.

Mesurar, abans i durant el procés d'escalfament, la longitud amb una precisió de 0,01 mm. Anotar la temperatura i la longitud a intervals de temperatura de no més de 15°C. La velocitat d'escalfament de l'aparell ha de ser $(5\pm 1)^{\circ}\text{C}/\text{min}$.



Procés d'escalfament.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

El coeficient de dilatació lineal d'origen tèrmic, α_1 , s'expressa amb aproximació d'una xifra decimal x 10^{-6} per grau centígrad ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$), segons la fórmula:

$$\alpha_1 = \frac{1}{L_0} \times \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

On:

L_0 és la longitud de la mostra a la temperatura ambient

ΔL és l'increment de longitud de la mostra entre temperatura ambient i 100°C

Δt és l'increment de temperatura

RESULTATS DE L'ASSAIG

A la fotografia següent podem comprovar que les mostres no han sofert cap canvi durant la realització d'aquest assaig.



Mostres després de l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

A continuació s'exposen els resultats obtinguts durant tot el procés de l'assaig, mitjançant les taules següents:

CODI	Dimensions inicials a 20°C			Dimensions a 35°C			Dimensions a 50°C		
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix
F1.3	66,66	99,92	11,19	66,65	99,94	11,19	66,60	99,91	11,20
FA1.1	66,71	99,05	10,61	66,71	99,01	10,59	66,70	99,00	10,61
FA3.9	64,74	101,19	11,12	64,72	101,19	11,15	64,69	101,17	11,16
FA5.6	64,62	98,30	10,38	64,62	98,32	10,38	64,60	98,29	10,39
FA7.7	65,91	100,92	11,13	65,95	100,92	11,10	65,92	100,95	11,15
FA9.2	64,55	98,39	11,88	64,53	98,42	11,88	64,52	98,40	11,90

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

CODI	Dimensions a 65°C			Dimensions a 80°C			Dimensions a 95°C			Dimensions a 100°C		
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix
F1.3	66,63	99,89	11,19	66,64	99,90	11,21	66,65	99,94	11,18	66,61	99,92	11,20
FA1.1	66,73	99,02	10,60	66,70	99,00	10,60	66,72	98,99	10,62	66,73	99,03	10,63
FA3.9	64,74	101,20	11,15	64,70	101,15	11,17	64,75	101,17	11,17	64,70	101,19	11,11
FA5.6	64,59	98,33	10,42	64,64	98,30	10,37	64,62	98,31	10,39	64,63	98,29	10,38
FA7.7	65,94	100,91	11,11	65,90	100,90	11,13	65,93	100,92	11,13	65,91	100,93	11,14
FA9.2	64,55	98,41	11,90	64,50	98,39	11,92	64,52	98,42	11,93	64,56	98,44	11,93

CONCLUSIONS GENERALS

Tot seguit, s'extreuen conclusions de les taules anteriors de resultats de l'assaig de dilatació tèrmica lineal.

Observant les mesures de les mostres que hem obtingut al mesurar-les a diferents temperatures, observem que aquestes no pateixen canvis en les dimensions en l'interval de temperatura de 20°C a 100°C.

Aquesta petita diferència en les mesures de cada mostra en les diferents temperatures, pot ser degut a una errada a l'hora de realitzar les mesures manualment amb un peu de rei electrònic.

Aquest assaig seria convenient realitzar-lo amb un equip de mesura més precís que el peu de rei electrònic, ja que la precisió que ens demana la normativa és de 0,01 mm i amb el peu de rei electrònic és difícil arribar a ser tan precís. L'error aproximat que ens dona és $\pm 0,05$ mm.

A causa d'aquesta imprecisió no podem realitzar el càlcul del coeficient de dilatació tèrmica lineal, ja que no podem saber si l'increment de la longitud de la mostra entre la temperatura ambient i 100°C es causat per l'error de l'aparell o per la dilatació de la mostra. Una altra causa per la qual no l'hem pogut realitzar ha estat que en algunes mostres l'increment de longitud entre la temperatura ambient i 100°C era 0.

Segons la norma "UNE-EN 14411:2013" les rajoles ceràmiques tenen una dilatació tèrmica lineal baixa. Podem confirmar-ho amb els nostres resultats, ja que tot i la imprecisió els resultats no tenen gaires variacions.

4.6. ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE LA RESISTÈNCIA AL XOC TÈRMIC

INTRODUCCIÓ

Aquest assaig consisteix en determinar la resistència al xoc tèrmic d'una rajola sotmesa a deu cicles de variació de temperatura entre 15°C i 145 °C.

Aquest assaig forma part del grup d'assaigs anomenats ETI ("*Ensayos de tipo inicial*") que s'han de realitzar per a confirmar que les característiques compleixen els requisits de la norma. Aquests assaigs no són obligatoris per a obtenir el certificat CE del material, però són totalment essencials a l'hora de la comercialització del producte.

En el cas de rajoles destinades al revestiment de paraments verticals, aquest assaig esdevé indispensable a l'hora d'obtenir el certificat CE del producte.

Per a obtenir el resultat, aquesta normativa estableix únicament que s'haurà de fer una inspecció visual abans i després d'assajar les mostres per a trobar possibles defectes produïts durant la realització del mateix.

EQUIP

- Recipient amb aigua freda (15±5)°C.
- Forn programat a 145°C.
- Làmpada lupa.

PROCEDIMENT

L'objectiu d'aquest assaig és determinar la resistència al xoc tèrmic mitjançant la norma "UNE-ISO ISO 10545-9:1997, BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 9: Determinación de la resistencia al choque térmico".

La normativa estableix dos sistemes per a impregnar les mostres amb aigua segons l'absorció de cada una (*determinada segons la norma ISO 10545-3*).

Per a aquelles mostres amb coeficient d'absorció d'aigua igual o inferior a 10%, es farà servir el mètode per immersió que consisteix en submergir totalment les mostres en aigua freda. Per a les mostres amb absorció d'aigua superior al 10%, es farà servir el mètode sense immersió que consisteix en col·locar sobre una placa d'alumini, recoberta per una capa de 5 mm d'espessor de grànuls d'alumini, les mostres i dirigir el raig d'aigua cap a la superfície d'aquesta placa.

Com que totes les nostres mostres tenen un valor d'absorció d'aigua inferior al 10%, es farà servir el mètode d'assaig per immersió.

El procediment que s'ha fet servir per realitzar l'assaig ha estat el següent:

Observar les mostres en busca de defectes visuals visibles a simple vista a una distància de 25 cm a 30 cm i amb una il·luminació aproximada de 300lux. Totes les mostres han d'estar lliures de defectes a l'inici de l'assaig.



Inspecció de les mostres en busca de defectes visuals visibles.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Assaig per immersió: Submergir les mostres de baixa porositat, amb coeficient d'absorció d'aigua inferior o igual al 10%, en aigua freda a $(15\pm 5)^{\circ}\text{C}$, en posició vertical i de forma que no hi hagi contacte entre elles.



Assaig per immersió.

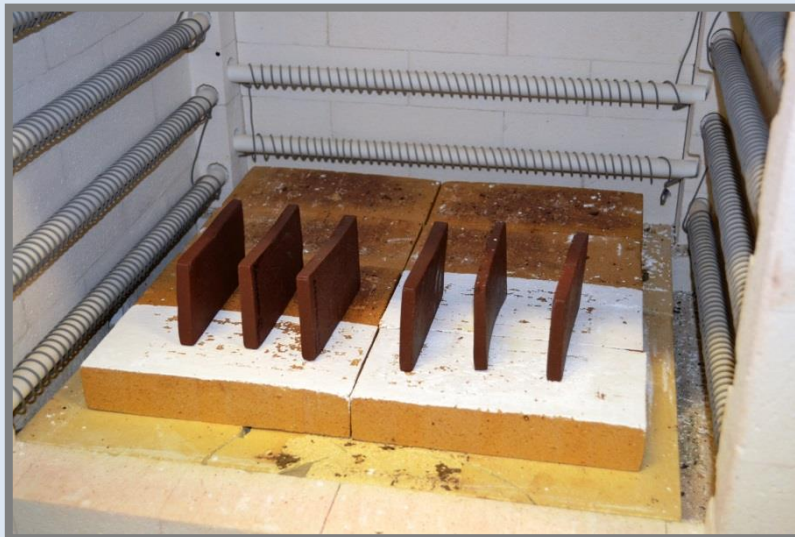
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Assaig per immersió.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Després d'haver deixat les mostres 5 min a baixa temperatura, retirar-les i introduir-les immediatament a l'estufa mantinguda a $(145\pm 5)^{\circ}\text{C}$ fins aconseguir una temperatura uniforme (20 min). A continuació retornar-les immediatament a les condicions de baixa temperatura.



Mostres dins el forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

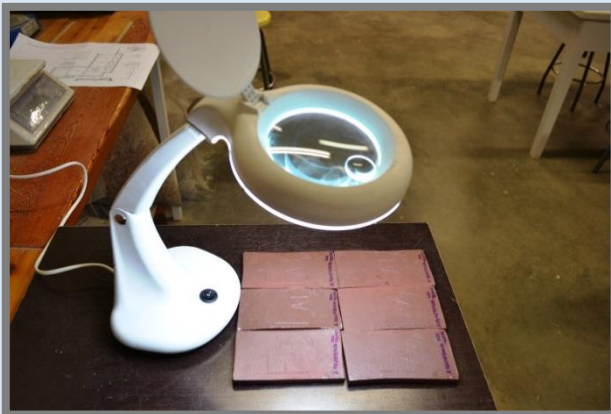


Forn mantingut a $(145\pm 5)^{\circ}\text{C}$.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

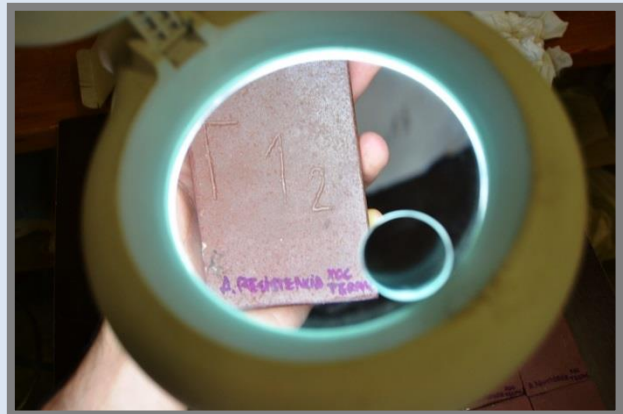
Repetir el procés 10 vegades.

Finalment, buscar els defectes visibles examinant les mostres a simple vista a una distància de 25 cm a 30 cm amb una il·luminació aproximada de 300lux.



Examinant les mostres.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Examinant les mostres.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

Per a aquest assaig no caldrà realitzar càlculs per determinar els resultats, ja que només cal fer una inspecció visual per a determinar si la mostra ha sofert canvis després de l'assaig.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

RESULTATS DE L'ASSAIG

A la fotografia següent podem observar el resultat de les mostres després de realitzar l'assaig de determinació de la resistència al xoc tèrmic.



Mostres abans de realitzar l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres després de realitzar l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

CONCLUSIONS GENERALS

Com únicament s'ha de fer una inspecció visual per obtenir els resultats d'aquest assaig, s'ha observat detalladament la superfície i tots els costats de cada mostra, en busca de possibles defectes visuals que s'hagin pogut produir.

A la fotografia anterior podem comprovar que les mostres no han sofert cap canvi durant la realització d'aquest assaig. És a dir, en cap de les cares i dels costats de les mostres hi ha fissures, desprendiments de material o canvis de color que es puguin apreciar amb la làmpada lupa.

Per tant, com a conclusió d'aquest assaig podem assegurar que qualsevol de les dosificacions compleix l'assaig de determinació de la resistència al xoc tèrmic.

4.7. ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE LA DILATACIÓ PER HUMITAT

INTRODUCCIÓ

L'assaig de determinació de la dilatació per humitat consisteix en determinar l'expansió accelerada per humitat al submergir una rajola, recuita, en aigua bullint, i mesurar el canvi relatiu de la seva longitud.

La majoria de rajoles ceràmiques tenen una dilatació per humitat insignificant, assajades d'acord a la norma "UNE-ISO 10545-10:1997, BALDOSAS CERÀMICAS, PARTE 10: Determinación de la dilatación por humedad", que no afecta a la col·locació si aquesta es fa correctament. No obstant, en pràctiques de col·locació insatisfactòries o en certes condicions climàtiques, un excés de dilatació per humitat del 0,06% (0,6 mm/m) pot causar problemes.

El coeficient de dilatació per humitat forma part del grup d'assaigs anomenats ETI ("*Ensayos de tipo inicial*") que s'han de realitzar per a confirmar que les característiques compleixen els requisits de la norma. Aquests assaigs no són obligatoris per a obtenir el certificat CE del material, però són totalment essencials a l'hora de la comercialització del producte.

EQUIP

- Aparell de mesura apropiat amb una precisió de 0,01 mm.
- Forn capaç d'escalfar fins a 600°C amb una elevació de temperatura de 150° C/h i amb control de temperatura de $\pm 15^{\circ}\text{C}$.
- Dispositiu que permeti mantenir les mostres en aigua destil·lada o desionitzada, en ebullició, durant 24h.
- Dessecador.

PROCEDIMENT

L'objectiu d'aquest assaig és determinar la expansió accelerada per humitat, mitjançant la norma "UNE-ISO 10545-10:1997, BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 10: Determinación de la dilatación por humedad".

El procediment que s'ha fet servir per realitzar l'assaig ha estat el següent:

- Recuit de les mostres

Recuire en un forn amb una elevació de temperatura de 150°C/h i una permanència de 2h a l'arribar a (550±15)°C. Si alguna de les mostres es trenqués durant la recuita, realitzar el recuit de una nova mostra amb elevació i descens de temperatura més lents.



Mostres dins el forn per la recuita.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Deixar refredar les mostres dintre el forn i treure-les quan la temperatura hagi descendit a (70±10)°C.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Mantenir-les a temperatura ambient de 24h a 32h en un dessecador. Determinar, amb aproximació de 0,5 mm, la longitud inicial de cada mostra.



Mostres dins el dessecador.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Higròmetre al interior del dessecador (32% humitat).

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Higròmetre al laboratori (60% humitat).

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Mesurar la mostra dues vegades amb un interval de tres hores.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Tractament amb aigua bullint

Portar a ebullició l'aigua destil·lada o desionitzada en l'escalfador d'aigua.

Submergir les mostres en l'aigua bullint durant 10h consecutives, assegurant-se que el nivell d'aigua es mantingui almenys 5 cm per sobre d'elles i que no es toquin entre sí, ni tampoc toquin el fons o les parets del recipient.



Mostres submergides a l'aigua destil·lada bullint.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres submergides a l'aigua destil·lada bullint.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Treure les mostres de l'aigua bullint i deixar-les refredar a temperatura ambient assegurant-se que aquestes no es toquen entre sí.



Mostres a temperatura ambient.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Mesurar-les una hora després d'haver-les tret de l'escalfador d'aigua, i un cop més passades 3 hores i anotar les mesures amb la mateixa precisió.



Mesurant la mostra FA1.5.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Determinar per a cada mostra la mitjana de les dues mesures abans i després del tractament amb aigua bullint, i determinar la diferència entre els dos valors mitjos.

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

L'expansió per humitat expressada en mil·límetres per metre es calcula amb la fórmula:

$$\frac{\Delta l}{L} \times 1000$$

L'expansió per humitat expressada en percentatge es pot calcular amb la fórmula:

$$\frac{\Delta l}{L} \times 100$$

On:

Δl és la diferència entre els dos valors mitjos, en mil·límetres

L és la longitud mitja inicial, en mil·límetres, de la mostra

RESULTATS DE L'ASSAIG

A la fotografia següent podem comprovar que les mostres no han sofert cap canvi durant la realització d'aquest assaig.



Mostres després de realitzar l'assaig .

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

A continuació s'exposen els resultats obtinguts durant tot el procés de l'assaig, mitjançant les taules següents:

Mesures un cop recuïtes després de treure-les del dessecador				
Codi	Amplada	Longitud	Gruix	Pes
F1.5	69,15	131,64	11,26	250,70
FA1.5	71,97	134,28	10,50	224,00
FA3.8	68,82	133,42	12,25	247,80
FA5.2	71,66	135,53	12,24	251,00
FA7.10	71,94	136,87	11,40	256,00
FA9.8	72,13	137,59	11,86	265,20

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

<i>Mesures després de bullir-les 10h</i>				
<i>Codi</i>	<i>Amplada</i>	<i>Longitud</i>	<i>Gruix</i>	<i>Pes</i>
F1.5	69,07	131,64	11,20	250,70
FA1.5	71,75	134,31	10,54	223,90
FA3.8	69,10	133,37	12,27	248,80
FA5.2	71,66	135,58	12,47	251,20
FA7.10	71,96	136,86	11,52	259,30
FA9.8	72,14	137,23	11,81	268,50

<i>Mesures després de 3 hores d'haver-les bullit</i>				
<i>Codi</i>	<i>Amplada</i>	<i>Longitud</i>	<i>Gruix</i>	<i>Pes</i>
F1.5	69,24	131,73	11,28	250,90
FA1.5	71,72	134,31	10,53	223,90
FA3.8	69,22	133,56	12,25	249,20
FA5.2	71,66	135,80	12,52	252,00
FA7.10	71,95	136,71	11,57	261,00
FA9.8	72,32	137,39	11,88	270,80

CONCLUSIONS GENERALS

Tot seguit, s'extreuen conclusions de les taules anteriors de resultats de l'assaig de dilatació per humitat.

Observant les mesures de les mostres que hem obtingut al mesurar-les a diferents moments de l'assaig, observem que aquestes no pateixen canvis en les dimensions.

Creiem que la normativa basa l'assaig en mostres de més grans dimensions, ja que si mesurem les nostres mostres amb una precisió de 0,5mm, la diferència entre les dimensions inicials i finals és 0.

Com les nostres mostres tenen unes dimensions reduïdes, seria convenient mesurar les longituds amb un aparell de mesura molt precís.

Per a determinar les mesures, s'ha utilitzat el peu de rei electrònic, ja que és l'instrument de mesura amb més precisió que disposàvem, però es comet un error causat per la realització de les mesures de forma manual amb un peu de rei electrònic.

Aquest assaig seria convenient realitzar-lo amb un equip de mesura més precís que el peu de rei electrònic. L'error aproximat que ens dona és $\pm 0,05$ mm.

A causa d'aquesta imprecisió no podem realitzar el càlcul del coeficient de dilatació per humitat, ja que l'increment de la longitud de la mostra no podem saber si es causat per l'error de l'aparell o per la dilatació de la mostra.

Segons la norma "UNE-EN 14411:2013" la majoria les rajoles ceràmiques tenen una dilatació per humitat insignificant, que no afecta a la col·locació si aquesta esta realitzada correctament. Podem confirmar-ho amb els nostres resultats, ja que tot i la imprecisió els resultats no tenen gaires variacions.

4.8. ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE LA RESISTÈNCIA A LA GELADA

INTRODUCCIÓ

La característica de la resistència a la gelada està directament relacionada amb la capacitat d'absorció d'aigua del material ceràmic, ja que la penetració d'aigua als porus i la seva posterior expansió per congelació, poden produir la ruptura de la peça i crear desprendiments de material de les mostres.

Aquest assaig es basa en la determinació de la resistència a la gelada mitjançant la impregnació d'aigua de les mostres i sotmetre-les a 100 cicles de congelació – descongelació amb un interval de temperatura de +5°C i -5°C.

Per a obtenir el resultat de l'assaig, aquesta normativa estableix únicament que s'haurà de fer una inspecció visual abans i després de l'assaig per a trobar possibles defectes produïts durant la realització del mateix. En el cas que es cregui que alguna mostra pot sofrir danys relativament aviat, es podran examinar les mostres en etapes intermèdies, fent la indicació corresponent a l'informe de l'assaig.

Tot i el requisit de la inspecció visual, la normativa proposa la determinació de l'absorció inicial i final de les mostres, pel tal de conèixer el comportament i les afectacions que ha pogut sofrir la mostra.

Aquest assaig forma part del grup d'assaigs a realitzar per a obtenir el marcat CE del producte.

Segons la norma *“UNE-EN 14411:2013 BALDOSAS CERAMICAS: Definiciones, clasificación, características i marcado”*, la determinació de la resistència a la gelada només es requereix per les aplicacions d'ús exterior i que es prevegin condicions de gel.

Al dissenyar una instal·lació en exteriors amb condicions climàtiques adverses, a més de l'elecció del material ceràmic, s'ha de prestar especial atenció a la selecció de la tècnica de col·locació, material subjecció i el material de rejuntat, amb l'objectiu de garantir l'absència d'acumulació d'humitat sota el paviment.

EQUIP

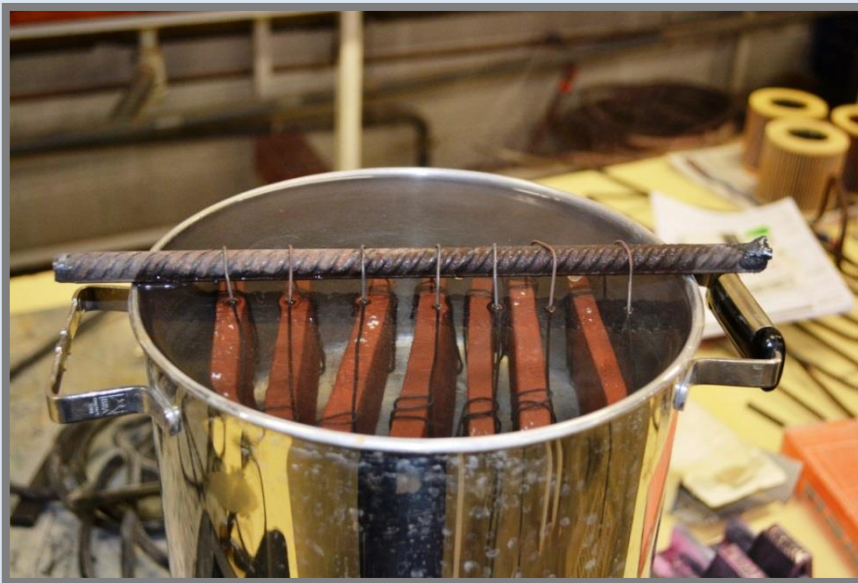
- Estufa de dessecació: Capaç de funcionar a $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Balança amb precisió del 0,1% del pes de una mostra.
- Recipient en el qual es realitza l'ebullició.
- Font de calor.
- Aparell frigorífic capaç de congelar les rajoles disposades que estiguin separades entre sí.
- Aigua, mantinguda a una temperatura de $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Detector tèrmic per infrarojos per mesurar la temperatura.

PROCEDIMENT

L'objectiu d'aquest assaig és determinar la resistència a la gelada de les mostres mitjançant la norma "UNE-ISO 10545-12:1997, BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 12: Determinación de la resistencia a la helada".

El procediment que s'ha fet servir per realitzar l'assaig ha estat el següent:

Determinar l'absorció inicial de les mostres mitjançant el mateix mètode emprat a l'assaig de determinació de l'absorció d'aigua segons la norma "UNE ISO 10545-3:1997".



Assaig d'absorció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Baixar la temperatura de les mostres fins a -5°C a una velocitat no superior a $20^{\circ}\text{C}/\text{h}$ i mantenir la temperatura de les mostres per sota de -5°C durant 15 min.



Mostres a l'interior del congelador.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres a l'interior del congelador.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Submergir les mostres o ruixar-les amb aigua fins que la temperatura de les mostres superi $+5^{\circ}\text{C}$ i mantenir la temperatura d'aquestes per sobre de $+5^{\circ}\text{C}$ durant 15 minuts.



Mostres submergides amb aigua.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Repetir el cicle almenys 100 cops. Només s'admet la interrupció dels cicles si es mantenen les mostres submergides en aigua per sobre de +5°C.

Al finalitzar l'assaig pesar cada mostra i eixugar-la a continuació, fins aconseguir massa constant a l'estufa de dessecació.



Mostres a l'interior de l'estufa.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Després de 100 cicles, examinar la cara esmaltada o vista de la mostra a simple vista, a una distància de 25 cm a 30 cm i amb una il·luminació aproximada de uns 300 lux. Les mostres poden ser examinades en etapes intermèdies, indicant-ho a l'informe, si es pensa que poden fer-se malbé relativament aviat. Anotar qualsevol dany que s'observi en la cara vista i a les vores de la mostra.

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

Per a cada mostra el coeficient d'absorció d'aigua, $E_{(b)}$, expressat com a percentatge de massa seca, es calcula mitjançant l'equació:

$$E_b = \frac{m_{2b} - m_1}{m_1} \times 100$$

On:

m_1 és la massa de la mostra seca

m_{2b} és la massa de la mostra humida

L'absorció final d'aigua, E_2 , expressada com a percentatge de la massa, es calcula amb l'equació:

$$E_2 = \frac{m_3 - m_4}{m_4} \times 100$$

On:

m_3 és la massa de la mostra humida després de realitzar l'assaig

m_4 és la massa de la mostra seca després de realitzar l'assaig

RESULTATS DE L'ASSAIG

A les fotografies següents es pot observar l'aspecte de les mostres en les diferents etapes de l'assaig, és a dir, després de determinar l'absorció d'aigua inicial i abans d'iniciar els cicles de gel-desgel, un cop finalitzats els 100 cicles de gel-desgel i finalment les mostres després del procés d'assecat.



Mostres després de l'assaig d'absorció.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres després dels 100 cicles de gel i desgel.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres després del procés d'assecat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

A continuació s'exposen els resultats obtinguts durant tot el procés de l'assaig, mitjançant les taules següents:

Absorció inicial			
Codi	Pes en sec (g)	Absorció	
		Pes humida (g)	% absorció
F1.4	249,8	250,0	0,08
FA1.6	224,0	224,5	0,22
FA3.3	248,9	249,5	0,24
FA5.4	250,8	253,1	0,92
FA7.8	257,1	262,6	2,14
FA9.1	263,1	269,7	2,51

A la taula anterior podem observar els resultats de l'absorció inicial que hem hagut de realitzar abans de començar els cicles de gel-desgel.

Absorció després de l'assaig			
Codi	Pes en sec (g)	Absorció	
		Pes humida (g)	% absorció
F1.4	249,7	251,0	0,48
FA1.6	224,0	225,7	0,76
FA3.3	248,9	251,2	0,92
FA5.4	250,9	254,9	1,63
FA7.8	257,1	264,8	2,99
FA9.1	263,2	272,3	3,50

A la taula anterior podem observar els resultats de l'absorció després de realitzar els cicles de gel-desgel.

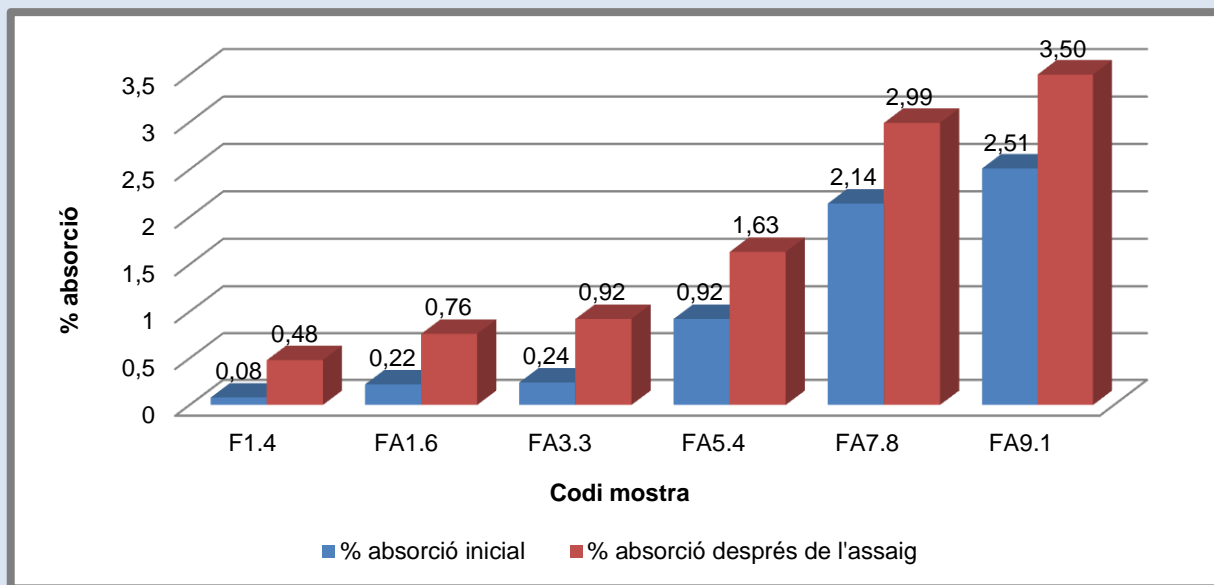
CONCLUSIONS GENERALS

Primerament comencem per l'anàlisi visual de les mostres, ja que un dels objectius d'aquesta norma és realitzar una inspecció visual abans i després de l'assaig per a trobar possibles defectes produïts durant la realització d'aquest.

La normativa estableix que les mostres poden ser examinades en etapes intermèdies, si es creu que alguna pot sofrir danys relativament aviat. A mesura que avançàvem els cicles de gel-desgel inspeccionàvem les mostres, però no hem cregut necessari fer una indicació a l'informe, ja que no s'observaven canvis.

Com hem pogut observar a les fotografies de l'apartat anterior, les mostres no han sofert danys a la cara vista, ni a cap dels costats. En canvi, en quan a la seva aparença, hem pogut observar un canvi de color de les mostres entre l'inici de l'assaig i després del procés d'assecat, al finalitzar l'assaig. El color de les mostres abans de començar l'assaig era d'un to més viu i en canvi, al finalitzar-lo s'observa com s'ha reduït la intensitat del color.

Tot i el requisit de la inspecció visual, la normativa proposa la determinació de l'absorció inicial i final de les mostres, pel tal de conèixer el comportament i les afectacions que han pogut sofrir. A continuació s'analitzen aquests valors:



Gràfic comparatiu % absorció inicial i després de l'assaig de les mostres. Font: Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Analitzant els resultats del gràfic anterior de la comparativa del % d'absorció inicial i final, podem observar clarament que l'absorció d'aigua ha augmentat un cop finalitzat l'assaig.

La diferència entre l'absorció inicial i la final, augmenta progressivament, és a dir, com més absorció inicial té la mostra, més gran és aquesta diferència. Això és degut a que l'aigua que entra en els porus, s'expandeix a causa de la congelació, provocant micro fissures que permeten una major entrada d'aigua i amb un conseqüent augment de l'absorció.

També, podem observar com l'absorció d'aigua augmenta a mesura que la mostra té un contingut d'argila més elevat.

En conclusió, tot i que l'absorció d'aigua de les mostres ha augmentat un cop finalitzat l'assaig, podem dir que les mostres són resistents a la gelada, ja que no s'han produït danys visibles a aquestes. Per tant, serien aptes per a la utilització com a paviments exterior en zones de condicions climàtiques adverses.

4.9. ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE LA RESISTÈNCIA QUÍMICA

INTRODUCCIÓ

Aquest assaig es basa en l'aplicació, sobre la superfície de les mostres, una quantitat determinada de reactiu, durant un període establert i la posterior valoració i classificació visual.

L'assaig de resistència química forma part del grup d'assaigs anomenats ETI ("*Ensayos de tipo inicial*") que s'han de realitzar per a confirmar que les característiques compleixen els requisits de la norma. Aquests assaigs no són obligatoris per a obtenir el certificat CE del material, però són totalment essencials a l'hora de la comercialització del producte.

L'actual normativa ISO, tot i haver unificat els reactius emprats en els assaigs per a rajoles esmaltades i no esmaltades, continua mantenint diferències importants en el temps de contacte amb les mostres, sent molt més estricta en el cas de les rajoles no esmaltades.

Els reactius utilitzats són clorur amònic (com a producte domèstic de neteja), hipoclorit sòdic (com additiu utilitzat en piscines), àcid cítric, clorhídric i hidròxid potàssic (com a àcids i àlcalis en baixa concentració) i àcid làctic, àcid clorhídric i hidròxid potàssic (com a àcids i àlcalis en alta concentració).

Per evitar alteracions superficials del paviment, a més de la resistència química als productes domèstics de neteja, exigible en qualsevol condició d'ús, sempre s'haurà, al menys, d'exigir la resistència als àcids i a les bases en baixa concentració en tots aquells locals amb requisits d'higiene especial com ara banys, cuines, hospitals entre d'altres.

Per altra banda, sempre que es requereixi aquest tipus de resistència química, s'ha de tenir en compte que no resultarà adequat el rejuntat amb lletada de ciment i s'haurà de considerar la utilització de materials de rejuntat amb resistència química equivalent a la del paviment.

Aquesta normativa preveu la classificació visual de les rajoles en funció de la detecció dels canvis que s'hagin pogut produir a la cara vista, en els costats tallats i en els costats no tallats.

EQUIP

- Recipient amb tapa, de vidre de borosilicat 3.3 o qualsevol altre material apropiat.
- Cilindre de vidre de borosilicat 3.3, o qualsevol altre material apropiat, previst d'una tapa o de una obertura per a ser emplenat.
- Estufa de dessecació: Capaç de funcionar a $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Balança amb una precisió de 0,05g.
- Solucions aquoses d'assaig:

- *Productes de neteja domèstics*

Solució de clorur amònic de 100g/l.

- *Sals per piscines*

Solució de hipoclorit sòdic de 20 mg/l, preparada a partir de hipoclorit sòdic grau tècnic amb aproximadament el 13% (m/m) de clor actiu.

- *Àcids i bases*

Concentracions dèbils (L):

- Solució d'àcid clorhídric al 3% (V/V), preparada a partir d'àcid clorhídric concentrat ($\rho = 1,19 \text{ g/ml}$).
- Solució d'àcid cítric, de 100 g/l.
- Solució de hidròxid potàssic, de 30 g/l.

Concentracions fortes (H):

- Solució d'àcid clorhídric al 18% (V/V), preparada a partir d'àcid clorhídric concentrat ($\rho = 1,19 \text{ g/ml}$).
- Solució àcid làctic al 5% (V/V).
- Solució hidròxid potàssic, de 100 g/l.

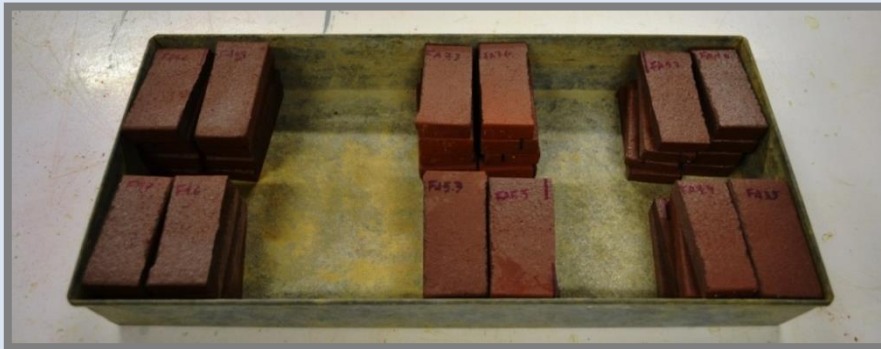
4. PROCÉS EXPERIMENTAL

PROCEDIMENT

L'objectiu d'aquest assaig és determinar la resistència química de les mostres mitjançant la norma "UNE-ISO 10545-13:1998, BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 13: Determinación de la resistencia química".

El procediment que s'ha fet servir per realitzar l'assaig ha estat el següent:

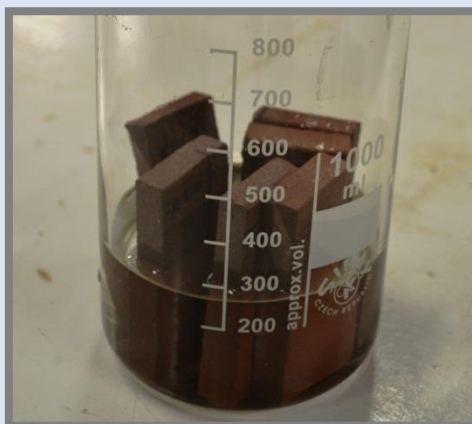
Assecar les mostres a l'estufa d'assecat graduada a $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ fins a obtenir una massa constant, és a dir, fins que la diferència de massa entre les dues pesades successives, efectuades amb un interval de 24h, sigui inferior al 0,1%. A continuació, refredar-les fins a temperatura ambient.



Mostres seques després d'haver-les introduït a l'estufa de dessecació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Fer servir les solucions d'assaig descrites i submergir les mostres verticalment a una profunditat de 25 mm en el recipient que conté la solució d'assaig. El costat no tallat de cada mostra ha de quedar totalment submergit. Cobrir amb la tapa i mantenir 12 dies a $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$.



Mostres seques després d'haver-les introduït a l'estufa de dessecació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres abans de realitzar l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Transcorreguts 12 dies, sotmetre les mostres a l'acció d'aigua corrent durant 5 dies.



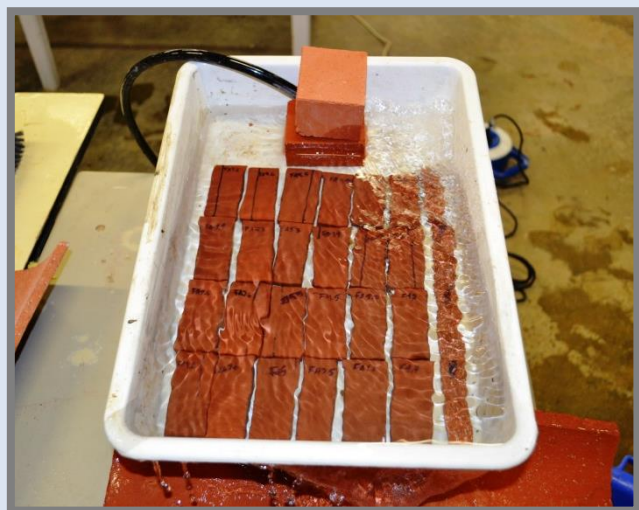
Mecanisme creat per sotmetre les mostres a l'acció d'aigua corrent.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres amb l'acció d'aigua corrent durant 5 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres amb l'acció d'aigua corrent durant 5 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Després d'estar 5 dies sotmeses a l'acció de l'aigua corrent, treure-les i bullir-les durant 30 min completament submergides.



Bullint les mostres 30 min.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Treure les mostres de l'aigua i eixugar-les amb un drap humit escorregut i assecar-les a l'estufa.



Mostres eixutes.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres dins l'estufa de dessecació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Examinar les mostres a una distància de 25 cm a 30 cm a simple vista per a detectar canvis en la cara vista i el costat no tallat. Després, examinar les parts dels costats tallats que han sigut submergits. Es permet tant la llum del dia com la llum artificial però s'evitaran raigs solars directes.

Classificar les mostres visualment segons el criteri establert a la normativa.

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

Per a aquest assaig no caldrà realitzar càlculs per determinar els resultats, ja que només cal fer una inspecció visual per a determinar si la mostra ha sofert canvis després de l'assaig i poder classificar-la.

Per tal de classificar les mostres en funció dels resultats obtinguts als assaigs, la norma estableix el següent criteri i el procediment per a dur a terme aquesta classificació:

Examinar les mostres a una distància de 25 cm a 30 cm, a simple vista, per a detectar els canvis en la cara vista i al costat tallat. Després, examinar les parts dels costats tallats i no tallats que han estat submergits.

Les rajoles es classifiquen segons:

- Per a les solucions d'assaig descrites com a productes de neteja domèstics i sals per a piscines:

Classe UA: Sense efecte visible (Un canvi lleuger en el color no es considera atac químic).

Classe UB: Efectes visibles en els costats tallats.

Classe UC: Efectes visibles en els costats tallats, no tallats, i en la cara vista.

- Per a les solucions d'assaig descrites com a àcids i bases de concentracions dèbils (L):

Classe ULA: Sense efectes visibles (Un canvi lleuger en el color no es considera atac químic).

Classe ULB: Efectes visibles en els costats tallats.

Classe ULC: Efectes visibles en els costats tallats, no tallats i en la cara vista.

- Per a les solucions d'assaig descrites com a àcids i bases de concentracions fortes (H):

Classe UHA: Sense efectes visibles (Un canvi lleuger en el color no es considera atac químic).

Classe UHB: Efectes visibles en els costats tallats.

Classe UHC: Efectes visibles en els costats tallats, no tallats i en la cara vista.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

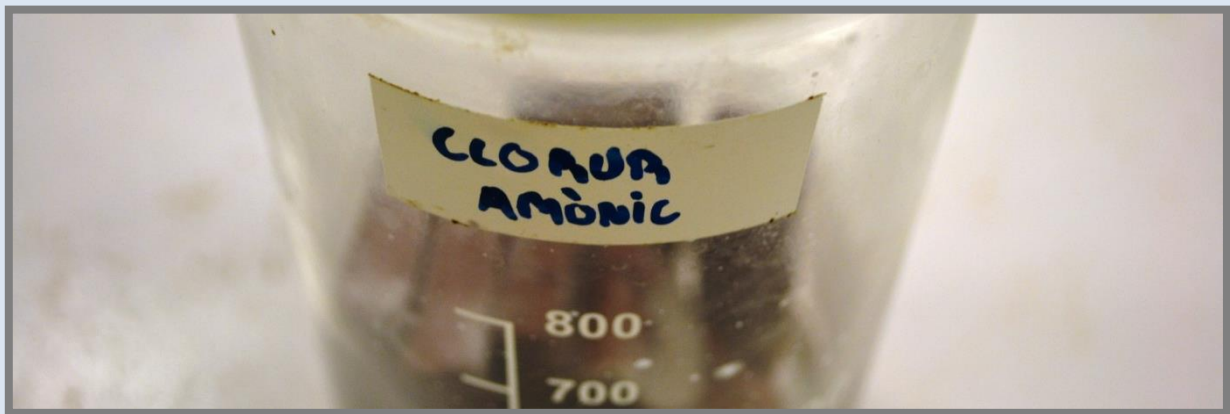
RESULTATS DE L'ASSAIG

A continuació, s'exposen els resultats obtinguts per a cada solució d'assaig i s'indicarà si s'ha produït algun efectes en les cares de les mostres i en els seus corresponents costats.

També s'esmentarà si han sofert algun canvi de color, tot i que la norma considera que un canvi lleuger en el color no és un atac químic.

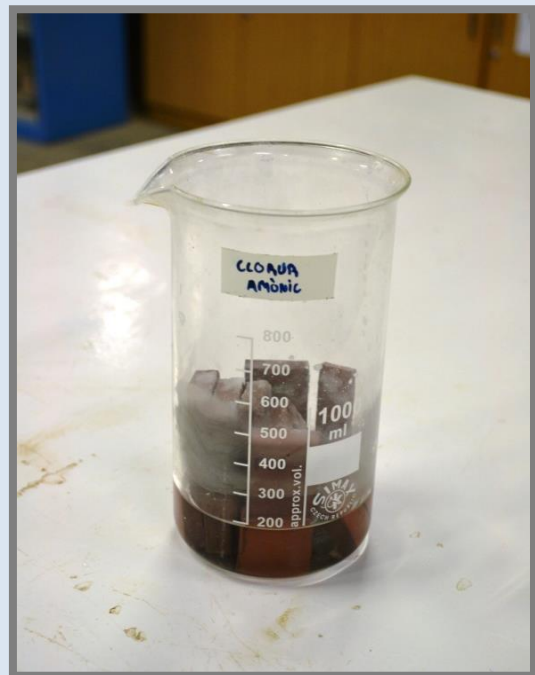
- Productes de neteja domèstics

Solució de clorur amònic de 100g/l.



Mostres clorur amònic abans dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



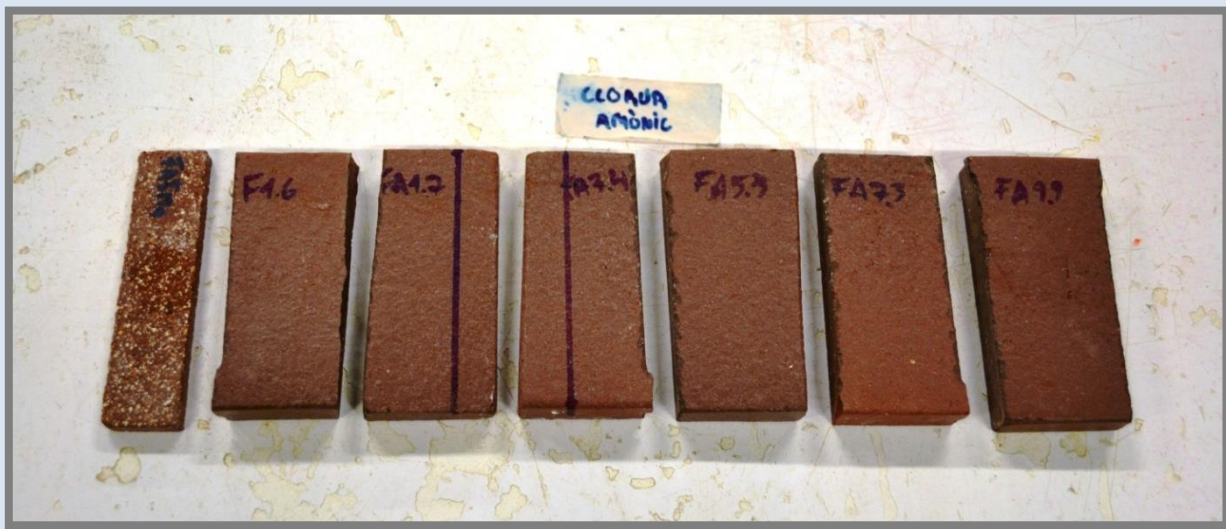
Mostres clorur amònic després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Mostres clorur amònic després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres clorur amònic després de l'assecat amb l'estufa de dessecació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Si analitzem les mostres, un cop finalitzat tot el procediment de l'assaig, observem que no hi ha hagut canvis que es puguin apreciar a simple vista en les cares, ni en cap dels costats de les mostres.

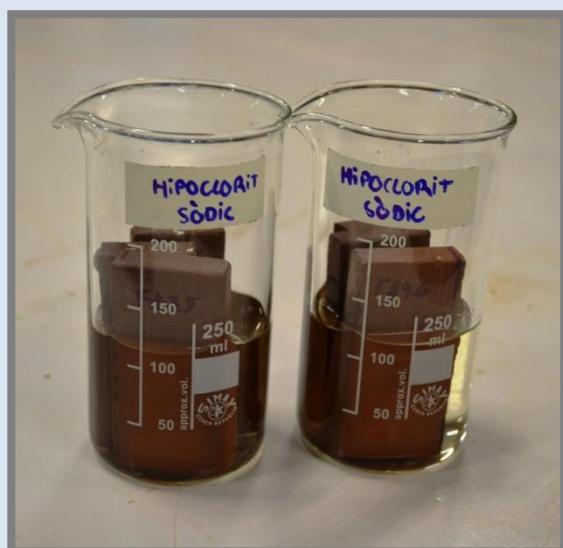
S'observa que s'ha reduït lleugerament la intensitat de color de les mostres respecte a l'aspecte inicial.

També s'observa un lleuger emblanquiment de la superfície en la mostra FA5M2.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Sals per piscines

Solució de hipoclorit sòdic de 20 mg/l, preparada a partir de hipoclorit sòdic grau tècnic amb aproximadament el 13% (m/m) de clor actiu.



Mostres hipoclorit sòdic abans dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Mostres hipoclorit sòdic després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres hipoclorit sòdic després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres clorur amònic després de l'assecat amb l'estufa de dessecació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Si analitzem les mostres, un cop finalitzat tot el procediment de l'assaig, observem que no hi ha hagut canvis que es puguin apreciar a simple vista en les cares, ni en cap dels costats de les mostres.

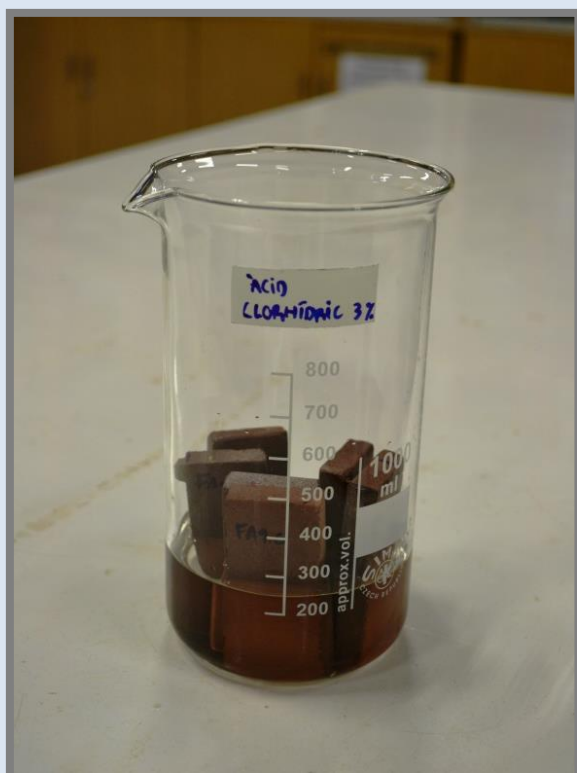
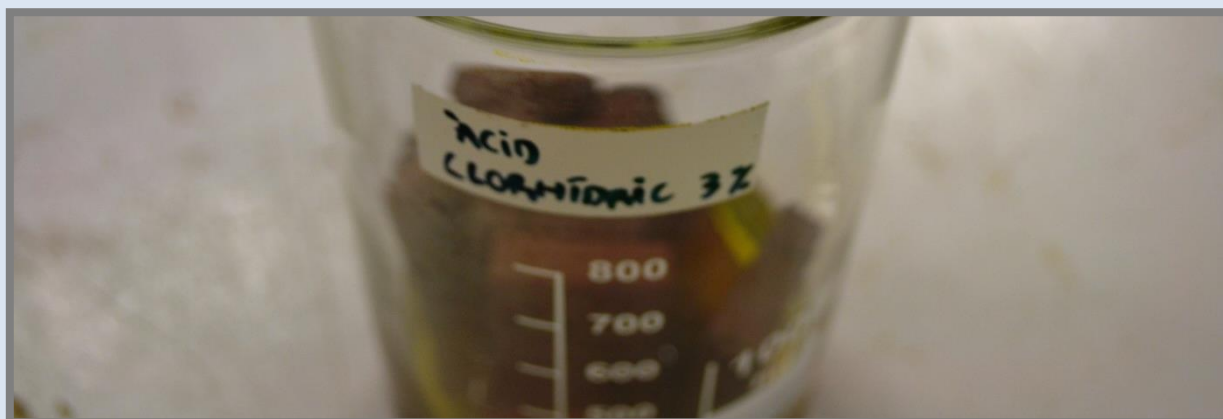
S'observa que s'ha reduït lleugerament la intensitat de color de les mostres respecte a l'aspecte inicial.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Àcids i bases

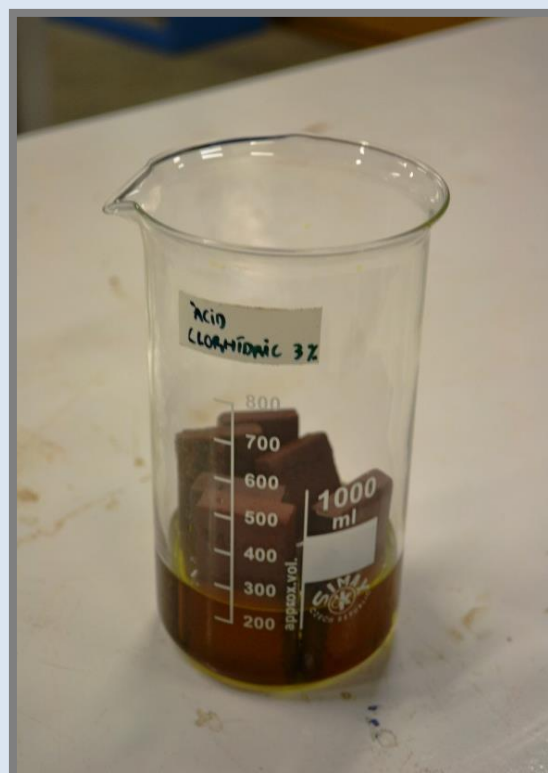
Concentracions dèbils (L):

- Solució d'àcid clorhídric al 3% (V/V), preparada a partir d'àcid clorhídric concentrat ($\rho = 1,19$ g/ml)



Mostres d'àcid clorhídric al 3% abans dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Mostres d'àcid clorhídric al 3% després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres d'àcid clorhídric al 3% després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Mostres d'àcid clorhídric al 3% després de l'assecat amb l'estufa de dessecació.

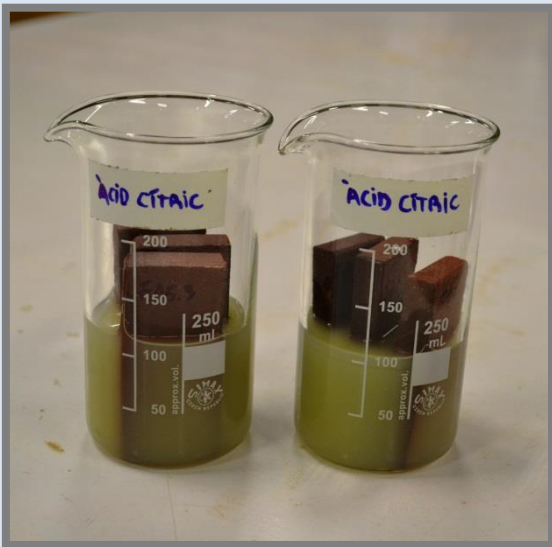
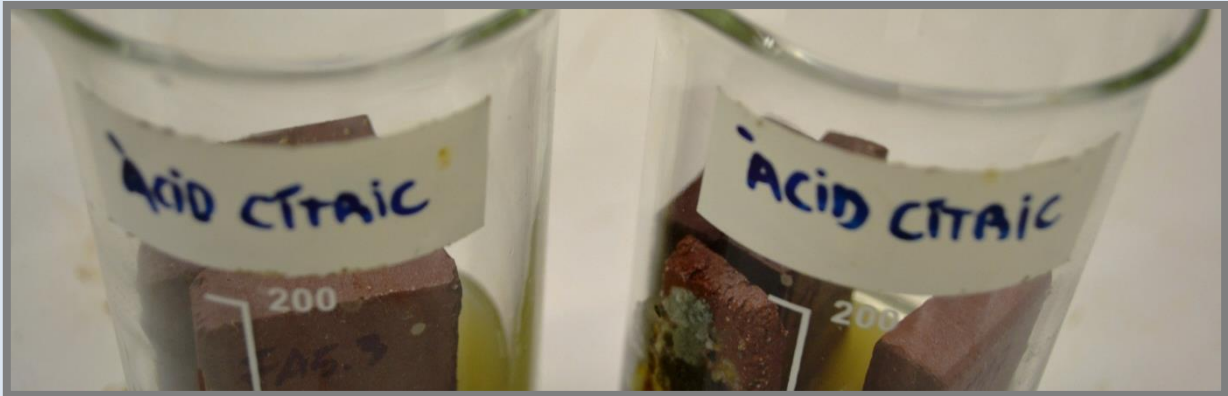
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Si analitzem les mostres, un cop finalitzat tot el procediment de l'assaig, observem que no hi ha hagut canvis que es puguin apreciar a simple vista en les cares, ni en cap dels costats de les mostres.

No s'observa cap canvi de color en cap de les superfícies de les mostres.

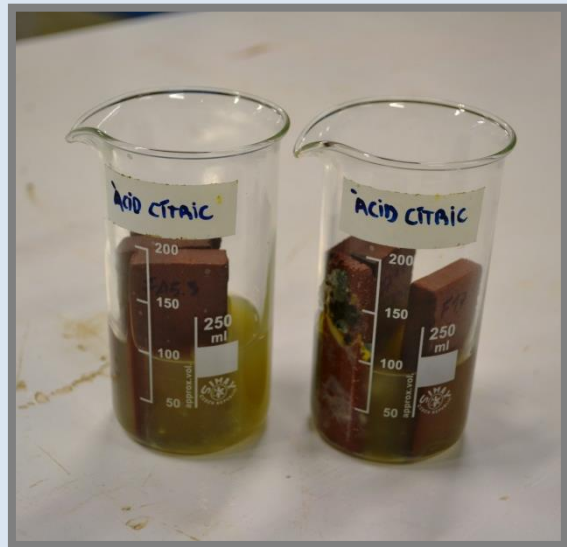
4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Solució d'àcid cítric, de 100 g/l



Mostres d'àcid cítric abans dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres d'àcid cítric després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres d'àcid cítric després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres d'àcid cítric després de l'assecat amb l'estufa de dessecació.

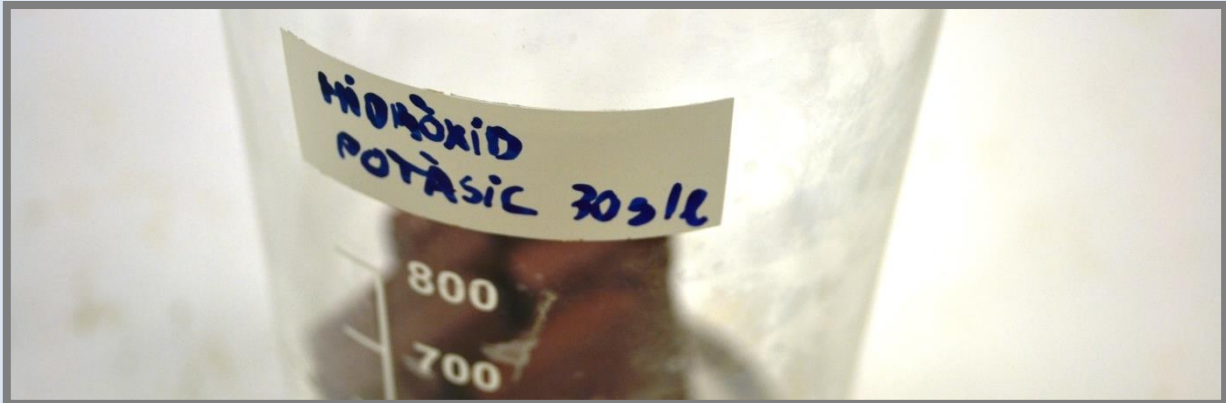
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Si analitzem les mostres, un cop finalitzat tot el procediment de l'assaig, observem que no hi ha hagut canvis que es puguin apreciar a simple vista en les cares, ni en cap dels costats de les mostres.

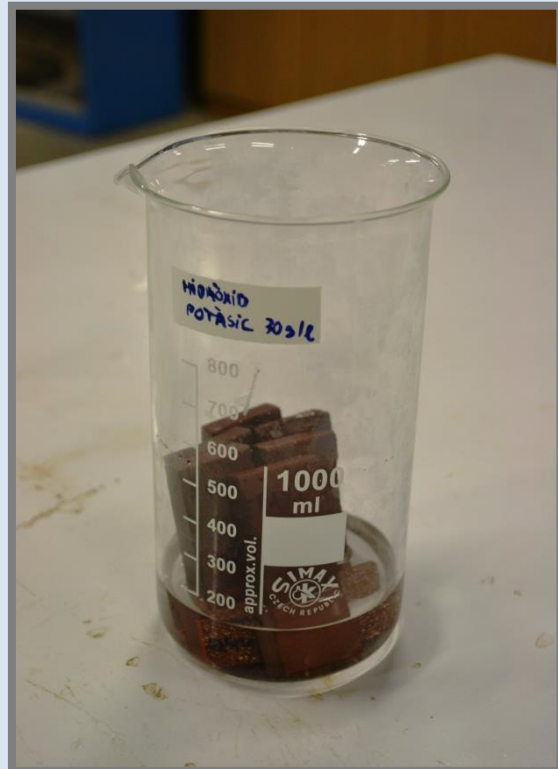
S'observa que s'ha reduït lleugerament la intensitat de color de les mostres respecte a l'aspecte inicial.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Solució de hidròxid potàssic, de 30 g/l



Mostres hidròxid potàssic de 30 g/l abans dels 12 dies.
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres hidròxid potàssic de 30 g/l després dels 12 dies.
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres hidròxid potàssic de 30 g/l després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres d'hidròxid potàssic de 30 g/l després de l'assecat amb l'estufa de dessecació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

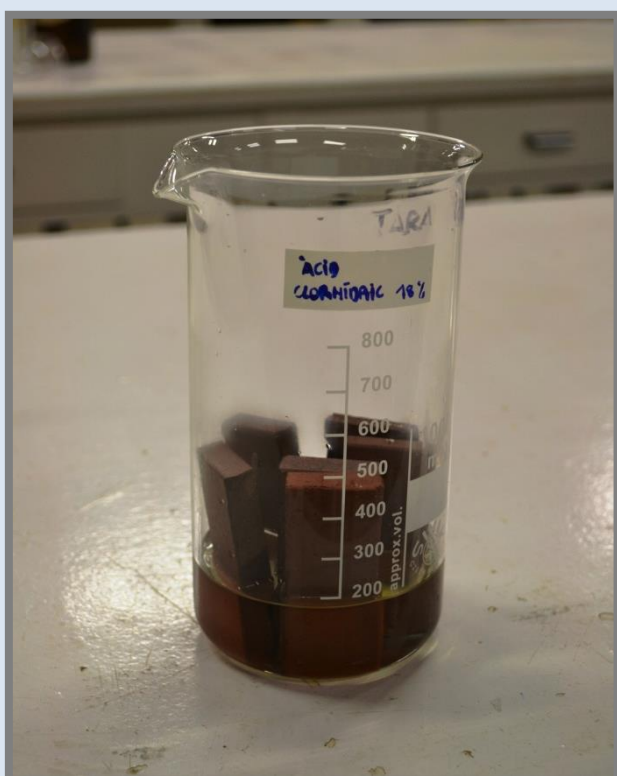
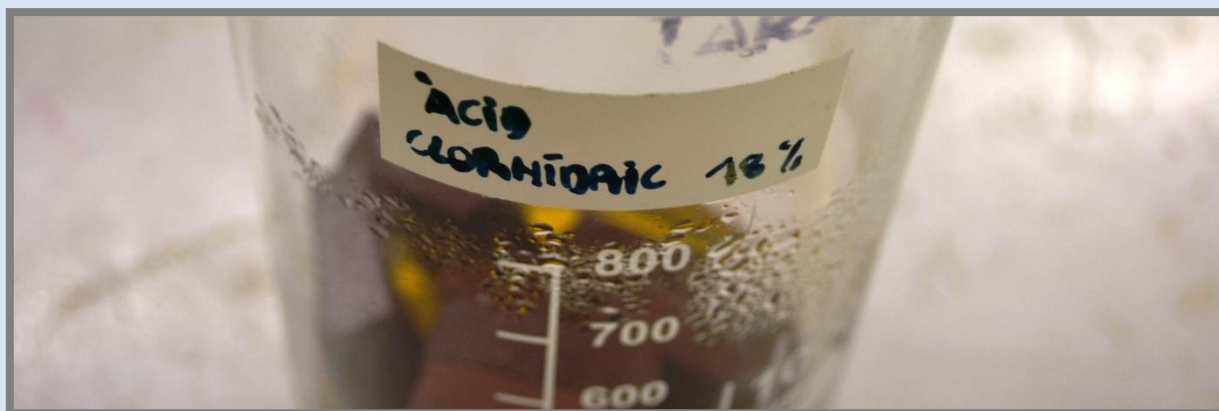
Si analitzem les mostres, un cop finalitzat tot el procediment de l'assaig, observem que no hi ha hagut canvis que es puguin apreciar a simple vista en les cares, ni en cap dels costats de les mostres.

S'observa que hi ha una diferència de color entre la part que ha estat submergida i la part que no. La part de la mostra que estava submergida té una intensitat de color major que la part de la mostra que no ho estava.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

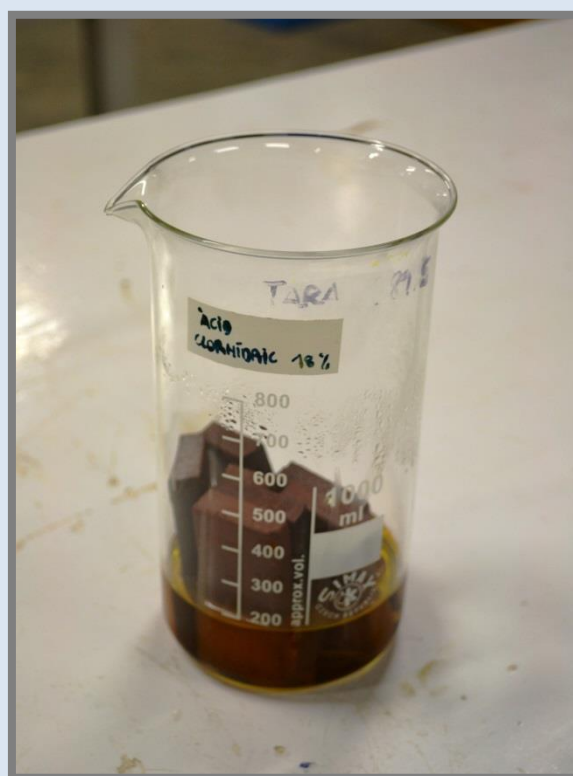
Concentracions fortes (H):

- Solució d'àcid clorhídric al 18% (V/V), preparada a partir d'àcid clorhídric concentrat ($\rho = 1,19 \text{ g/ml}$)



Mostres d'àcid clorhídric al 18% abans dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres d'àcid clorhídric al 18% després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres d'àcid clorhídric al 18% després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Mostres d'àcid clorhídric al 18% després de l'assecat amb l'estufa de dessecació.

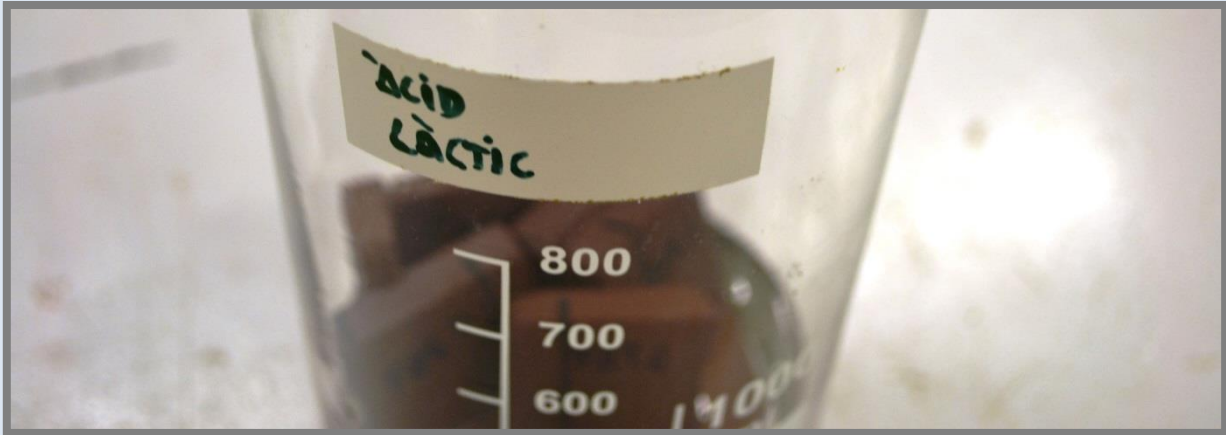
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

Si analitzem les mostres, un cop finalitzat tot el procediment de l'assaig, observem que no hi ha hagut canvis que es puguin apreciar a simple vista en les cares, ni en cap dels costats de les mostres.

No s'observa cap canvi de color en cap de les superfícies de les mostres.

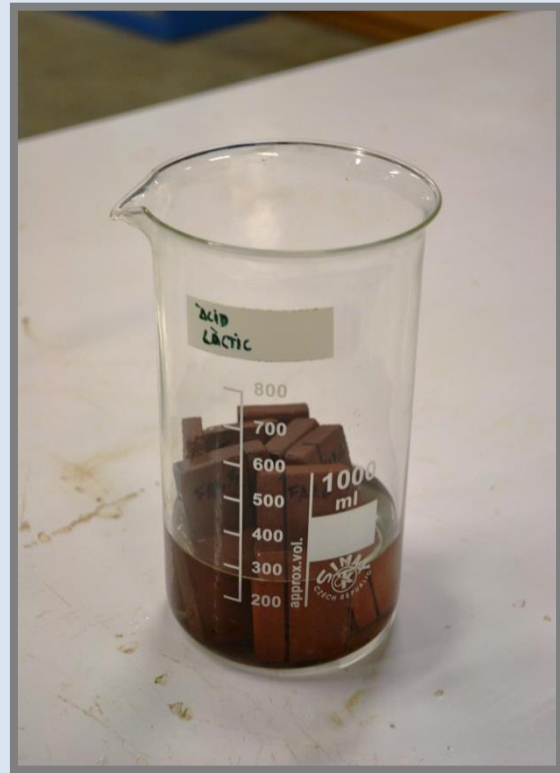
4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Solució àcid làctic al 5% (V/V)



Mostres d'àcid làctic al 5% abans dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres d'àcid làctic al 5% després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres d'àcid làctic al 5% després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres d'àcid làctic al 5% després de l'assecat amb l'estufa de dessecació.

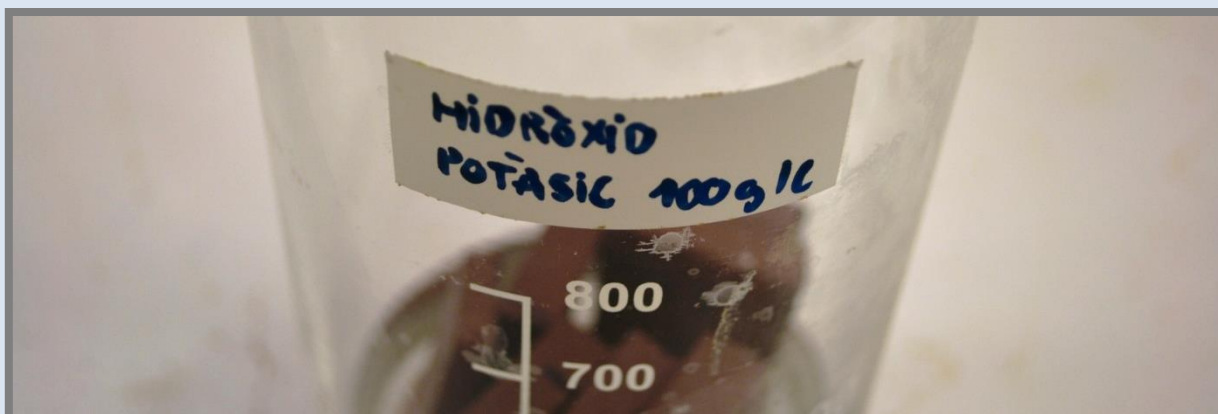
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Si analitzem les mostres, un cop finalitzat tot el procediment de l'assaig, observem que no hi ha hagut canvis que es puguin apreciar a simple vista en les cares, ni en cap dels costats de les mostres.

S'observa que s'ha reduït lleugerament la intensitat de color de les mostres respecte a l'aspecte inicial.

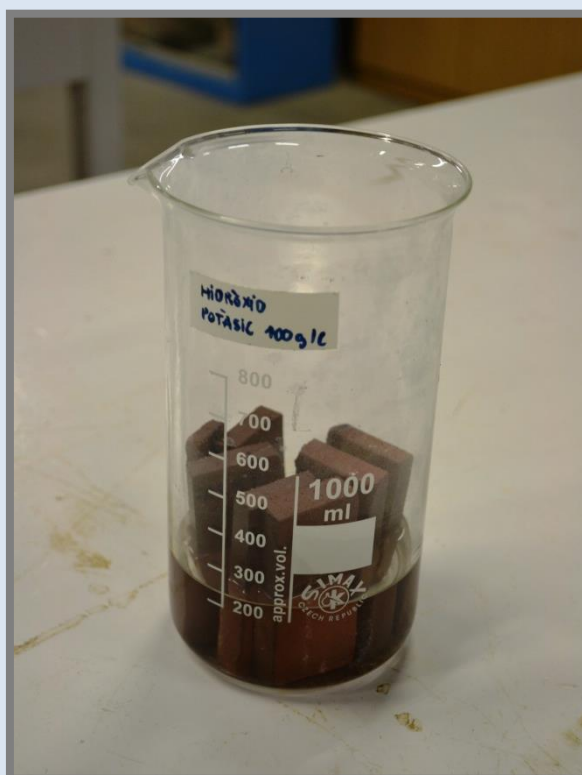
4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Solució hidròxid potàssic, de 100 g/l



Mostres hidròxid potàssic de 100 g/l abans dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres hidròxid potàssic de 100 g/l després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres hidròxid potàssic de 100 g/l després dels 12 dies.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres d'hidròxid potàssic de 100 g/l després de l'assecat amb l'estufa de dessecació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Si analitzem les mostres, un cop finalitzat tot el procediment de l'assaig, observem que no hi ha hagut canvis que es puguin apreciar a simple vista en les cares, ni en cap dels costats de les mostres.

S'observa que s'ha reduït lleugerament la intensitat de color de les mostres respecte a l'aspecte inicial.

També s'observa un lleuger emblanquiment de la superfície en la mostra FA5M2.

CONCLUSIONS GENERALS

Aquesta normativa preveu la classificació visual de les rajoles en funció de la detecció dels canvis que s'hagin pogut produir a la cara vista, en els costats tallats i en els costats no tallats.

Després de fer la inspecció visual de totes les mostres, procedim a realitzar la classificació segons el criteri que estableix la norma.

Les mostres amb la solució d'assaig descrites com a productes de neteja domèstics (Solució de clorur amònic de 100g/l) i sals per a piscines (Solució de hipoclorit sòdic de 20 mg/l) pertanyen a la classe UA, és a dir, sense efectes visibles.

Les mostres amb la solució d'assaig descrites com a àcids i bases de concentracions dèbils (Solucions d'àcid clorhídric al 3%, d'àcid cítric de 100 g/l i de hidròxid potàssic de 30 g/l) pertanyen a la classe ULA, és a dir, sense efectes visibles.

Les mostres amb la solució d'assaig descrites com a àcids i bases de concentracions fortes (Solucions d'àcid clorhídric al 18%, d'àcid làctic al 5% i hidròxid potàssic de 100g/l) pertanyen a la classe UHA, és a dir, sense efectes visibles.

En algunes de les mostres, durant la inspecció visual, hem pogut observar un lleuger canvi de color, però com hem esmentat anteriorment la normativa no ho considera un atac químic.

Com a conclusió final podem assegurar que totes les mostres, tot i tenir diferents dosificacions, són resistents als atacs químics.

4.10. ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE LA RESISTÈNCIA A LAS TAQUES

INTRODUCCIÓ

La resistència a les taques forma part del grup d'assaigs anomenats ETI (“*Ensayos de tipo inicial*”) que s’han de realitzar per a confirmar que les característiques compleixen els requisits de la norma. Aquests assaigs no són obligatoris per a obtenir el certificat CE del material, però són totalment essencials a l’hora de la comercialització del producte.

Aquest assaig es basa en la determinació de la resistència a les taques, mantenint la cara vista en contacte amb diverses solucions d’assaig durant un temps establert, sometent a continuació les superfícies a mètodes de neteja definits i finalment examinant-les per detectar canvis irreversibles d’aspecte.

A més, per determinar la resistència a les taques en una etapa d’utilització de la rajola on aquesta pugui estar desgastada pel seu ús, la normativa dona la possibilitat de realitzar aquest assaig posterior a l’abrasió. Per tant, s’ha decidit realitzar l’assaig amb les mostres utilitzades en l’assaig d’abrasió.

La característica de resistència a les taques és un aspecte que va lligat a la capacitat d’absorció de les rajoles, ja que a més capacitat d’absorció de la peça, més pot penetrar l’agent de taques amb la conseqüent accentuació de la dificultat per a eliminar les taques.

En el cas de rajoles no esmaltades, aquesta característica s’ha de tenir molt en compte, ja que la cara vista no té cap sistema de protecció, al contrari de les rajoles esmaltades on l’esmalt, té una funció protectora.

EQUIP

- Vidre convex de 30 mm de diàmetre.
- Estufa de dessecació: Capaç de funcionar a $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Mesurador de PH (PH_{1-14})
- Làmpada lupa
- Raspall giratori de pèl dur de 8 cm de diàmetre, amb una freqüència de rotació de unes 500 rev./min.
- Agents de taques:
 - *Taques que deixen rastre (pastes)*
 - Agent de taques verd en oli lleuger *
 - *Taques que produeixen una acció química oxidant*
 - Iode
 - *Taques que formen una pel·lícula*
 - Oli d'oliva
- Agents netejadors:
 - *Aigua calenta una temperatura de $(55\pm 5)^{\circ}\text{C}$.*
 - *Agent netejador de dèbil activitat.* Producte comercial de neteja, sense abrasiu, i PH de 6,5 a 7,5.
 - *Agent netejador de forta activitat.* Producte comercial de neteja, amb abrasiu, i amb un PH de 9 a 10.
 - *Dissolvents apropiats*
 - Àcid clorhídric, 3% (V/V), preparat a partir de ClH concentrat ($\rho = 1,19 \text{ g/ml}$).
 - Hidròxid de potassi, solució de 200 g/l.
 - Acetona.

*Un dels productes per elaborar un dels agents de taques que ens especifica la norma (Agent de taques verd en oli lleuger) és el Propanotriol monodecanoato dioctanoato (el nom més corrent és gliceril monocaprato dicaprilato). Aquest no s'ha pogut trobar, tot i preguntar al departament de química de la universitat de Girona, a l'empresa subministradora de productes químics de la universitat de Girona i buscar informació per internet. Per tant, no s'ha pogut aplicar aquest agent de taques.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

PROCEDIMENT

L'objectiu d'aquest assaig és determinar la resistència a les taques de les mostres mitjançant la norma "UNE-ISO 10545-14:1998, BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 14: Determinación de la resistencia a las manchas".

El procediment que s'ha fet servir per realitzar l'assaig ha estat el següent:

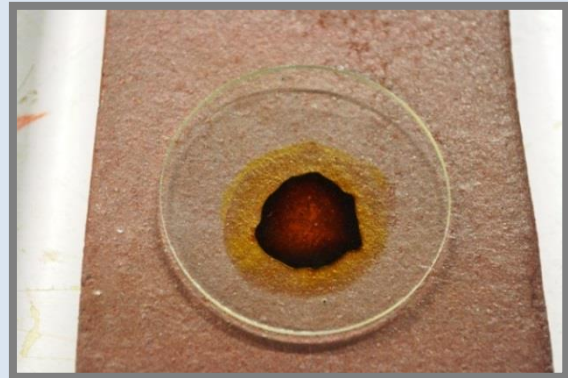
- Aplicació de l'agent de taques

Estendre 3 o 4 gotes de la pasta sobre la superfície. Col·locar un vidre convex de 30 mm de diàmetre sobre les gotes a fi d'estendre-la sobre l'àrea circular. Deixar actuar els agents durant 24h.



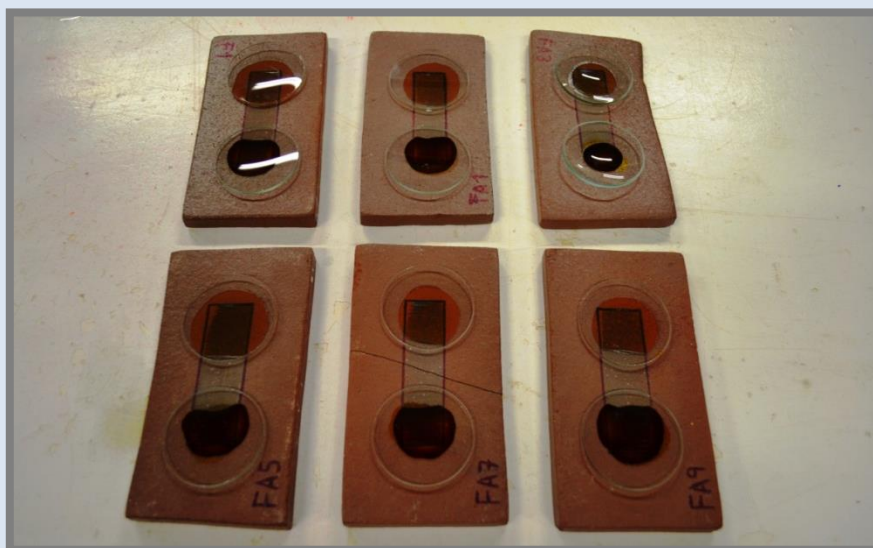
Mostra amb l'agent de taques d'oli d'oliva.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Mostra amb l'agent de taques de iode.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Mostres amb l'agent de taques.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- **Procediments de neteja**

Tot seguit es descriuen els diversos procediments de neteja que s'utilitzaran segons el que estableix la normativa:

- Procediment A: Netejar la mostra amb aigua corrent calenta durant 5 minut, després eixugar amb un drap humit.



Neteja de la mostra amb aigua corrent calenta.

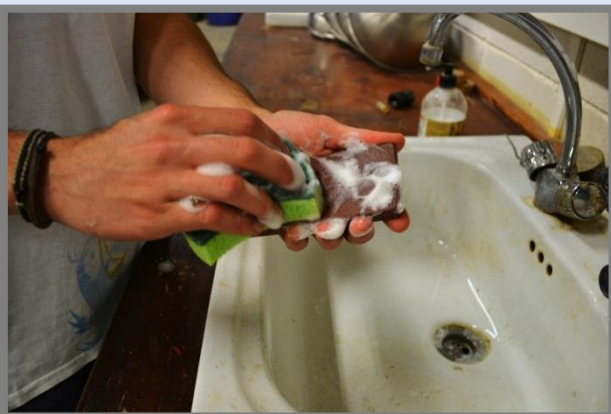
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Neteja de la mostra amb aigua corrent calenta.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

- Procediment B: Netejar la mostra a mà amb l'agent netejador de dèbil activitat, utilitzant una esponja natural no abrasiva o un drap. Després eixugar la superfície amb aigua corrent i finalment eixugar-la amb un drap humit.



*Neteja de la mostra a mà
amb l'agent netejador de dèbil activitat.*

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



*Neteja de la mostra a mà
amb l'agent netejador de dèbil activitat.*

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Procediment C: Netejar la mostra per mitjans mecànics amb l'agent netejador de forta activitat. Exemple d'equip:
 - Raspall giratori de pèl dur de 8 cm de diàmetre, amb una freqüència de rotació de unes 500 rev./min
 - Recipient per a l'agent netejador, dotat d'un dosificador apropiat, i unit al raspall.

Efectuar la neteja durant 2 minuts, després eixugar la superfície amb aigua corrent i finalment eixugar-la amb un drap humit.



Neteja de la mostra per mitjans mecànics amb l'agent netejador de forta activitat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Neteja de la mostra per mitjans mecànics amb l'agent netejador de forta activitat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

- Procediment D: Submergir la mostra durant 24 hores en un dissolvent apropiat, després esbandir abundantment amb aigua corrent, i finalment, eixugar-la amb un drap humit. La neteja es considera acabada si un dels dissolvents fa desaparèixer la taca.



Neteja de la mostra submergint-la en un dissolvent apropiat durant 24 hores.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- *Temptatives d'eliminar les taques*

Sotmetre successivament les mostres, als procediments de neteja descrits (procediments A,B,C,D).

Després de cada procediment de neteja, assecar les mostres a l'estufa, graduada a $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$.



Assecant les mostres a l'estufa de dessecació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Assecant les mostres a l'estufa de dessecació.

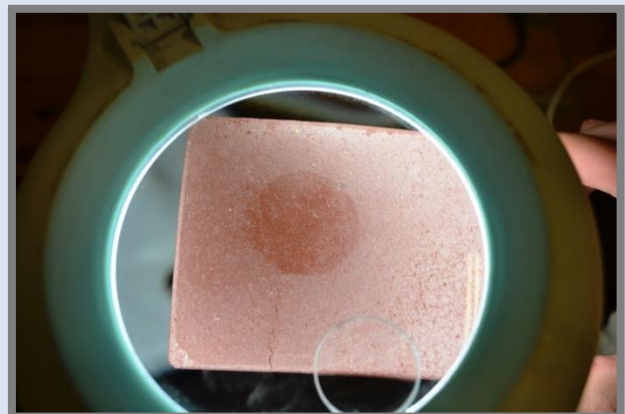
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Un cop eixutes, sotmetre-les a examen visual, a una distància de 25 cm a 30 cm, a la llum del dia o amb una il·luminació artificial d'uns 200lx. Examinar la superfície a simple vista.



Examen visual amb il·luminació artificial d'uns 200lx.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Examen visual amb il·luminació artificial d'uns 200lx.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

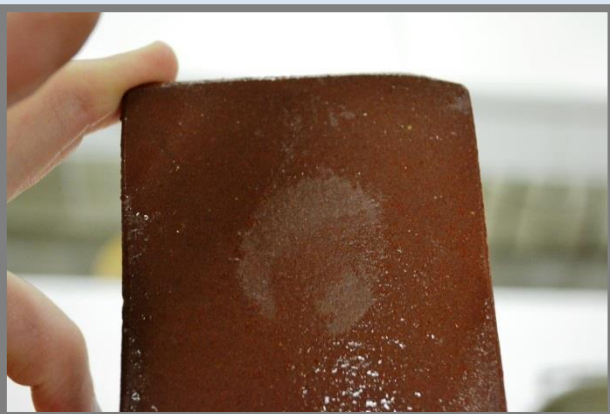
4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Examen visual amb il·luminació artificial d'uns 200lx.

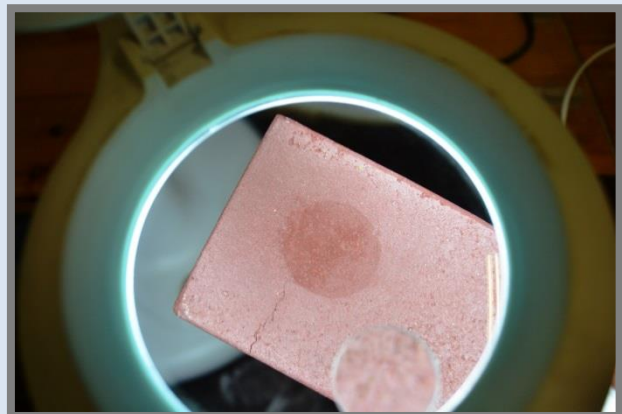
Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Si no queda taca persistent, és a dir, si la taca desapareix, anotar el grau de neteja conforme a l'esquema que s'exposa al pròxim apartat. Si la taca no ha desaparegut, passar al procediment de neteja següent.



Mostra amb la taca que no desapareix.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostra amb la taca que no desapareix.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

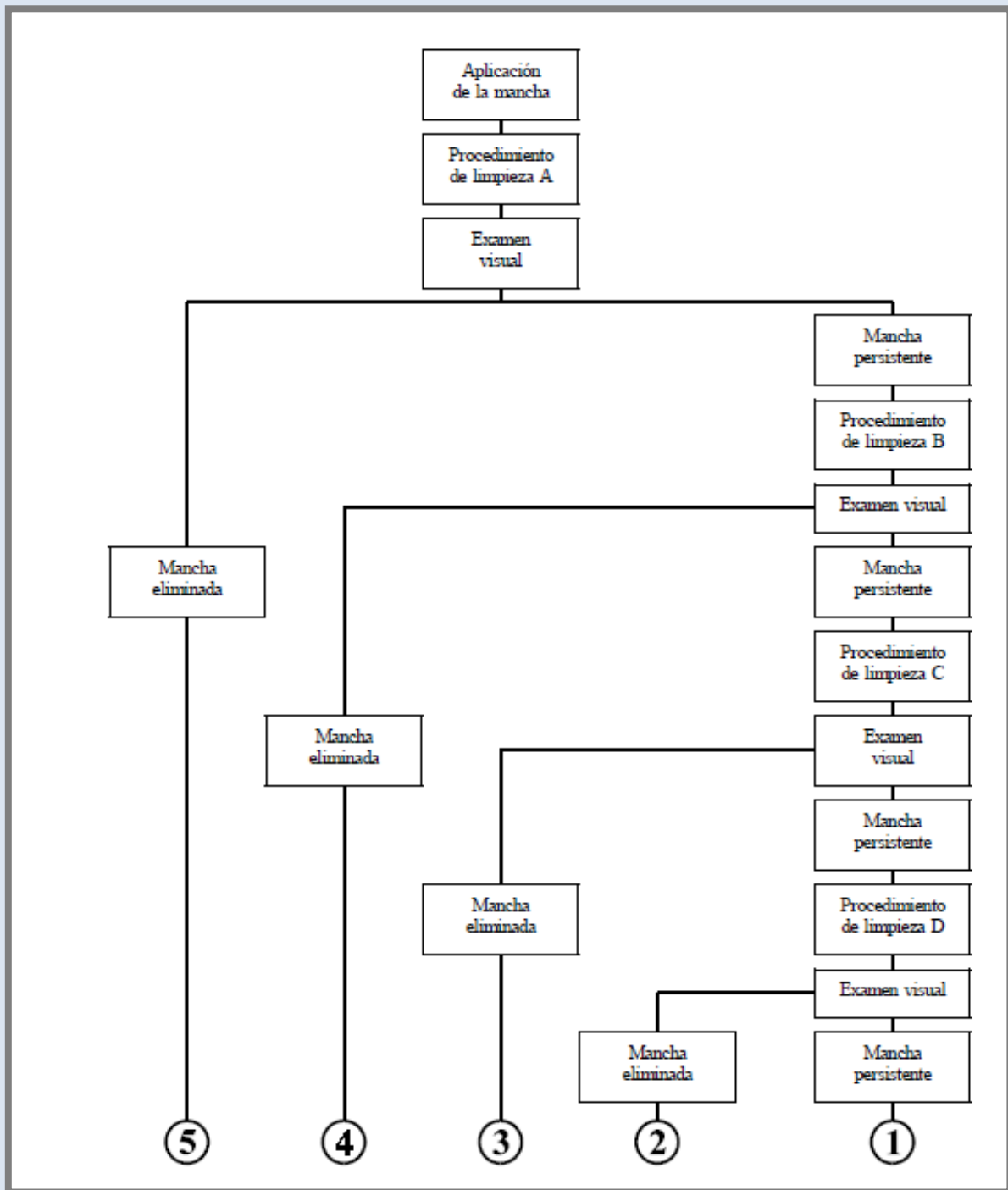
CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

La norma estableix la següent classificació un cop aplicades les taques i els procediments de neteja adients.

Les rajoles ceràmiques s'agrupen en les 5 classes de l'esquema adjunt, segons el resultat del procediment d'aplicació i eliminació de les taques.

La classe 5 correspon a la classe de rajoles per a les quals és més fàcil fer desaparèixer un agent de taques concret, per consegüent, la classe 1 correspon a la classe de rajoles per a les que és impossible fer desaparèixer un agent de taques concret amb cap dels procediments i/o la cara vista ha quedat irreversiblement deteriorada.

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



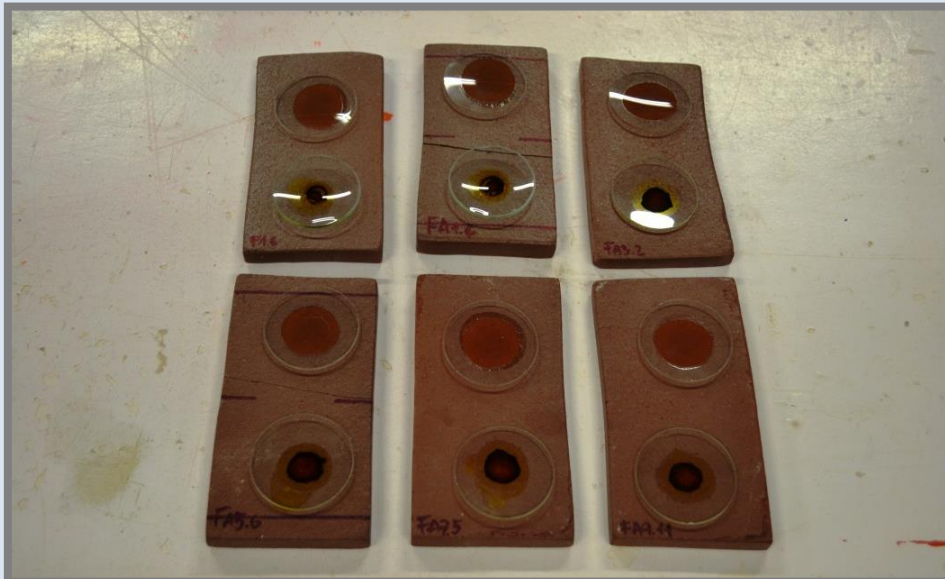
Classificació dels resultats als assaigs de resistència a les taques. Font: UNE-ISO 10545-14:1998.

RESULTATS DE L'ASSAIG

Com hem dit anteriorment, aquest assaig es basa en la determinació de la resistència a les taques, mantenint la cara vista en contacte amb diverses solucions d'assaig durant un temps establert, sometent a continuació les superfícies a mètodes de neteja definits i finalment examinant-les per detectar canvis irreversibles d'aspecte.

- Mostres sense abrasió

A la fotografia següent observem les mostres amb els agents de taques d'oli d'oliva i iode acabats d'aplicar, amb el vidre convex.

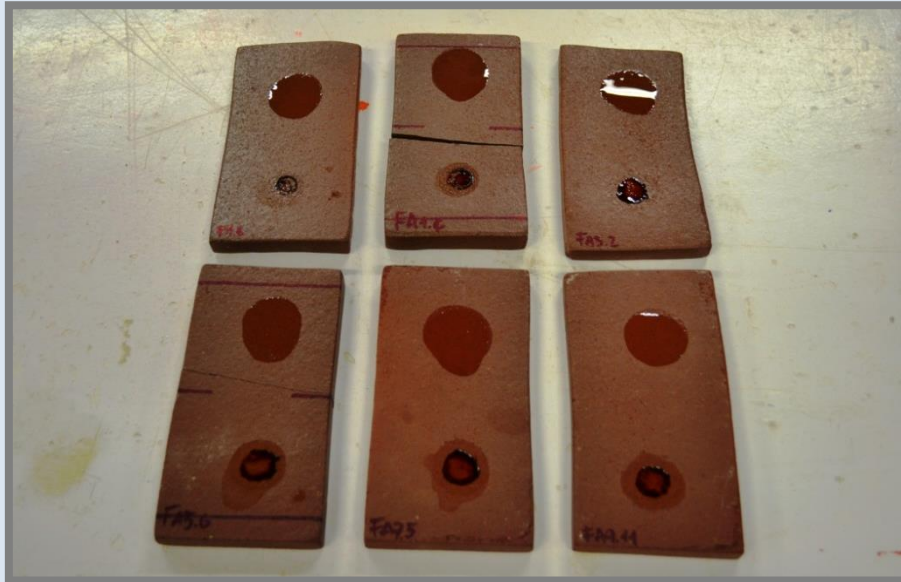


Mostres amb l'agent de taques aplicat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

A la fotografia següent observem les mostres amb els agents de taques d'oli d'oliva i iode passades 24h després de la seva aplicació, sense el vidre convex.



Mostres amb l'agent de taques després de 24 hores.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

A la fotografia següent observem com han quedat les mostres després del procediment de neteja A. A simple vista es veu com les taques d'oli d'oliva persisteixen en totes les mostres, en canvi, les taques de iode només persisteixen a les mostres FA7.5 i FA9.11.



Mostres després de realitzar el procediment de neteja A.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

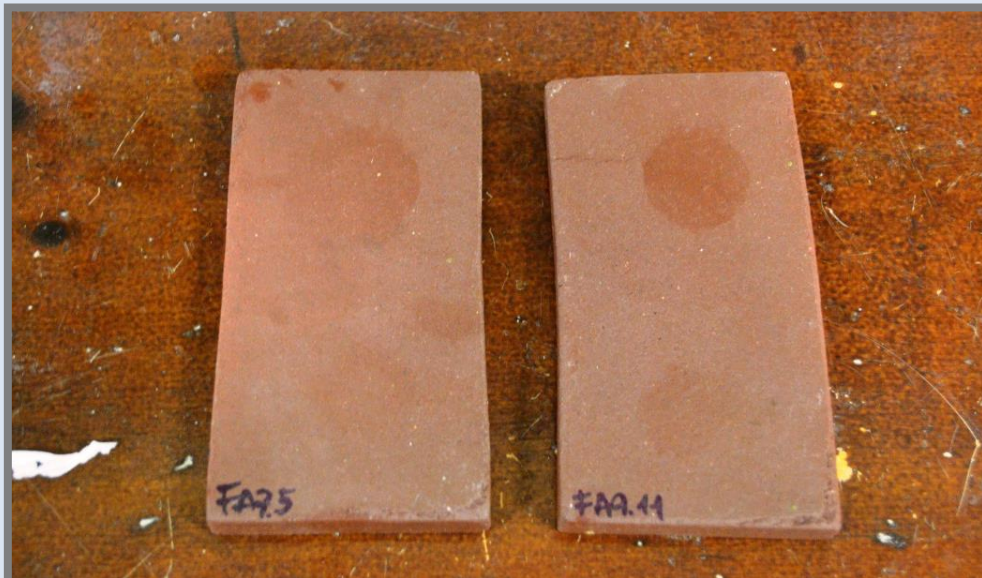
4. PROCÉS EXPERIMENTAL

A les fotografies següent observem com han quedat les mostres després del procediment de neteja B. A simple vista es veu com les taques d'oli d'oliva i de iode només persisteixen en les mostres FA7.5 i FA9.11.



Mostres després de realitzar el procediment de neteja B.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres FA7.5 i FA9.11 amb les taques persistents.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

A la fotografia següent observem com han quedat les mostres després del procediment de neteja C. A simple vista es veu com la taca d'oli d'oliva persisteix a la mostra FA9.11, en canvi, les taques de iode persisteixen de nou a les mostres FA7.5 i FA9.11.



Mostres després de realitzar el procediment de neteja C.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

A la fotografia següent observem com han quedat les mostres després del procediment de neteja D. A simple vista es veu com les taques d'oli d'oliva i de iode s'han eliminat de les mostres FA7.5 i FA9.11.



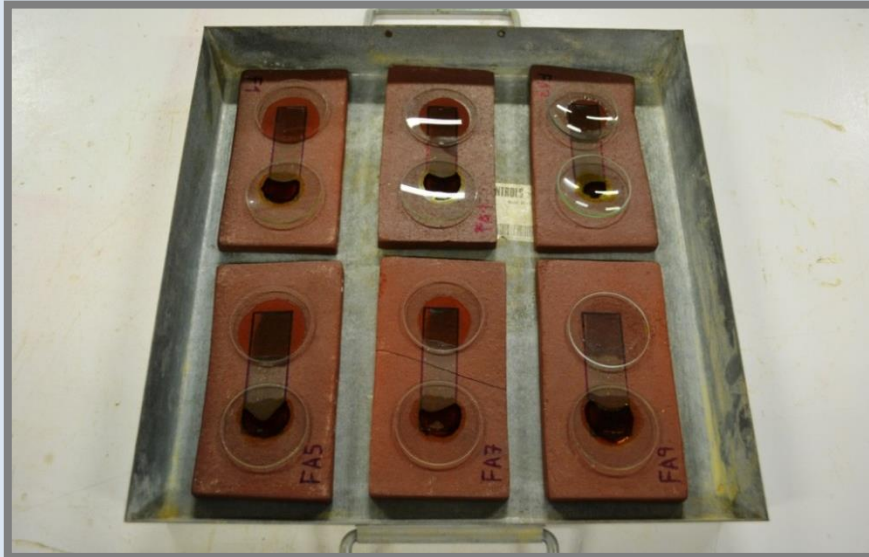
Mostres després de realitzar el procediment de neteja D.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Mostres amb abrasió

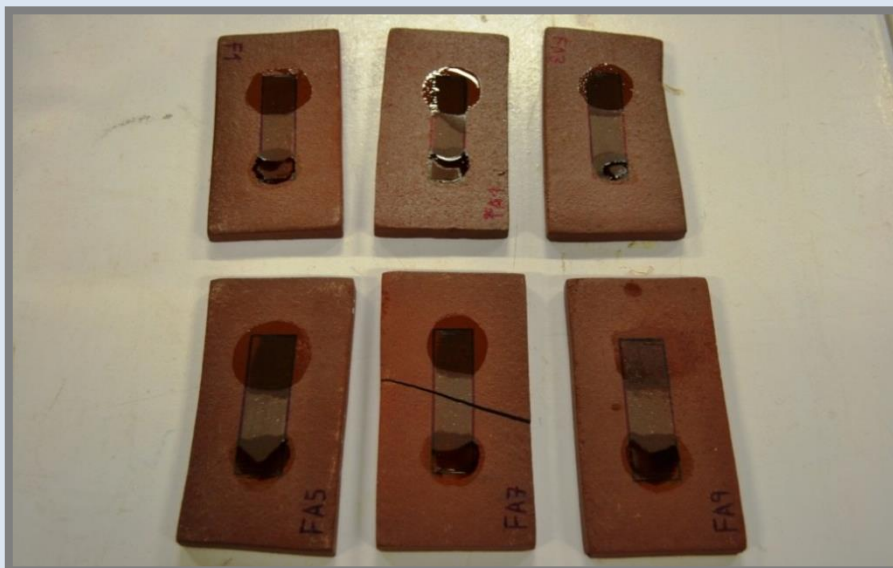
A la fotografia següent observem les mostres amb els agents de taques d'oli d'oliva i iode acabats d'aplicar, amb el vidre convex.



Mostres amb l'agent de taques aplicat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

A la fotografia següent observem les mostres amb els agents de taques d'oli d'oliva i iode passades 24h després de la seva aplicació, sense el vidre convex.

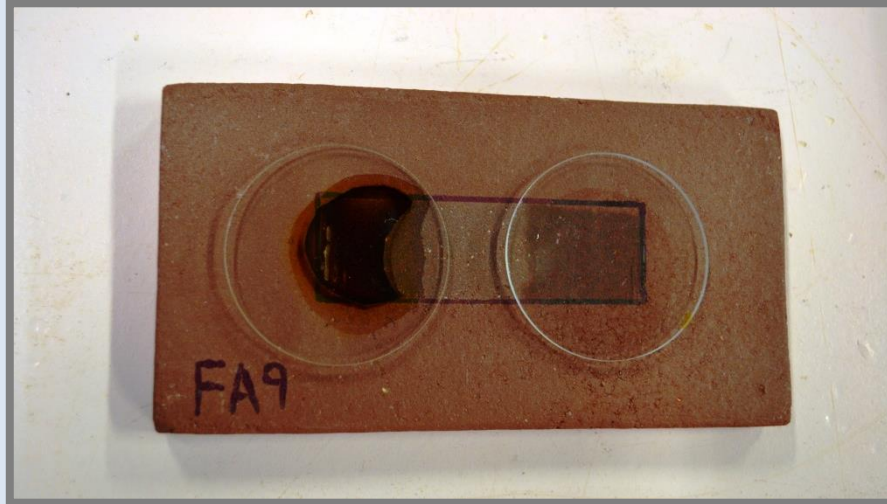


Mostres amb l'agent de taques després de 24 hores.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

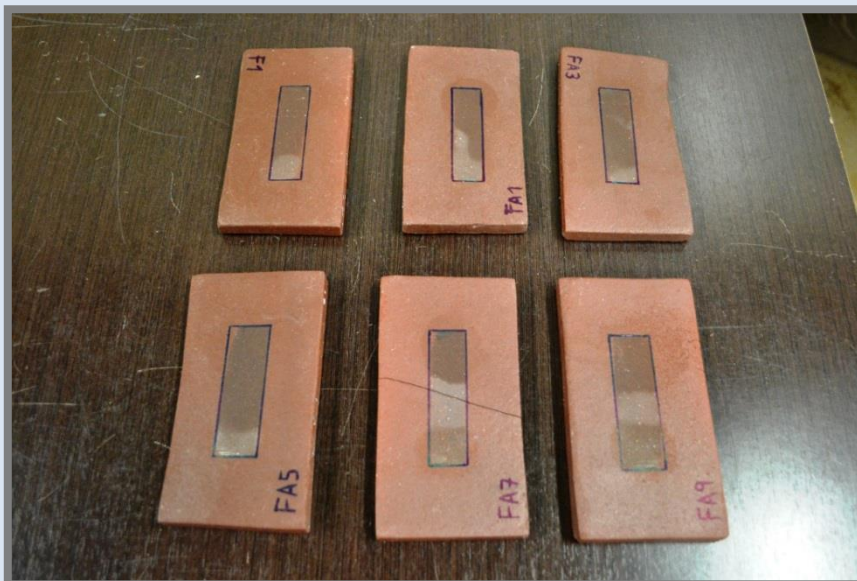
A la fotografia següent observem com la mostra FA9 ha absorbit tot l'agent de taques d'oli d'oliva, després de transcorre les 24 hores d'haver-lo aplicat.



Mostra FA9 amb l'agent de taques després de 24 hores.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

A la fotografia següent observem com han quedat les mostres després del procediment de neteja A. A simple vista es veu com les taques d'oli d'oliva persisteixen en totes les mostres, en canvi, les taques de iode només persisteixen a les mostres FA7 i FA9. També observem com s'han expandit les taques d'oli d'oliva a la zona on hi ha el desgast produït per l'abrasió.

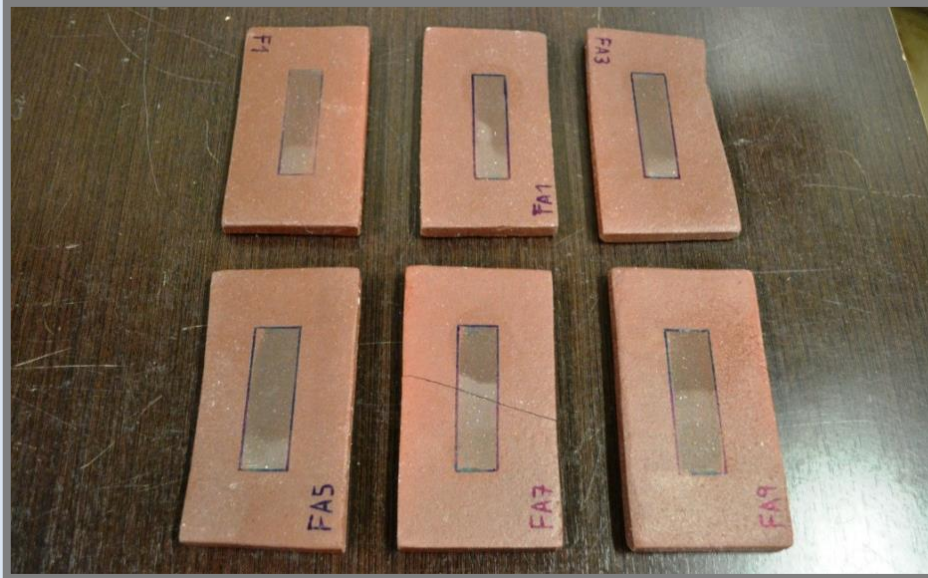


Mostres després de realitzar el procediment de neteja A.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

A les fotografies següent observem com han quedat les mostres després del procediment de neteja B. A simple vista es veu com les taques d'oli d'oliva persisteixen en totes les mostres i segueixen persistint les taques de iode a les mostres FA7 i FA9.

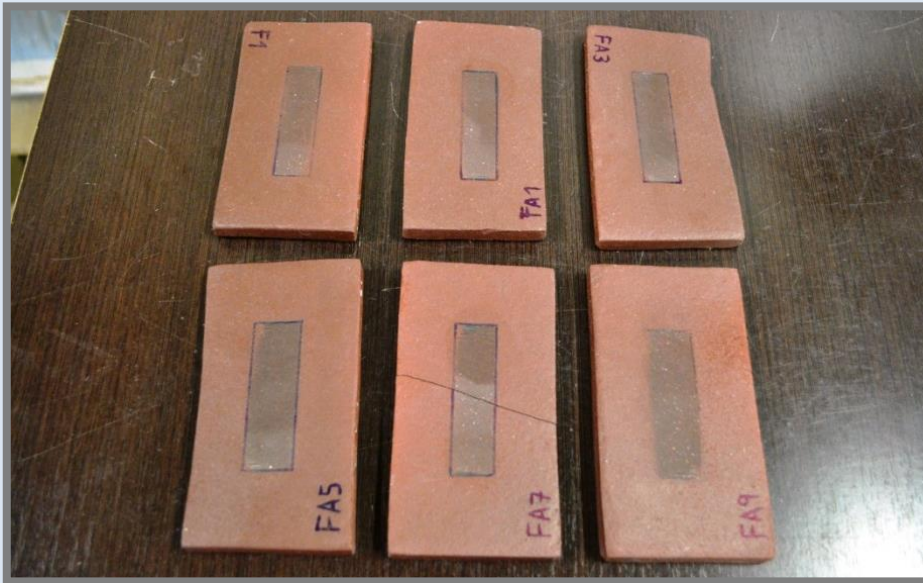


Mostres després de realitzar el procediment de neteja B.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

A la fotografia següent observem com han quedat les mostres després del procediment de neteja C. A simple vista es veu com les taques d'oli d'oliva segueixen persistint a totes les mostres, en canvi, la taca de iode segueix persistint a la mostra FA7. Pel que fa a la mostra FA9 s'observa una taca uniforme en tota la corda de l'abradió i per tant, no podem determinar si la taca de iode persisteix.

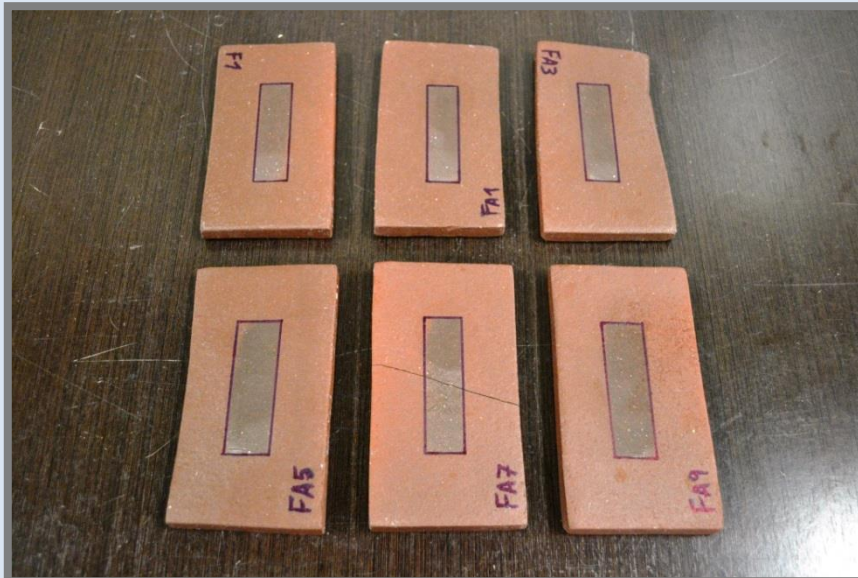
4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres després de realitzar el procediment de neteja C.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

A la fotografia següent observem com han quedat les mostres després del procediment de neteja D. A simple vista es veu com les taques d'oli d'oliva segueixen persistint a totes les mostres.



Mostres després de realitzar el procediment de neteja D.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

CONCLUSIONS GENERALS

Com s'ha esmentat anteriorment, la norma estableix una classificació un cop aplicades les taques i els procediments de neteja adients. Aquesta classificació, agrupen les rajoles ceràmiques en 5 classes, segons el resultat del procediment d'aplicació i eliminació de les taques.

Realitzem la classificació per cada agent de taques, tal i com especifica aquesta norma.

- Agent de taques d'oli d'oliva de les mostres sense abrasió

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja A, observem que la taca persisteix a totes les mostres i per tant, cap d'aquestes pertany a la classe 5 de resistència a les taques.

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja B, observem que la taca persisteix només a les mostres FA7.5 i FA9.11 i per tant, les mostres F1.8, FA1.6, FA3.2 i FA5.6 pertanyen a la classe 4 de resistència a les taques.

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja C, observem que la taca persisteix només a la mostra FA9.11 i per tant, la mostra F7.5 pertany a la classe 3 de resistència a les taques.

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja D, observem que la taca s'ha eliminat de la mostra FA9.11 i per tant, aquesta pertany a la classe 2 de resistència a les taques.

Codi	Classificació de resistència a les taques
F1.8	4
FA1.6	4
FA3.2	4
FA5.6	4
FA7.5	3
FA9.11	2

- Agent de taques de iode de les mostres sense abrasió

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja A, observem que la taca persisteix només a les mostres FA7.5 i FA9.11 i per tant, les mostres F1.8, FA1.6, FA3.2 i FA5.6 pertanyen a la classe 5 de resistència a les taques.

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja B, observem que la taca persisteix encara a les mostres FA7.5 i FA9.11 i per tant, cap pertany a la classe 4 de resistència a les taques.

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja C, observem que la taca persisteix encara a les mostres FA7.5 i FA9.11 i per tant, cap pertany a la classe 3 de resistència a les taques.

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja D, observem que la taca s'ha eliminat de la mostra FA7.5 i FA9.11 i per tant, aquestes pertanyen a la classe 2 de resistència a les taques.

Codi	Classificació de resistència a les taques
F1.8	5
FA1.6	5
FA3.2	5
FA5.6	5
FA7.5	2
FA9.11	2

- Agent de taques d'oli d'oliva de les mostres amb abrasió

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja A, observem que la taca persisteix a totes les mostres i per tant, cap d'aquestes pertany a la classe 5 de resistència a les taques.

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja B, observem que la taca persisteix a totes les mostres i per tant, cap d'aquestes pertany a la classe 4 de resistència a les taques.

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja C, observem que la taca persisteix a totes les mostres i per tant, cap d'aquestes pertany a la classe 3 de resistència a les taques.

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja D, observem que la taca persisteix a totes les mostres i per tant, totes pertanyen a la classe 1 de resistència a les taques.

Codi	Classificació de resistència a les taques
F1.8	1
FA1.6	1
FA3.2	1
FA5.6	1
FA7.5	1
FA9.11	1

- Agent de taques de iode de les mostres amb abrasió

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja A, observem que la taca persisteix només a les mostres FA7 i FA9 i per tant, les mostres F1, FA1, FA3 i FA5 pertanyen a la classe 5 de resistència a les taques.

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja B, observem que la taca persisteix a les mostres FA7 i FA9 i per tant, no pertanyen a la classe 4 de resistència a les taques.

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja C, observem que la taca persisteix a la mostra FA7 i per tant, no pertany a la classe 3 de resistència a les taques. Respecte a la mostra FA9 observem que la taca d'oli d'oliva i iode s'han unit fent impossible la classificació i per tant, no donem la classificació d'aquesta mostra com a vàlida, però podem afirmar que aquesta té un valor màxim de 2 de resistència a les taques.

Analitzant els resultats obtinguts després del procediment de neteja B, observem que la taca s'ha eliminat a les mostres FA7 i FA9 i per tant, pertanyen a la classe 4 de resistència a les taques.

Codi	Classificació de resistència a les taques
F1.8	5
FA1.6	5
FA3.2	5
FA5.6	5
FA7.5	2
FA9.11	Indeterminat (màxim 2)

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Com conclusió final, podem dir que les mostres amb abrasió tenen la mateixa resistència a l'agent de taques de iode que les mostres sense abrasió. Pel que fa a l'agent de taques d'oli d'oliva s'ha observat que hi ha una diferència de resistència a les taques respecte a les mostres amb abrasió i les mostres sense. A les mostres amb abrasió ha persistit la taca en tots procediments fent impossible la seva eliminació i en canvi, a les mostres sense abrasió ha estat més fàcil la seva eliminació.

Podem afirmar també, després de classificar les mostres segons la seva resistència a les taques, que les mostres amb més contingut d'argila, per tant a més absorció d'aigua, tenen menys resistència a les taques.

4.11. ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE LA CONDUCTIVITAT TÈRMICA

INTRODUCCIÓ

El coeficient de conductivitat tèrmica (λ) ($W/m \cdot K$ o $W/m \cdot ^\circ C$) és el paràmetre que expressa la quantitat de calor que passa a través de la unitat de superfície d'una mostra d'extensió infinita i cares planes paral·leles i gruix unitari, quan entre les seves cares s'estableix una diferència de temperatura d'un grau, en condicions estacionàries.

La conductivitat tèrmica és una propietat dels materials que valora la capacitat de transmetre la calor a través d'ells. És una propietat intrínseca de cada material que varia en funció de la temperatura a la qual s'efectua la mesura.

Aquest assaig de conductivitat tèrmica està basat en l'anàlisi de la transmissió de calor en règim estacionari.

És molt important l'obtenció d'aquest valor, ja que es pot validar la conformitat de les normes vigents i determinar el comportament tèrmic que tindrà posteriorment, en el conjunt d'una edificació.

La normativa CTE-DB-HE, en matèria d'estalvi energètic, determina unes exigències mínimes als materials i elements constructius de les seves característiques físiques i entre elles les de transmissió de calor.

EQUIP

- Taula talladora de ceràmica.
- Dessecador.
- Caixa tèrmica.
- Lector de termoparell tipus K.
- Cinta adhesiva d'alumini.
- Llana natural.

PROCEDIMENT

L'objectiu d'aquest assaig és determinar el coeficient de conductivitat tèrmica de les diferents mostres, mitjançant la norma "UNE-EN ISO 8990:1997; Determinación de las propiedades de transmisión térmica en régimen estacionario. Métodos de la caja caliente y calibrada" i l'apartat de tèrmica del Projecte Final de Grau "Millora de la tàpia mitjançant l'ús d'encenalls de suro natural", on es desenvolupa el mateix assaig i es fa servir el mateix equip emprat en el present projecte.

La norma UNE 8990 estableix els principis pel disseny dels aparells de mesura (caixa calenta i caixa calibrada) i les exigències mínimes per a la determinació de les propietats de transmissió tèrmica en estat estacionari, dels materials de construcció.

L'equip consisteix en 4 sensors termoparell tipus K i un lector de les mateixes característiques. La norma (UNE-EN ISO 8990) especifica que l'equip és adient per prendre les lectures de les cares de la mostra.

Els cicles de temperatura a la cambra calenta, amb el termòstat regulat a 40°C, la temperatura màxima on es desactiva la resistència oscil·la entre 70°C i 80°C. Quan el termòstat desactiva la resistència, la temperatura cau a gran velocitat fins als 50°C

La temperatura es va reduint lentament fins arribar als 36°C o 37°C, llavors el termòstat acciona la resistència i s'inicia un nou cicle.



Caixa tèrmica.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia



Interior de la caixa tèrmica.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / Font: Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

El procediment que s'ha fet servir per realitzar l'assaig ha estat el següent:

Primerament hem tallat les mostres de ceràmica cuita, per tal d'adaptar-les a les dimensions de la caixa tèrmica.



Mostres cuites.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mostres finals després d'haver-les tallat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Mostres utilitzades a l'assaig.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Fixar els termoparells a les cares de la mostra utilitzant cinta adhesiva d'alumini, que és resistent fins a 110°C. Entre la cinta i el fil pelat col·locar-hi un tros d'aïllament de llana natural, amb la finalitat d'evitar que el termoparell enregistri la temperatura de la cinta o la que arriba per radiació.



Cinta adhesiva d'alumini.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Cinta adhesiva d'alumini amb la llana natural.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL



Cinta adhesiva d'alumini amb la llana natural i la connexió dels termoparells.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Connexió termoparell amb la mostra.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Col·locant la mostra al interior de la caixa tèrmica.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

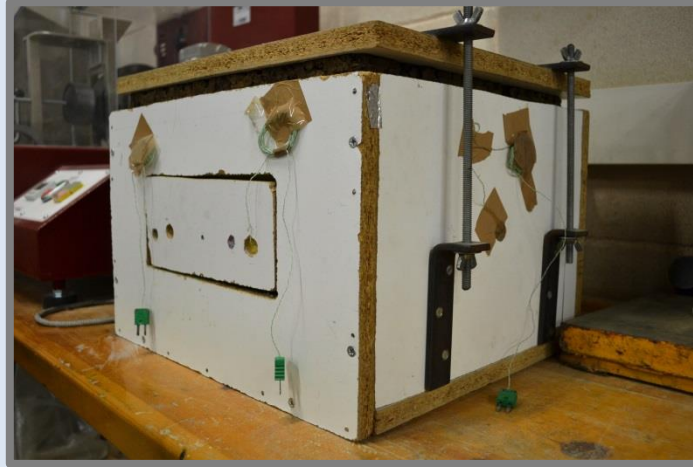


Mostra col·locada a l'interior de la caixa tèrmica.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

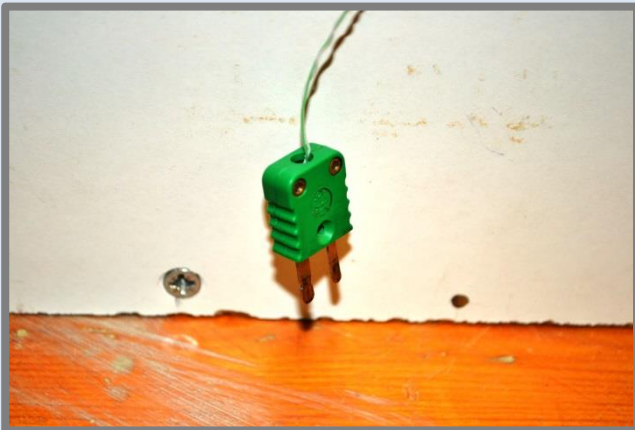
Posar en funcionament la caixa calibrada fins que arribi a un règim estacionari. Aquest període s'inicia aproximadament al cap de 10 hores.



Caixa tèrmica en funcionament.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

Al començar el règim estacionari, connectar el lector a cadascuna de les sondes i anotar els resultats.



Sonda.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Connexió del lector a les sondes.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

Per al posterior anàlisi de les dades haurem de tenir en compte els següents aspectes:

- L'inici del règim estacionari de la cambra i la cara freda, es dona quan en un mínim de 3 lectures consecutives preses en un moment semblant del cicle i espaiades en el temps aproximadament una hora, siguin iguals a sí mateixes, amb una variació màxima de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ a la lectura de la cara i de $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ a la lectura de la cambra.
- S'ha utilitzat una mostra d'un rajol ceràmic tallat amb dimensions semblants a les nostres mostres per calibrar la caixa tèrmica.

Per poder verificar el bon funcionament de la caixa tèrmica calibrada, relacionarem els valors obtinguts de les mostres, amb els valors normalitzats que s'observen a la següent taula.

A la taula següent apareixen els valors del coeficient de conductivitat tèrmica de les peces d'argila cuïta, relacionats cadascun a un rang de densitats.

Materiales artificiales o suelos tratados				
Material	HE			
	ρ kg / m ³	λ W / m·K	c_p J / kg·K	μ
Arcilla cocida para piezas de albañilería ⁽¹⁾	2300 < ρ ≤ 2400	0,90	1000	10
	2200 < ρ ≤ 2300	0,85	1000	10
	2100 < ρ ≤ 2200	0,79	1000	10
	2000 < ρ ≤ 2100	0,74	1000	10
	1900 < ρ ≤ 2000	0,69	1000	10
	1800 < ρ ≤ 1900	0,64	1000	10
	1700 < ρ ≤ 1800	0,59	1000	10
	1600 < ρ ≤ 1700	0,55	1000	10
	1500 < ρ ≤ 1600	0,50	1000	10
	1400 < ρ ≤ 1500	0,46	1000	10
	1300 < ρ ≤ 1400	0,43	1000	10
	1200 < ρ ≤ 1300	0,39	1000	10
	1100 < ρ ≤ 1200	0,35	1000	10
	1000 < ρ ≤ 1100	0,32	1000	10
ρ ≤ 1000	0,29	1000	10	
Piedra artificial	ρ ≤ 1750	1,30	1000	40
Tierra apisonada, adobe, bloques de tierra comprimida	1770 ≤ ρ ≤ 2000	1,10	-	-

Materiales artificiales o sòls tractats. Font: Instituto Eduardo Torroja de ciències de la construcció, 2010.

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

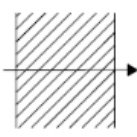
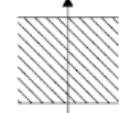
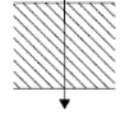
A l'assaig de conductivitat tèrmica s'obté el valor de temperatura a la cambra calenta (T_c), temperatura a la cambra freda (T_f), temperatura a la cara calenta (T_1) i temperatura a la cara freda (T_2).

A efectes dels càlculs, les temperatures utilitzades, seran la mitjana aritmètica de les temperatures enregistrades cada 5 minuts durant un cicle. Considerant que formen part d'un mateix cicle, les temperatures compreses entre la primera lectura després que s'acciioni la resistència i la última lectura abans de tornar-se a accionar, ambdues incloses.

Abans de realitzar aquest assaig, s'hauran determinat les característiques físiques de cada mostra, és a dir, la superfície de les cares (S) i el gruix de la mostra (e).

Per últim, a partir de la taula de "Resistència tèrmiques superficials dels tancament en contacte amb l'aire exterior" del CTE DB HE, extraurem els valors de la resistència superficial de les cares de les mostres (R_{si}). Aquest valor varia en funció de la direcció del flux de calor i la consideració de les cambres i per tant, aquest serà constant per a totes les mostres. Per les condicions de la caixa tèrmica, considerem flux horitzontal i ambdós cambres interiors.

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K / W$

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo) 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo) 	0,04	0,17

Resistència tèrmiques superficials dels tancaments en contacte amb l'aire exterior. Font: CTE-DB-HE-1

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

A continuació es detallen les fórmules que s'han utilitzat en els càlculs:

- Flux de calor.

$$Q = \frac{S \cdot \lambda \cdot (T1 - T2)}{e}$$

On:

Q és el flux de calor, expressat en W

S és l'àrea, expressada en m²

λ és el coeficient de conductivitat tèrmica, expressada en W/m·°C

(T1-T2) és l'increment de temperatura entre les cares de la proveta, expressada en °C

e és el gruix, expressat en m

- Quantitat de calor que passa a través d'un tancament per unitat de temps.

$$Q = S \cdot U \cdot (Tc - Tf)$$

On:

Q és el flux de calor, expressat en W

S és l'àrea, expressada en m²

U és la transmitància, expressada en W/m²·°C

(Tc-Tf) és l'increment de les temperatures de l'aire entre la cambra calenta i freda, expressada en °C

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Temperatura de la superfície interior d'un tancament.

$$T1 = Tc \cdot \frac{(Tc - Tf) \cdot U}{hi}$$

On:

$T1$ és la temperatura de la cara calenta de la proveta, expressat en °C

Tc és la temperatura de la cambra calenta, expressat en °C

$(Tc-Tf)$ és l'increment de les temperatures de l'aire entre la cambra calenta i freda, expressada en °C

U és la transmitància, expressada en $W/m^2 \cdot ^\circ C$

hi és el coeficient superficial de la transmissió interior ($1/hi=Rsi$)

Amb les fórmules anteriors, hem extret les següents:

- Transmitància.

$$U = \frac{(Tc - T1)}{(Tc - Tf) \cdot Rsi}$$

On:

U és la transmitància, expressada en $W/m^2 \cdot ^\circ C$

Tc és la temperatura de la cambra calenta, expressat en °C

$T1$ és la temperatura de la cara calenta de la proveta, expressat en °C

$(Tc-Tf)$ és l'increment de les temperatures de l'aire entre la cambra calenta i freda, expressada en °C

Rsi és la resistència tèrmica superficial interior ($0,13 m^2 \cdot ^\circ C/W$)

4. PROCÉS EXPERIMENTAL

- Coeficient de conductivitat tèrmica.

$$\lambda = \frac{e \cdot U \cdot (T_c - T_f)}{(T_1 - T_2)}$$

On:

λ és el coeficient de conductivitat tèrmica, expressada en $W/m \cdot ^\circ C$

e és el gruix, expressat en m

U és la transmitància, expressada en $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$(T_c - T_f)$ és l'increment de les temperatures de l'aire entre la cambra calenta i freda, expressada en $^\circ C$

$(T_1 - T_2)$ és l'increment de temperatura entre les cares de la proveta, expressada en $^\circ C$

Mitjançant les fórmules descrites anteriorment, es calculen els valors de U i λ .

RESULTATS DE L'ASSAIG

Els resultats d'aquest assaig es recullen a l'ANNEX 4, on podem trobar indicades totes les mesures de temperatura que s'han pres durant l'assaig.

A la taula següent podem observar un resum dels resultats obtinguts del coeficient de conductivitat tèrmica.

Codi	Coeficient de conductivitat tèrmica (λ) (W/m·°C)
M4 (Prova)	0,41
C1	0,55
C2	0,54
C3	0,54
C4	0,55
C5	0,43
FC1	0,38
FC2	0,47
V1	0,61
V2	0,66

CONCLUSIONS GENERALS

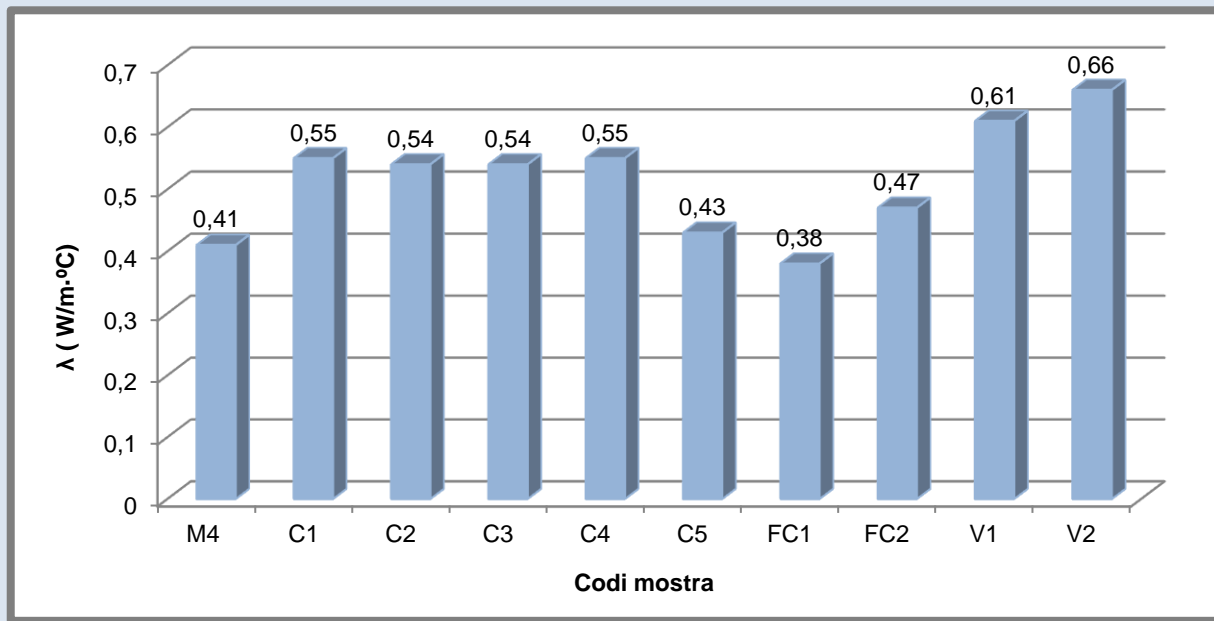
A continuació, extraiem conclusions i valorem les característiques físiques de les mostres produïdes.

Els resultats obtinguts a l'assaig són assimilables als valors que es recullen a la taula anterior de "Materials artificials o sòls tractats".

A la taula següent es recullen les dosificacions de cada mostra de ceràmica cuita i els resultats del coeficient de conductivitat tèrmica (λ), per tal de poder determinar la relació que hi ha entre ells.

Codi	λ	Dosificacions
M4	0,41	Mostra de calibració
C1	0,55	90% argila + 10% fang + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
C2	0,54	80% argila + 20% fang + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
C3	0,54	70% argila + 30% fang + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
C4	0,55	60% argila + 40% fang + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
C5	0,43	50% argila + 50% fang + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
FC1	0,38	100% fang + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
FC2	0,47	100% fang + 20% sorra normalitzada + 10,7% d'aigua.
V1	0,61	100% argila + 20% sorra procedent de central d'àrids + 10,7% d'aigua.
V2	0,66	100% argila + 20% sorra normalitzada + 10,7% d'aigua.

A partir de la taula dels resultats del coeficient de conductivitat tèrmica, de l'apartat anterior, generem el següent gràfic.



Gràfic coeficients de conductivitat tèrmica de les mostres. Font: Pròpia

Analitzant els resultats obtinguts del gràfic anterior dels coeficients de conductivitat tèrmica amb la taula de dosificacions, podem extreure les següents conclusions.

Observem que el coeficient de conductivitat tèrmica de la mostra varia segons el tipus de sorra que conté. En el cas de les mostres FC2 i V2, que contenen sorra normalitzada, podem observar que el resultat del coeficient de conductivitat tèrmica és superior al de les mostres FC1 i V1, que contenen sorra procedent de central d'àrids, és a dir, la sorra normalitzada aïlla menys.

Comparant les mostres que contenen 100% fang (FC1 i FC2) o 100% argila (V1 i V2), podem observar que aquestes últimes tenen el coeficient de conductivitat més alt.

Pel que fa a les altres mostres, és a dir, les que contenen proporcions variables de fang i argila (C1, C2, C3, C4 i C5), observem que ens donen resultats molt semblants, menys en el cas de la mostra C5 que obtenim un resultat inferior. Per tant, podem dir que quan es mescla fang i argila, el coeficient de conductivitat tèrmica es redueix i s'obtenen valors semblants. Aquest valor semblant s'obté fins a arribar a una dosificació de 60% argila i 40% fang aproximadament. A partir d'aquesta dosificació, quan el contingut de fang és igual o superior al 50%, el coeficient de conductivitat tèrmica es torna a reduir.

Podem concloure, que quant més contingut de fang conté la mostra, aquesta és més aïllant.

5. CONCLUSIONS GENERALS

L'objectiu general del present treball de final de grau és l'aprofitament d'un subproducte com és el fang sobrant d'una central de tractament d'àrids, per a ser utilitzat a la fabricació de materials ceràmics per a la construcció. A continuació s'exposen les conclusions generals que hem extret durant la realització del present projecte.

Per a realitzar aquest apartat partirem dels objectius plantejats a l'inici del treball, analitzarem el grau de compliment dels objectius principals que ens plantejàvem i exposarem els resultats obtinguts dels objectius específics.

- Continuació del Projecte Fi de Carrera que precedeix el present treball.

Aquest objectiu s'ha complert, ja que hem pogut obtenir resultats fiables a l'assaig.

L'assaig de conductivitat tèrmica es va considerar erroni en el projecte que ens precedeix.

A continuació, exposarem la conclusió obtinguda de l'assaig realitzat amb el mètode de la caixa tèrmica:

Podem concloure que quan es mescla fang i argila, el coeficient de conductivitat tèrmica es redueix i s'obtenen valors semblants, fins a arribar a una dosificació de 60% argila i 40% fang aproximadament. A partir d'aquesta dosificació, quan el contingut de fang és igual o superior al 50%, el coeficient de conductivitat tèrmica es torna a reduir.

Per tant, a més contingut de fang a la mostra, aquesta és més aïllant.

Com a característica puntual que hem observat a l'assaig, la utilització de diferents tipus de sorra, fa variar els resultats. La sorra normalitzada aïlla menys que la sorra procedent d'una central de tractament d'àrids.

- Estudi de les propietats de les rajoles de gres no esmaltades per a la utilització com a paviments per habitatges i obtenir el marcat CE del producte.

Per a obtenir el marcat CE del producte, segons la normativa, havíem de realitzar els següents assaigs:

- Determinació de la reacció al foc.
- Determinació de la resistència a la flexió i de la força de ruptura.
- Determinació de la resistència al lliscament.
- Determinació de la resistència a la gelada.

Aquest objectiu s'ha complert parcialment, ja que no hem pogut realitzar tots aquells assaigs necessaris per a obtenir el marcat CE.

Els que no hem pogut realitzar han estat l'assaig de determinació de la reacció al foc i l'assaig de determinació de la resistència al lliscament, degut a que no disposàvem dels recursos i equips necessaris per a la seva realització.

A continuació, exposarem les conclusions obtingudes dels assaigs realitzats:

Pel que fa a l'assaig de la determinació de la resistència a la flexió i de la força de ruptura, podem dir que qualsevol de les dosificacions utilitzades en realitzar aquest assaig, supera els requisits mínims que estableix la normativa respecte a la força de ruptura, que és el valor a tenir en compte per a les rajoles destinades a la utilització com a paviment.

Pel que fa a l'assaig de determinació de la resistència a la gelada, podem dir que l'absorció d'aigua de les mostres ha augmentat un cop finalitzat l'assaig, però que les mostres són resistents a la gelada, ja que no s'han produït danys visibles a aquestes. Per tant, serien aptes per a la utilització com a paviments exterior en zones de condicions climàtiques adverses.

Deixant de banda els assaigs que ens falten per realitzar, podem afirmar que amb els assaigs que hem realitzat, les mostres compleixen la normativa. Per tant, podríem obtenir el marcat CE i serien aptes per a la utilització com a paviment.

- Estudi de les propietats de les rajoles de gres no esmaltades per a obtenir els resultats que permetin preparar les bases per a un posterior estudi econòmic de viabilitat de comercialització.

Per a obtenir les característiques tècniques que ens permetin caracteritzar més el material i que aquest sigui més competitiu a l'hora de comercialitzar el producte, havíem de realitzar els següents assaigs:

- Determinació de les dimensions i l'aspecte superficial.
- Determinació de l'absorció d'aigua.
- Determinació de la resistència a l'impacte per mesurament del coeficient de restitució.
- Determinació de la resistència a l'abrasió profunda de les rajoles no esmaltades.
- Determinació de la dilatació tèrmica lineal.
- Determinació de la resistència al xoc tèrmic.
- Determinació de la dilatació per humitat.
- Determinació de la resistència química.
- Determinació de la resistència a les taques.

Aquest objectiu s'ha complert, ja que hem pogut realitzar tots aquells assaigs necessaris per a obtenir totes les característiques d'aquest material.

L'únic assaig que no hem realitzat ha estat el de determinació de les dimensions i l'aspecte superficial, ja que aquest s'ha de realitzar quan es fan grans produccions i s'estableixen lots d'inspecció de les rajoles per determinar si s'accepta o no la partida homogènia.

A continuació, exposarem les conclusions obtingudes dels assaigs realitzats:

Pel que fa a l'assaig de determinació de l'absorció d'aigua, podem dir que referent a les mostres que hem anomenat definitives per a realitzar l'assaig (F1, FA1, FA3, FA5, FA7 i FA9), estan compreses dins el grup I (absorció d'aigua $\leq 3\%$) de classificació, segons la norma UNE-EN 14411. En canvi, referent a les mostres que hem anomenat millorades per a realitzar l'assaig (FA5M1 i FA5M2), estan compreses dins el grup II_b (absorció d'aigua entre el 6% i el 10%) de classificació, segons la norma "UNE-EN 14411:2013".

Com a característiques puntuals que hem observat a l'assaig de l'absorció d'aigua, determinem que a més contingut de fang a la dosificació, més baixa és l'absorció d'aigua. També, a més pressió en el premsat de la mostra, menys absorbeix. Per últim, quan s'afegeix xamota a la dosificació, s'augmenta l'absorció d'aigua.

5. CONCLUSIONS GENERALS

Pel que fa a l'assaig de determinació de la resistència a l'impacte per mesurament del coeficient de restitució, podem dir que s'han obtingut bons resultats, ja que en totes les mostres que s'ha realitzat l'assaig hem superat el requisit normal de resistència a l'impacte per instal·lacions sotmeses a càrregues lleugeres (valor de 0,55 del coeficient de restitució). També afirmem que el coeficient de restitució no té relació directa amb les dosificacions de les mostres.

Pel que fa a l'assaig de determinació de la resistència a l'abradió profunda de les rajoles no esmaltades, podem concloure que, en totes les mostres, el volum de material eliminat sempre està per sota del volum límit màxim segons la norma "UNE-EN 14411:2013".

Com a característica puntual més rellevant que hem observat a l'assaig d'abradió, és que a mesura que disminueix el contingut de fang a la mostra, augmenta l'absorció d'aigua i el volum de material eliminat.

Pel que fa a l'assaig de determinació de la dilatació tèrmica lineal, podem concloure que tot i la lleugera imprecisió en la presa de dades, les mostres no tenen un valor significatiu de dilatació tèrmica. Com hem esmentat a les conclusions de l'assaig, aquest s'hauria de realitzar amb un equip de mesura més precís.

Pel que fa a l'assaig de determinació de la resistència al xoc tèrmic, podem assegurar que qualsevol de les mostres assajades és resistent al xoc tèrmic, tot i tenir diferents composicions, ja que cap de les mostres ha sofert canvis durant la realització de l'assaig.

Pel que fa a l'assaig de determinació de la dilatació per humitat, podem concloure que tot i la lleugera imprecisió en la presa de dades, les mostres no tenen un valor significatiu de dilatació per humitat. Com hem esmentat a les conclusions de l'assaig, aquest s'hauria de realitzar amb un equip de mesura més precís.

Pel que fa a l'assaig de determinació de la resistència química, podem assegurar que qualsevol de les mostres assajades és resistent als atacs químics, tot i tenir diferents composicions, ja que cap de les solucions d'assaig ha provocat efectes visibles a les mostres.

Pel que fa a l'assaig de determinació de la resistència a les taques, podem concloure que en general les mostres tenen una bona resistència a les taques, diferenciant les dues mostres que contenen més argila (FA7 i FA9). Aquestes dues són menys resistents a les taques, degut que tenen un valor més alt d'absorció d'aigua i penetra més la taca.

Podem afirmar que amb els assaigs que hem realitzat, les mostres compleixen la normativa i tenen unes bones característiques com a paviment i per tant, serien competitives en el mercat.

CONCLUSIONS FINALS

Com a conclusions finals que hem extret de la realització d'aquest projecte i juntament amb el PFG1 podem dir que:

La dosificació més idònia per a la fabricació de gres és aquella que conté un 50% fang, 50% argila, aproximadament un 30% de xamota i un 12% d'aigua. Aquesta és idònia degut a la baixa deformació que presenta, a l'acceptable capacitat d'absorció d'aigua i per l'aspecte que presenta la mostra un cop cuita.

Poden competir al mercat amb les rajoles conegudes com a gres rústic, ja que amb els resultats obtinguts a tots els assaigs classificaríem la nostra mostra dins aquest grup de rajoles.

Per tant, el subproducte és apte per a l'elaboració de materials de gres per a paviments.

Com es conclou al PFG1 el subproducte procedent del procés de rentat d'àrids també és apte per a l'elaboració de maons ceràmics fins a una dosificació que contingui entre un 10% i un 30% de fang.

NOVES OPORTUNITATS D'ESTUDI

Per donar per acabat aquest projecte, volem dedicar un breu apartat per esmentar aquells aspectes que creiem que podrien ser objecte d'estudi en posteriors projectes. Una possible via d'estudi que s'obre en concloure aquest projecte, és realitzar un estudi de viabilitat de comercialització de les rajoles de gres produïdes, partint de la caracterització del material mitjançant els assaigs que s'ha fet en el present projecte. Dins aquest estudi seria interessant analitzar la reducció de costos que suposaria per a una empresa la utilització d'aquest material, el qual està fabricat a partir de la barreja de diversos subproductes i argila. També seria interessant estudiar les possibles sortides comercials que pot tenir el producte final. Un altre camí d'estudi pot ser el de concloure els assaigs que no s'han pogut realitzar per obtenir el marcat CE, crear una fitxa tècnica amb el recull de totes les propietats i posteriorment, determinar si el material podria obtenir el marcat CE.

Gràcies a que queda palès que aquests fangs serveixen per a fabricar materials ceràmics, s'obren portes per a poder seguir aprofundint dins l'àmbit dels materials ceràmics i utilitzar aquest subproducte per a la fabricació d'altres tipus de materials, com podrien ser les teules ceràmiques per a cobertes. Dins d'aquest estudi es podria determinar el comportament del material, utilitzant altres tipus de conformat de les peces, com ara l'extrusió.

6. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

TESIS I PROJECTES

- PÉREZ FUERTES, Abel. *Desenvolupament de pastes ceràmiques per a la fabricació de rajols de baixa porositat*. Projecte Final de Carrera / Enginyeria Tècnica Química Industrial ; UDG – Universitat de Girona – Escola Politècnica Superior. Girona, 2004. Tutor: Pere Roura Grabulosa.
- FIBLA MATAMOROS, Rosa. *Aprofitament de la closca de musclo per al procés de fabricació de ciment*. Projecte Final de Carrera. Universitat Politècnica de Barcelona – Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. Barcelona, 2007. Tutor: Josep Claramunt Blanes.
- TREMOSA PALAU, Griselda. *Ciments de fosfat formulats amb subproductes de magnesi i estudi de la incorporació de fibres com a reforç*. Treball Fi de Màster. UPC- Universitat Politècnica de Catalunya – Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona. Barcelona, Juny 2012. Director/s: Laia Haurie Ibarra, Joan Formosa Mitjans.
- M.J. MARTÍN, M.D. BALAGUER i M.RIGOLA. *Revalorització dels excedents de fangs biològics de depuradora mitjançant la seva transformació en carbó actiu*. Estudi. UDG – Universitat de Girona – Laboratori d'enginyeria Química i Ambiental – Facultat de Ciències. Girona, 1997.
- BERTHELSEN MOLIST, Bjorn-Erik i JANER ADRIAN, Francesc Xavier. *Reaprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids per a la seva aplicació a la construcció*. Projecte Fi de Carrera / Arquitectura Tècnica. UDG- Universitat de Girona – Escola Politècnica Superior – Departament d'Arquitectura i Enginyeria de la Construcció. Girona, 2012. Tutora: Maria Mercè Pareta Marjanedas.
- VISAUTA, Bienvenido. *Els gestors de residus a Catalunya*. Càtedra de Media Ambient. ESADE – Escola superior d'Administració i Direcció d'Empreses. Barcelona, Setembre 2001. Director: Dr. Robert Tornabell.

ARTICLES I ESTUDIS

- ESTUDIO DE VALORIZACIÓN DE LODOS DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS. Estudi tècnic. Universidad de las Palmas - Grupo de investigación de ingeniería ambiental. Las Palmas, Diciembre 2007.
- BALDOSAS DE GRES PORCELÁNICO ELABORADAS POR VÍA SECA. Article tècnic. Universidad Federal de Sao Carlos – Laboratorio de Revestimientos Cerámicos. Brasil, 2010.
- INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE FASES Y POROSIDAD SOBRE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN PROFUNDA DEL GRES PORCELÁNICO. Article tècnic. Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici (ISTEC-CNR). Italia, 2002.
- NUEVAS COMPOSICIONES DE BALDOSAS CERÁMICAS CON ELEVADAS PRESTACIONES. Article tècnic. Instituto de Tecnología Cerámica – Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas. Castellón, 2004.
- PIROPLASTICIDAD DEL GRES PORCELÁNICO. Article tècnic. Universidad Federal de Sao Carlos – Laboratorio de Revestimientos Cerámicos. Brasil, 2006.
- ESTUDIO SOBRE ÁRIDOS: geología, legislación, medio ambiente, normativa, explotación y tratamiento. Estudi tècnic. Explora Geologia – empresa especialitzada. Badajoz, Julio 2010.

INFORMES, PUBLICACIONS I PROGRAMES OFICIALS

- PROGRAMA GENERAL DE PREVENCIÓ I GESTIÓ DE RESIDUS I RECURSOS DE CATALUNYA 1013-2020. Catalunya: Agència de Residus de Catalunya i Generalitat de Catalunya – Departament de Territori i sostenibilitat. Abril 2014
- PROGRAMA GENERAL DE PREVENCIÓ I GESTIÓ DE RESIDUS I RECURSOS DE CATALUNYA 1013-2020 – Annex 5: Balanç del Programa de gestió de residus municipals de Catalunya. Catalunya: Agència de Residus de Catalunya i Generalitat de Catalunya – Departament de Territori i sostenibilitat. Abril 2014
- PROGRAMA GENERAL DE PREVENCIÓ I GESTIÓ DE RESIDUS I RECURSOS DE CATALUNYA 1013-2020 – Annex 6: Balanç del Programa de gestió de residus industrials de Catalunya. Catalunya: Agència de Residus de Catalunya i Generalitat de Catalunya – Departament de Territori i sostenibilitat. Abril 2014
- PROGRAMA GENERAL DE PREVENCIÓ I GESTIÓ DE RESIDUS I RECURSOS DE CATALUNYA 1013-2020 – Annex 7: Balanç del Programa de gestió de residus de la construcció a Catalunya. Catalunya: Agència de Residus de Catalunya i Generalitat de Catalunya – Departament de Territori i sostenibilitat. Abril 2014
- PROGRAMA GENERAL DE PREVENCIÓ I GESTIÓ DE RESIDUS I RECURSOS DE CATALUNYA 1013-2020 – Annex 12: Informació específica per fluxos de residus. Catalunya: Agència de Residus de Catalunya i Generalitat de Catalunya – Departament de Territori i sostenibilitat. Abril 2014
- PROGRAMA DE GESTIÓ DE RESIDUS INDUSTRIALS A CATALUNYA PROGRIC. Catalunya: Agència de Residus de Catalunya i Generalitat de Catalunya – Departament de Medi Ambient i Habitatge. Març 2007.
- PROGRAMA DE GESTIÓ DE RESIDUS DE LA CONSTRUCCIÓ A CATALUNYA PROGROC. Catalunya: Agència de Residus de Catalunya i Generalitat de Catalunya – Departament de Medi Ambient i Habitatge. Març 2007.
- LA VALORITZACIÓ ENERGÈTICA DE RESIDUS. Publicació oficial n.º.177- Cultura Energètica. Catalunya: Institut Català d'energia – Departament d'empresa i ocupació. Novembre 2011.

6. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- CATÀLEG DE RESIDUS DE CATALUNYA. Catalunya: Generalitat de Catalunya- Departament de Medi Ambient – Junta de Residus. Desembre 1999.
- INFORME SOBRE LA GESTIÓ DE LES INFRAESTRUCTURES DE RESIDUS. Col·lecció estudis i informes nº32. Catalunya: Consell de Treball Economia i Social
- LA GESTIÓ DE FANGS DE LES ESTACIONS DEPURADORES D'AIGÜES RESIDUALS. Col·lecció Documents de Treball. Catalunya: Diputació de Barcelona – Xarxa de municipis. Gener 2008.
- ELS RESIDUS GENERATS PER LES INDÚSTRIES INSCRITES EN EL REGISTRE DE PRODUCTORS DE CATALUNYA DADES 2011. Catalunya: Generalitat de Catalunya – Departament de Territori i Sostenibilitat. Juny 2012.

GUIES TÈCNIQUES

- BALDOSAS CERÁMICAS. Guía técnica. Instituto de Tecnología Cerámica y Comisión de Trabajo. Valencia, 2009.
- CERÁMICA PARA LA ARQUITECTURA. Guía técnica – Material formativo para prescriptores. Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos. Castellón, 2007.

DOCUMENTALS

- 30 minuts. *La guerra de la sorra*. Documental. TV3 – Televisió de Catalunya, Octubre 2013.

7. NORMATIVA

- AENOR. *BALDOSAS CERÁMICAS: Definiciones, clasificación, características i marcado.* UNE-EN 14411:2013. Madrid: AENOR, Mayo 2013.
- AENOR. *BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 3: Determinación de la absorción de agua.* UNE-EN ISO 10545-3:1997. Madrid: AENOR, Diciembre 1997.
- AENOR. *BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 4: Determinación de la resistencia a la flexión y de la fuerza de rotura.* UNE-EN ISO 10545-4:2012. Madrid: AENOR, Mayo 2012.
- AENOR. *BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 5: Determinación de la resistencia al impacto per medición del coeficiente de restitución.* UNE-EN ISO 10545-5:1998. Madrid: AENOR, Enero 1998.
- AENOR. *BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 6: Determinación de la resistencia a la abrasión profunda de las baldosas no esmaltadas.* UNE-EN ISO 10545-6:2012. Madrid: AENOR, Mayo 2012.
- AENOR. *BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 8: Determinación de la dilatación tèrmica lineal .* UNE-EN ISO 10545-8:1997. Madrid: AENOR, Abril 1997.
- AENOR. *BALDOSAS CERÁMICAS, BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 9: Determinación de la resistencia al choque tèrmico.* UNE-EN ISO 10545-9:1997. Madrid: AENOR, Febrero 1997.
- AENOR. *BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 10: Determinación de la dilatación por humedad.* UNE-EN ISO 10545-10:1997. Madrid: AENOR, Diciembre 1997.
- AENOR. *BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 12: Determinación de la resistencia a la helada.* UNE-EN ISO 10545-12:1997. Madrid: AENOR, Diciembre 1997.
- AENOR. *BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 13: Determinación de la resistencia química.* UNE-EN ISO 10545-13:1998. Madrid: AENOR, Enero 1998.
- AENOR. *BALDOSAS CERÁMICAS, PARTE 14: Determinación de la resistencia a las manchas.* UNE-EN ISO 10545-14:1998. Madrid: AENOR, Enero 1998.
- AENOR. *Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería, Parte 1: Piezas de arcilla cocida.* UNE-EN 771-1. Madrid: AENOR, Diciembre 2011.
- AENOR. *Fábrica de albañilería y componentes para fábrica, métodos para determinar las propiedades tèrmicas.* UNE-EN 1745. Madrid: AENOR, Septiembre 2013.

7. NORMATIVA

- AENOR. *Prestaciones térmicas de los productos y componentes para edificios, criterios particulares para la evaluación de los laboratorios que miden las propiedades de transmisión térmica, Parte 1: Criterios comunes.* UNE-EN 1946. Madrid: AENOR, Octubre 1999.
- AENOR. *Prestaciones térmicas de los productos y componentes para edificios, criterios particulares para la evaluación de los laboratorios que miden las propiedades de transmisión térmica, Parte 4: Mediciones por el método de la caja caliente.* UNE-EN 1946-4. Madrid: AENOR, Abril 2001.

8. AGRAÏMENTS

Volem donar un sincer agraïment, en primer lloc, a la nostra tutora Maria Mercè Pareta per atendre'ns tan amablement i intentar ajudar-nos a resoldre tots els problemes i dubtes que se'ns han generat al llarg de tot el projecte.

També agraïm al professor Joan Llorens, l'ajuda brindada en la comprensió de certs aspectes de la normativa, per a fer-nos preveure aspectes importants a tenir en compte als anàlisis de resultats i per donar-nos suport i ànims per a continuar afrontant el projecte.

Volem agrair especialment al Sr. Pere Bellvehí, la seva gran ajuda prestada durant tota la realització del projecte, per fer tot el possible perquè poguéssim seguir avançant, per donar-nos suport i ànims, pels bons consells donats, per la seva visió optimista i la simpatia que el caracteritza i per estar sempre a la nostre disposició quan el necessitàvem.

També volem agrair als nostres amics i companys de carrera i autors del projecte que ens precedia, Francesc Xavier Janer Adrian i Bjorn-Erik Berthelsen Molist, per donar-nos bons consells a l'hora d'afrontar un projecte d'aquestes característiques i per alertar-nos de possibles problemes que podríem tenir durant la realització d'aquest.

Donem les gràcies també al nostre amic i company de carrera Francesc Xavier Massó Ros, per a cedir-nos gratuïtament i amb molt de gust, l'equip necessari per a realitzar l'assaig de conductivitat tèrmica i gastar part del seu temps en explicar-nos el funcionament i els petits aspectes a tenir en compte.

Al Sr. Jordi Torra de l'empresa Àrids Guixeres S.L., al Sr. Jordi Trayter de l'empresa Argiles Colades S.A. i al Sr. Lluís Ferrés de l'empresa Ceràmica Ferrés S.A., els volem donar un sincer agraïment per atendre'ns tan amablement, per fer-nos visites guiades a les seves respectives empreses, per a cedir-nos, gratuïtament, els materials necessaris per a poder realitzar el projecte i per compartir amb nosaltres els seus amplis coneixements.

Per acabar, volem donar les gràcies a les nostres famílies i amics, per ajudar-nos en tot el possible, donar-nos suport i per fer que afrontéssim cada dia amb alegria i il·lusió.

Moltes gràcies a tots.



EPS

Escola Politècnica
Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Arquitectura Tècnica

Títol: Reaprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids, per a la fabricació de rajols i rajoles.

Document: Annexes

Alumne: Jordi Martil Soria / Arnau Mestre Reus

Director/Tutor: Maria Mercè Pareta Marjanedas

Departament: Arquitectura i Enginyeria de la Construcció

Àrea: Construccions Arquitectòniques

Convocatòria (mes/any): Juny 2014

9.1. ANNEX 1: INVENTARI



Molinet picador.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Estufa de dessecació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Estufa de dessecació.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Forn.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Taula talladora de ceràmica.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Premsa hidràulica manual.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Equip homologat per a l'abradió profunda.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



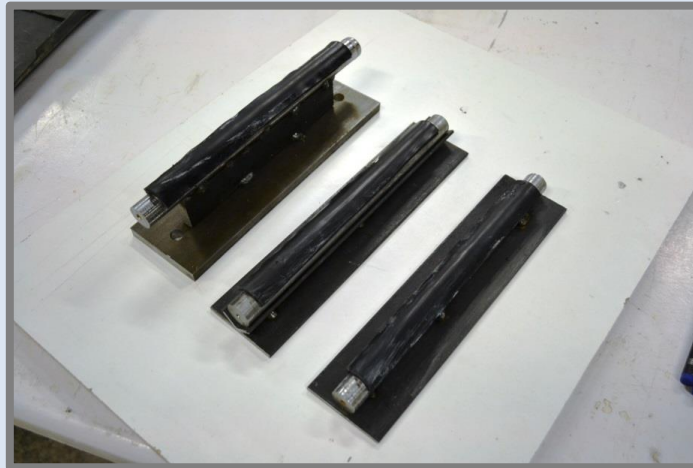
Material abradiu.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Màquina universal de 60T.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Un cilindre de metall central i dos cilindres de metall per a recolzaments recoberts amb cautxú.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Aparell frigorífic.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Recipient en el qual es realitza l'ebullició.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Font de calor.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Pistola per injectar resines.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Nivell.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Mecanisme de cronometratge.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Detector tèrmic per infrarojos per mesurar la temperatura.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Dessecador.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Placa elèctrica.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Balança.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Regle.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Peu de rei electrònic.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



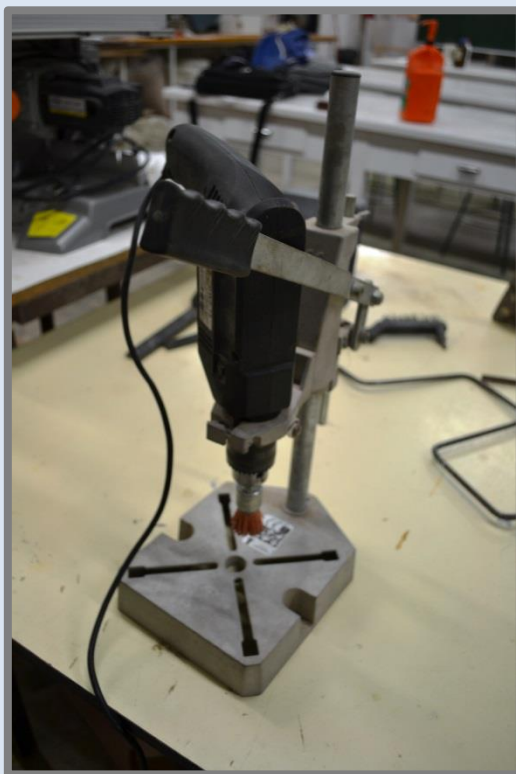
Vidre convex de 30 mm de diàmetre.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Làmpada lupa.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Raspall giratori de pèl dur de 8 cm de diàmetre.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Recipients de vidre de borosilicat.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Caixa tèrmica.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Lector de termoparell tipus K.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Motlle de BTC per la fabricació de les mostres.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia



Nou motlle de 16x8 cm per la fabricació de les mostres.

Fotografia: Jordi Martil i Arnau Mestre / **Font:** Pròpia

9.2. ANNEX 2: DOSIFICACIONS I MESURES

SEGONA I TERCERA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
F1	600	0,00%	0,00	100,00%	600,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40
FA1	600	10,00%	60,00	90,00%	540,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40
FA2	600	20,00%	120,00	80,00%	480,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40
FA3	600	30,00%	180,00	70,00%	420,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40
FA4	600	40,00%	240,00	60,00%	360,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40
FA5	600	50,00%	300,00	50,00%	300,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40
FA6	600	60,00%	360,00	40,00%	240,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40
FA7	600	70,00%	420,00	30,00%	180,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40
FA8	600	80,00%	480,00	20,00%	120,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40
FA9	600	90,00%	540,00	10,00%	60,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40
FSN1	600	0,00%	0,00	100,00%	600,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40
FASN1	600	50,00%	300,00	50,00%	300,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40
FASL=FA6	600	60,00%	360,00	40,00%	240,00	20,00%	120	12,00%	86,4	806,40

QUARTA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
F1	300	0,00%	0	100,00%	300	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA1	300	10,00%	30	90,00%	270	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA2	300	20,00%	60	80,00%	240	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA3	300	30,00%	90	70,00%	210	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA4	300	40,00%	120	60,00%	180	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA5	300	50,00%	150	50,00%	150	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA6	300	60,00%	180	40,00%	120	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA7	300	70,00%	210	30,00%	90	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA8	300	80,00%	240	20,00%	60	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA9	300	90,00%	270	10,00%	30	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
F1	72,47	144,07	23,15	64,80	130,10	19,90	7,67	13,97	3,25	349,0	-
FA1	71,81	144,92	21,67	63,80	132,60	19,70	8,01	12,32	1,97	347,2	-
FA2	72,95	144,94	20,31	64,40	132,70	19,80	8,55	12,24	0,51	345,2	321,2
FA3	72,75	144,61	20,54	64,20	132,40	19,10	8,55	12,21	1,44	344,7	322,7
FA4	72,01	144,85	18,97	65,10	132,20	17,89	6,91	12,65	1,08	343,4	322,0
FA5	72,15	144,61	18,43	64,60	134,50	17,90	7,55	10,11	0,53	348,2	327,4
FA6	72,75	145,18	18,50	66,90	136,00	17,40	5,85	9,18	1,10	344,4	324,3
FA7	73,25	144,39	18,04	67,90	136,20	17,00	5,35	8,19	1,04	344,5	324,5
FA8	74,26	143,83	17,26	69,50	137,50	16,95	4,76	6,33	0,31	343,4	323,0
FA9	76,63	144,20	16,10	72,90	138,50	15,50	3,73	5,70	0,60	339,7	319,6

CINQUENA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
F1	300	0,00%	0	100,00%	300	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA1	300	10,00%	30	90,00%	270	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA2	300	20,00%	60	80,00%	240	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA3	300	30,00%	90	70,00%	210	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA4	300	40,00%	120	60,00%	180	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA5	300	50,00%	150	50,00%	150	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA6	300	60,00%	180	40,00%	120	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA7	300	70,00%	210	30,00%	90	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA8	300	80,00%	240	20,00%	60	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA9	300	90,00%	270	10,00%	30	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
SS1	300	50,00%	150	50,00%	150	0,00%	0	12,00%	36,0	336,00
FAP5	300	50,00%	150	50,00%	150	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
F1	75,77	145,35	19,68	66,70	129,27	18,55	9,07	16,08	1,13	351,0	325,9
FA1	72,85	144,55	20,48	64,67	128,90	18,25	8,18	15,65	2,23	356,2	331,2
FA2	72,14	143,87	21,47	63,64	129,80	17,40	8,50	14,07	4,07	354,5	330,7
FA3	72,87	143,95	20,00	65,66	130,08	17,51	7,21	13,87	2,49	352,4	328,5
FA4	72,66	144,33	19,16	65,84	131,33	17,64	6,82	13,00	1,52	353,7	330,2
FA5	72,09	144,48	19,90	65,08	133,61	16,62	7,01	10,87	3,28	352,6	328,9
FA6	72,68	143,51	18,94	67,18	133,85	16,68	5,50	9,66	2,26	350,4	327,5
FA7	73,83	143,87	18,46	68,83	135,45	15,84	5,00	8,42	2,62	351,5	329,0
FA8	72,16	143,40	17,20	68,54	136,38	17,42	3,62	7,02	-0,22	351,2	328,6
FA9	73,03	143,49	15,62	69,29	136,77	17,03	3,74	6,72	-1,41	343,2	321,4
SS	71,55	143,40	16,06	67,34	129,80	15,03	4,21	13,60	1,03	289,5	268,6
FAP5	76,48	143,63	16,80	71,98	136,39	14,80	4,50	7,24	2,00	346,8	324,0

SETENA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
F1	300	0,00%	0	100,00%	300	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA1	300	10,00%	30	90,00%	270	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA3	300	30,00%	90	70,00%	210	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA5	300	50,00%	150	50,00%	150	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA7	300	70,00%	210	30,00%	90	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA9	300	90,00%	270	10,00%	30	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FAX1	300	50,00%	150	50,00%	150	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuïta i seca
F1	73,72	145,37	20,32	65,52	129,25	18,05	8,20	16,12	2,27	345,4	318,0
FA1	71,65	145,05	20,86	63,25	128,28	18,50	8,40	16,77	2,36	346,4	324,9
FA3	71,96	144,55	19,50	64,24	130,41	17,40	7,72	14,14	2,10	346,0	322,9
FA5	71,67	144,54	19,50	63,31	130,47	17,11	8,36	14,07	2,39	349,1	328,8
FA7	71,40	144,86	20,33	64,85	131,46	18,00	6,55	13,40	2,33	347,5	326,9
FA9	71,95	144,78	17,31	65,05	133,59	15,38	6,90	11,19	1,93	346,1	325,4
FAX	71,37	144,53	20,33	65,70	131,59	18,78	5,67	12,94	1,55	349,7	331,5

VUITENA I NOVENA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
F1	300	0,00%	0	100,00%	300	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
F1.1	80,00	149,92	12,05	69,39	132,29	10,66	10,61	17,63	1,39	239,2	-
F1.2	80,03	149,98	11,76	69,72	131,96	10,08	10,31	18,02	1,68	239,1	-
F1.3	79,91	149,75	11,98	69,12	132,75	10,50	10,79	17,00	1,48	238,4	-
F1.4	79,95	149,99	12,21	69,34	132,79	10,92	10,61	17,20	1,29	238,8	-
F1.5	79,98	149,90	12,25	69,28	132,02	10,77	10,70	17,88	1,48	238,3	-
F1.6	79,91	149,91	11,80	69,20	132,63	10,20	10,71	17,28	1,60	238,6	-
F1.7	80,04	149,87	12,43	69,77	132,48	11,04	10,27	17,39	1,39	239,5	-
F1.8	79,95	149,80	12,25	69,54	132,11	10,84	10,41	17,69	1,41	239,1	-
F1.9	79,91	149,65	9,52	69,68	132,13	7,91	10,23	17,52	1,61	181,6	-

DESENA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
FA1	300	10,00%	30	90,00%	270	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
FA1.1	79,94	149,70	11,88	71,04	133,51	10,60	8,90	16,19	1,28	240,3	225,3
FA1.2	79,88	149,62	12,14	70,82	133,11	10,62	9,06	16,51	1,52	239,4	224,9
FA1.4	80,71	150,94	12,03	71,60	134,49	10,75	9,11	16,45	1,28	237,9	223,5
FA1.5	80,78	150,93	12,07	71,96	134,34	10,51	8,82	16,59	1,56	238,3	223,9
FA1.8	79,95	149,70	11,31	71,05	133,90	9,98	8,90	15,80	1,33	239,9	224,5

ONZENA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
FA1	300	10,00%	30	90,00%	270	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
FA1.3	80,72	150,93	12,30	70,90	133,76	10,72	9,82	17,17	1,58	238,2	223,5
FA1.6	80,20	149,59	11,78	68,88	132,24	10,31	11,32	17,35	1,47	238,5	224,0
FA1.7	80,73	150,95	11,70	71,15	133,50	10,08	9,58	17,45	1,62	236,3	222,0
FA1.9	79,85	149,57	9,94	69,85	134,27	7,34	10,00	15,30	2,60	179,7	167,9

DOTZENA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
FA3	300	30,00%	90	70,00%	210	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
FA3.1	80,75	150,87	11,34	71,25	134,22	9,90	9,50	16,65	1,44	237,2	223,0
FA3.2	80,73	150,82	11,35	70,95	134,08	9,57	9,78	16,74	1,78	237,6	223,8
FA3.3	80,80	150,78	11,28	71,29	134,77	9,74	9,51	16,01	1,54	237,0	223,1
FA3.4	79,91	149,65	11,95	70,29	133,05	10,17	9,62	16,60	1,78	239,1	224,4
FA3.5	79,90	149,54	12,12	71,36	133,80	10,33	8,54	15,74	1,79	237,7	223,8
FA3.6	80,75	150,87	11,72	72,07	134,86	10,09	8,68	16,01	1,63	236,4	222,7
FA3.7	79,86	149,54	12,29	70,76	133,73	10,72	9,10	15,81	1,57	237,8	223,9
FA3.8	80,62	150,68	11,45	71,52	135,76	10,27	9,10	14,92	1,18	238,7	223,9
FA3.9	80,75	150,82	11,25	72,07	134,62	10,09	8,68	16,20	1,16	237,4	223,4
FA3.10	81,75	150,85	11,15	70,82	133,68	9,46	10,93	17,17	1,69	236,9	223,1

TRETZENA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
F1	300	0,00%	0	100,00%	300	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
F1.1	79,87	149,83	12,92	69,16	131,95	11,50	10,71	17,88	1,42	266,2	250,8
F1.2	79,95	149,50	14,17	69,53	131,32	12,40	10,42	18,18	1,77	264,5	249,1
F1.3	79,94	149,60	12,85	69,12	132,54	11,35	10,82	17,06	1,50	264,6	249,2
F1.4	79,85	149,65	12,53	69,18	132,33	11,23	10,67	17,32	1,30	265,5	249,8
F1.5	79,96	149,7	12,88	69,16	131,72	11,37	10,80	17,98	1,51	265,9	250,7
F1.6	79,97	149,62	13,63	69,20	132,25	12,01	10,77	17,37	1,62	265,5	250,2
F1.7	79,92	149,60	13,76	69,60	132,14	12,30	10,32	17,46	1,46	266,0	250,5
F1.8	80,70	150,87	12,50	70,24	133,16	11,04	10,46	17,71	1,46	264,7	249,5
F1.9	80,67	150,81	12,75	70,47	133,23	11,09	10,20	17,58	1,66	264,0	248,9

CATORZENA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
FA5	300	50,00%	150	50,00%	150	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
FA5.1	79,94	149,41	11,65	71,28	135,20	10,73	8,66	14,21	0,92	267	251,1
FA5.2	79,91	149,82	13,80	71,82	135,80	12,24	8,09	14,02	1,56	266,6	250,9
FA5.3	79,81	149,39	11,93	71,80	135,50	10,98	8,01	13,89	0,95	268,5	252,6
FA5.4	79,81	149,35	13,86	70,55	135,55	12,63	9,26	13,80	1,23	266,4	250,8
FA5.5	79,79	149,34	13,27	71,46	135,52	11,95	8,33	13,82	1,32	266,7	251,0
FA5.6	79,78	149,46	11,55	72,32	135,98	10,48	7,46	13,48	1,07	267,2	251,3
FA5.7	79,78	149,51	13,53	71,42	135,53	12,29	8,36	13,98	1,24	269,1	253,2
FA5.8	79,84	149,42	12,48	72,06	135,55	11,20	7,78	13,87	1,28	267,5	251,9
FA5.9	79,82	149,35	12,16	-	-	-	-	-	-	266,9	-

QUINZENA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
FA7	300	70,00%	210	30,00%	90	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
FA7.1	79,81	149,37	12,56	72,96	136,26	11,03	6,85	13,11	1,53	277,1	259,5
FA7.2	79,78	149,18	12,67	72,67	136,13	11,10	7,11	13,05	1,57	277,4	260,5
FA7.3	79,89	149,50	13,19	72,49	136,08	11,81	7,40	13,42	1,38	276,8	259,7
FA7.4	79,81	149,31	12,67	72,21	136,40	11,62	7,60	12,91	1,05	276,9	260,1
FA7.5	79,85	149,58	12,38	72,09	136,37	11,45	7,76	13,21	0,93	276,2	258,8
FA7.6	79,95	149,43	12,41	72,09	136,39	11,13	7,86	13,04	1,28	276,9	259,9
FA7.7	79,67	149,11	12,54	71,86	136,28	11,46	7,81	12,83	1,08	274,6	257,8
FA7.8	79,80	149,15	12,88	72,35	136,03	11,54	7,45	13,12	1,34	273,8	257,1
FA7.9	79,82	149,25	12,13	72,08	136,36	10,93	7,74	12,89	1,20	274,4	257,8
FA7.10	79,67	149,12	12,93	71,91	136,95	11,52	7,76	12,17	1,41	272,7	256,0

SETZENA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
F1	300	0,00%	0	100,00%	300	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA1	300	10,00%	30	90,00%	270	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA3	300	30,00%	90	70,00%	210	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA5	300	50,00%	150	50,00%	150	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA7	300	70,00%	210	30,00%	90	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
F1G	79,74	149,51	16,80	69,73	132,64	15,32	10,01	16,87	1,48	322,8	306,2
F1P	79,74	149,40	14,71	70,12	133,88	13,16	9,62	15,52	1,55	280,9	266,3
FA1G	79,89	149,40	15,95	69,70	133,68	14,44	10,19	15,72	1,51	323,8	306,7
FA1P	79,70	149,25	13,65	70,20	133,60	12,08	9,50	15,65	1,57	281,7	266,6
FA3G	79,71	149,24	15,18	71,20	134,54	13,50	8,51	14,70	1,68	303,6	287,2
FA3P	79,77	149,23	13,92	70,23	134,46	12,74	9,54	14,77	1,18	283,5	267,3
FA5G	79,96	149,28	14,05	71,60	135,51	12,54	8,36	13,77	1,51	303,9	287,3
FA5P	79,73	149,53	13,12	70,60	135,22	12,13	9,13	14,31	0,99	283,4	267,3
FA7G	79,79	149,08	13,75	72,22	136,37	12,53	7,57	12,71	1,22	305,9	288,5
FA7P	79,78	149,25	12,97	71,69	136,42	11,95	8,09	12,83	1,02	281,3	264,8
X.1	79,72	149,20	15,68	69,31	133,43	14,27	10,41	15,77	1,41	301,5	285,4
X.2	79,79	149,31	13,62	69,53	133,62	11,84	10,26	15,69	1,78	279,0	263,9

DISSETENA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
FA1	300	10,00%	30	90,00%	270	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20
FA3	300	30,00%	90	70,00%	210	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
FA3.1	80,61	150,51	13,01	69,85	134,24	11,33	10,76	16,27	1,68	258,4	241,7
FA3.2	79,67	149,21	13,26	68,91	132,71	11,69	10,76	16,50	1,57	263,9	247,8
FA3.3	79,82	149,51	13,47	70,61	133,50	11,70	9,21	16,01	1,77	264,9	248,9
FA3.4	79,70	149,43	13,55	70,09	133,52	11,93	9,61	15,91	1,62	265,0	248,6
FA3.5	79,90	149,28	13,31	70,14	133,29	11,63	9,76	15,99	1,68	264,6	248,7
FA3.6	79,71	149,22	12,59	69,81	133,84	11,32	9,90	15,38	1,27	263,4	247,5
FA3.7	79,76	149,29	13,31	70,41	133,66	11,83	9,35	15,63	1,48	264,3	248,5
FA3.8	79,66	149,34	13,48	68,59	133,54	12,31	11,07	15,80	1,17	263,6	247,8
FA3.9	79,74	149,20	13,35	70,22	133,34	11,84	9,52	15,86	1,51	264,6	248,8
FA3.10	79,73	149,31	13,50	69,96	133,99	12,07	9,77	15,32	1,43	264,4	248,6

DIVUITENA COCCIÓ

- Dosificacions

Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes a argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Sorra	Pes sorra (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
FA9	300	90,00%	270	10,00%	30	20,00%	60	12,00%	43,2	403,20

- Mesures

Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
FA9.1	79,54	148,74	13,29	73,65	137,53	11,98	5,89	11,21	1,31	280,5	263,1
FA9.2	79,55	148,89	13,00	72,92	137,71	12,06	6,63	11,18	0,94	285,0	267,3
FA9.3	79,55	148,89	12,85	73,80	137,80	11,85	5,75	11,09	1,00	281,8	264,4
FA9.4	79,49	148,96	13,62	73,76	138,03	12,33	5,73	10,93	1,29	279,4	262,1
FA9.5	79,69	148,88	13,80	73,48	137,35	12,72	6,21	11,53	1,08	284,5	266,1
FA9.6	79,62	149,10	12,62	73,13	137,49	11,51	6,49	11,61	1,11	283,5	265,9
FA9.7	79,59	149,07	12,38	72,25	137,56	11,60	7,34	11,51	0,78	281,6	264,3
FA9.8	79,87	148,96	12,67	72,48	137,69	11,60	7,39	11,27	1,07	282,7	265,1
FA9.9	79,54	149,02	12,51	73,32	137,92	11,71	6,22	11,10	0,80	284,1	266,7
FA9.10	79,61	149,02	12,23	73,20	137,5	11,19	6,41	11,52	1,04	283,9	265,9
FA9.11	79,62	149,10	12,06	73,28	137,73	11,05	6,34	11,37	1,01	282,8	265,0
FA9G	79,68	149,05	15,93	73,02	137,32	14,66	6,66	11,73	1,27	349,5	334,4
FA9P	79,57	149,01	13,80	72,73	137,91	12,79	6,84	11,10	1,01	308,4	293,3

DINOVENA COCCIÓ

- Dosificacions

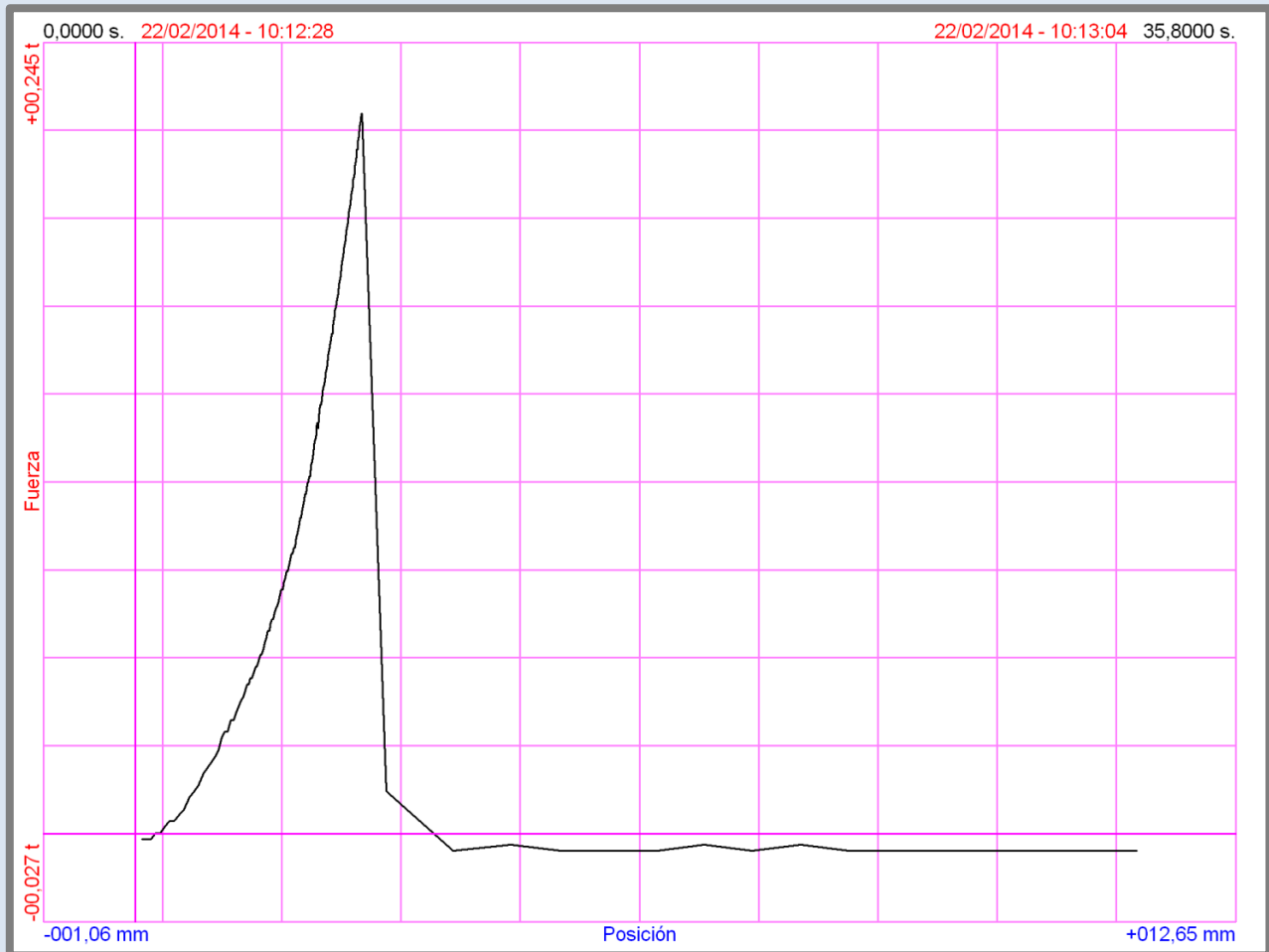
Codi	Pes total argila + fang (g)	% Argila	Pes argila (g)	% Fang	Pes fang (g)	% Xamota	Pes xamota (g)	% Fundent (totxo trinxat)	Pes fundent (g)	% Aigua	Pes aigua (g)	Pes total amassada (g)
FA5M	300	50,00%	150	50,00%	150	30,00%	90	20,00%	60	12,00%	54	504,00
FA5M1	300	50,00%	150	50,00%	150	30,00%	90	20,00%	60	12,00%	54	504,00
FA5M2	300	50,00%	150	50,00%	150	30,00%	90	20,00%	60	12,00%	54	504,00
FA1M	300	10,00%	30	90,00%	270	30,00%	90	20,00%	60	12,00%	54	504,00

- Mesures

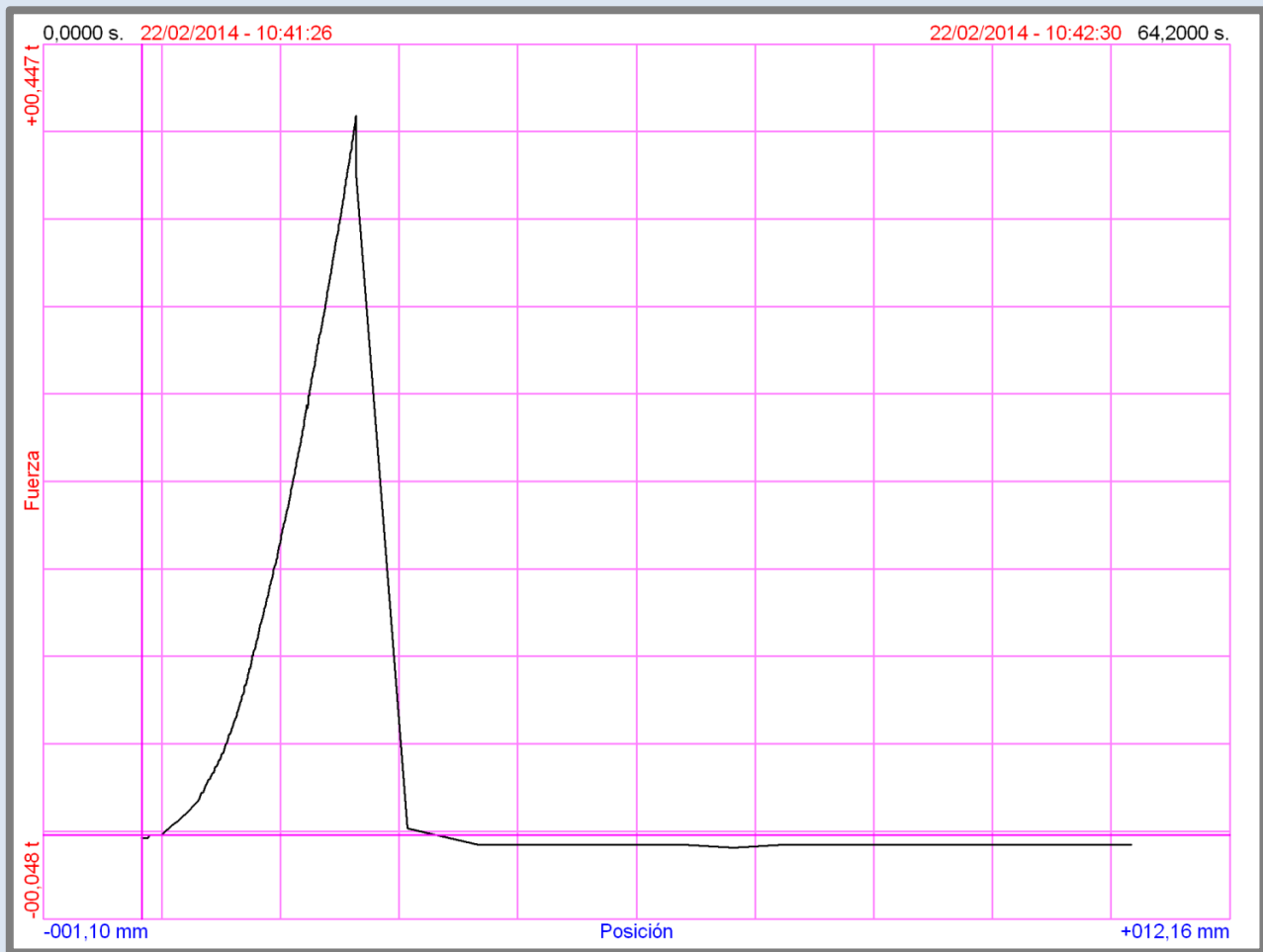
Codi	Dimensions mostra abans de coure (mm)			Dimensions després de coure (mm)			Diferència (contracció lineal mm)			Pesos de la mostra (g)	
	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Amplada	Longitud	Gruix	Abans de coure	Cuita i seca
FA5M	80,37	150,05	19,75	74,58	139,10	18,24	5,79	10,95	1,51	421,5	400,8
FA5M1	79,95	149,56	20,87	74,83	140,51	19,39	5,12	9,05	1,48	435,3	413,4
FA5M2	80,00	149,61	20,84	74,32	139,67	19,41	5,68	9,94	1,43	435,5	413,6
FA1M	80,02	149,68	22,23	73,41	137,53	20,33	6,61	12,15	1,90	436,6	415,8

9.3. ANNEX 3: ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE LA RESISTÈNCIA A LA FLEXIÓ I DE LA FORÇA DE RUPTURA

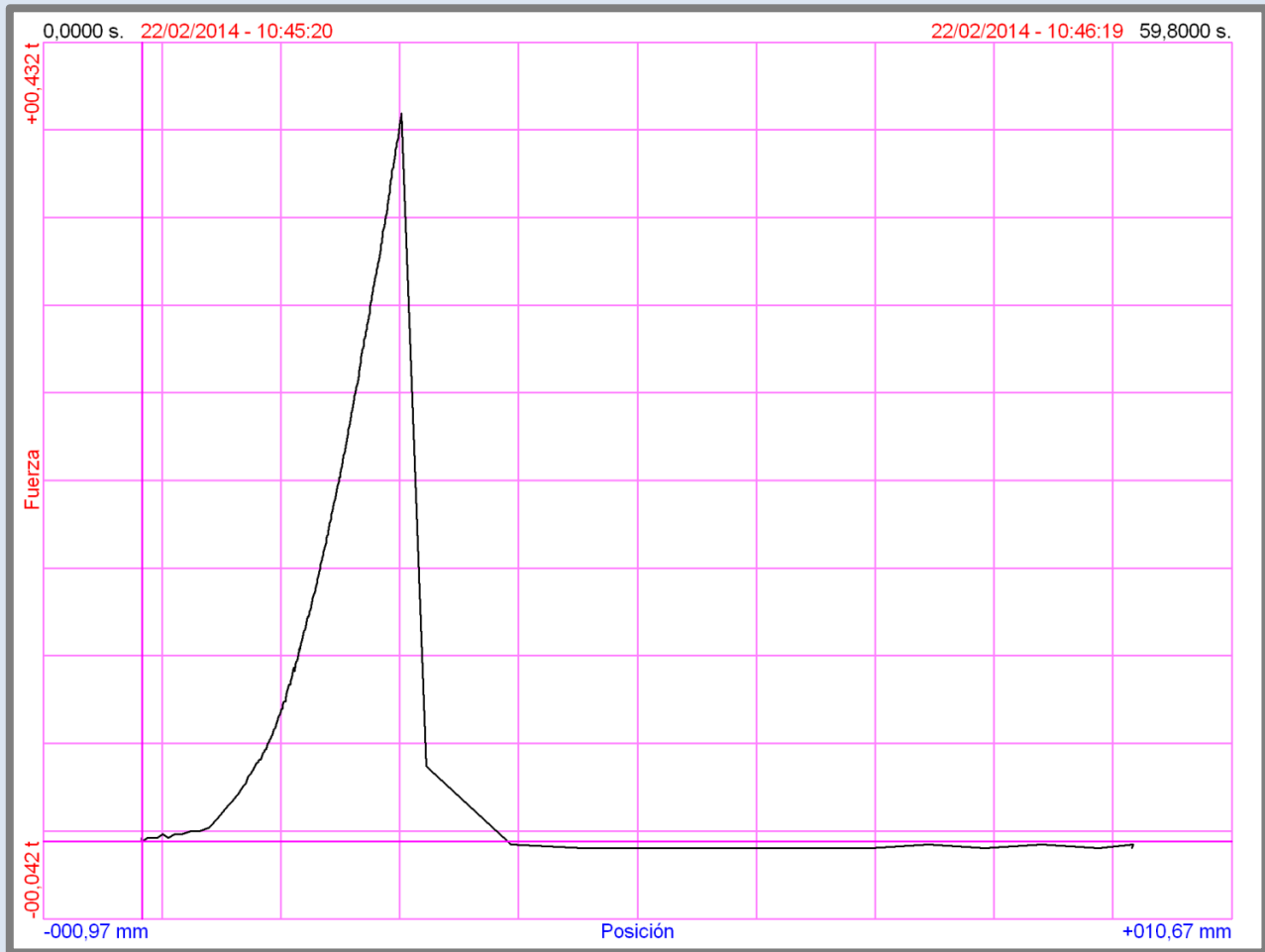
SETENA COCCIÓ



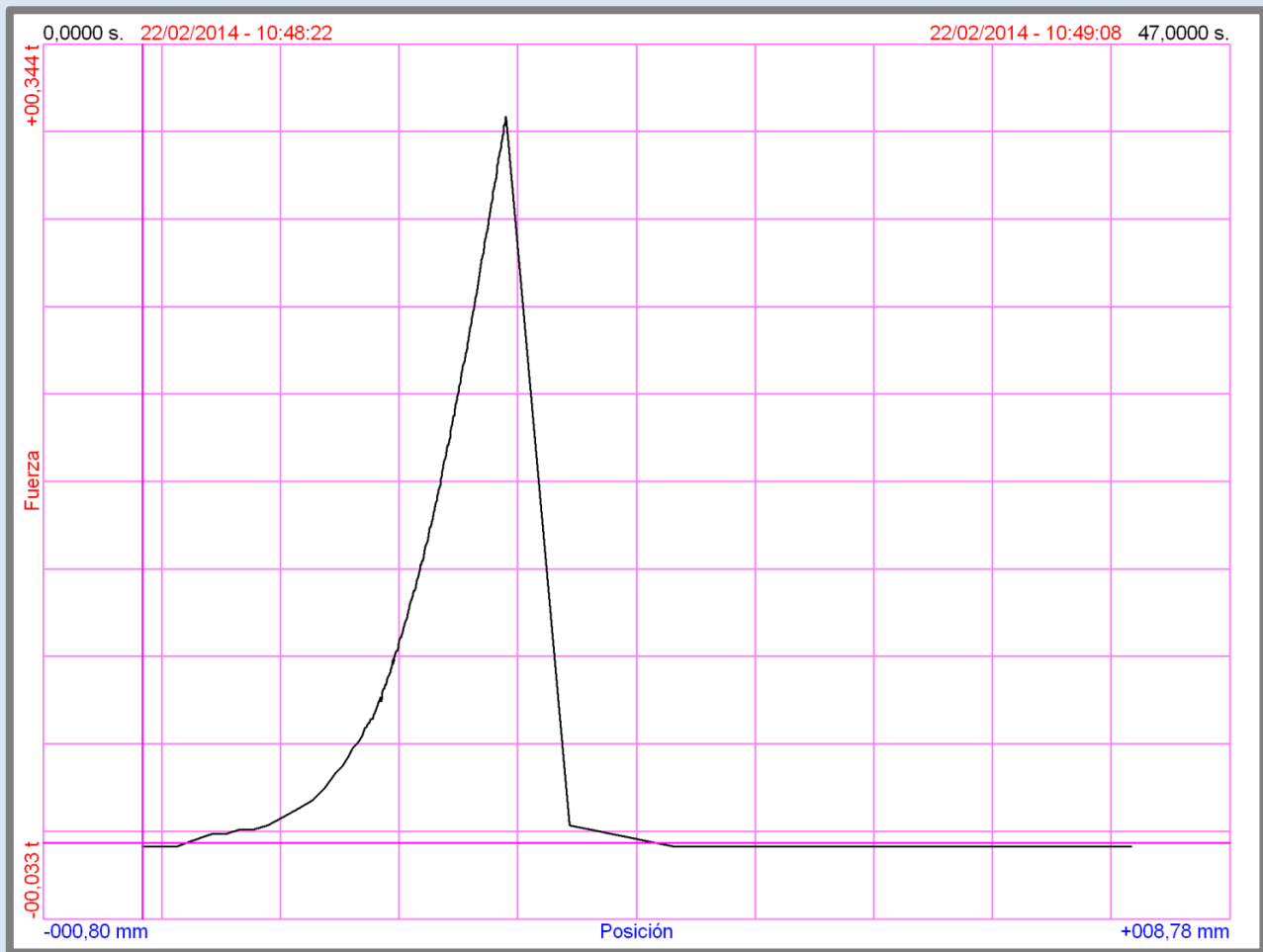
Gràfic assaig de flexió de la mostra F1 (coccio 5). Font: Software PCD2K



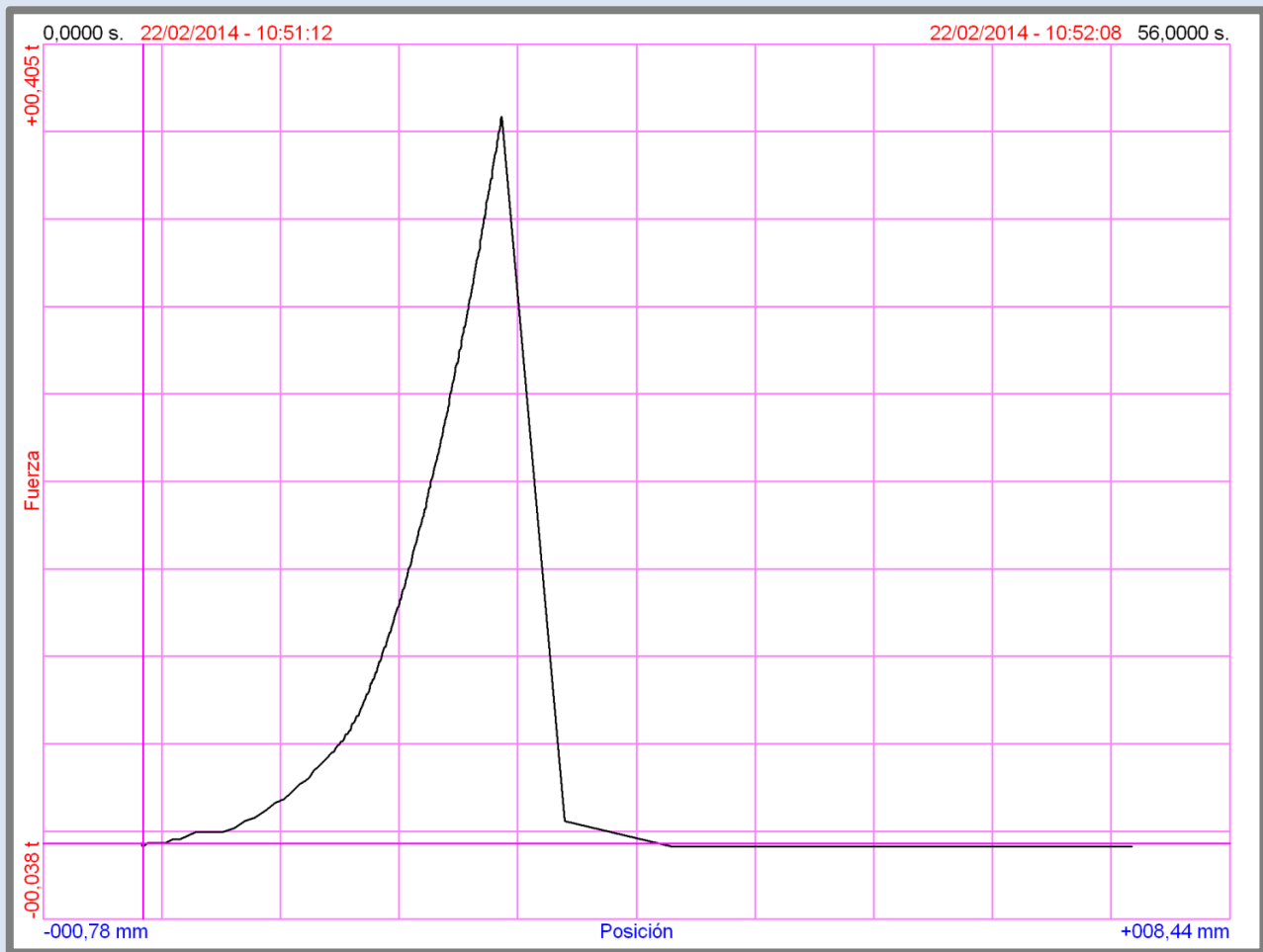
Gràfic assaig de flexió de la mostra F1. Font: Software PCD2K



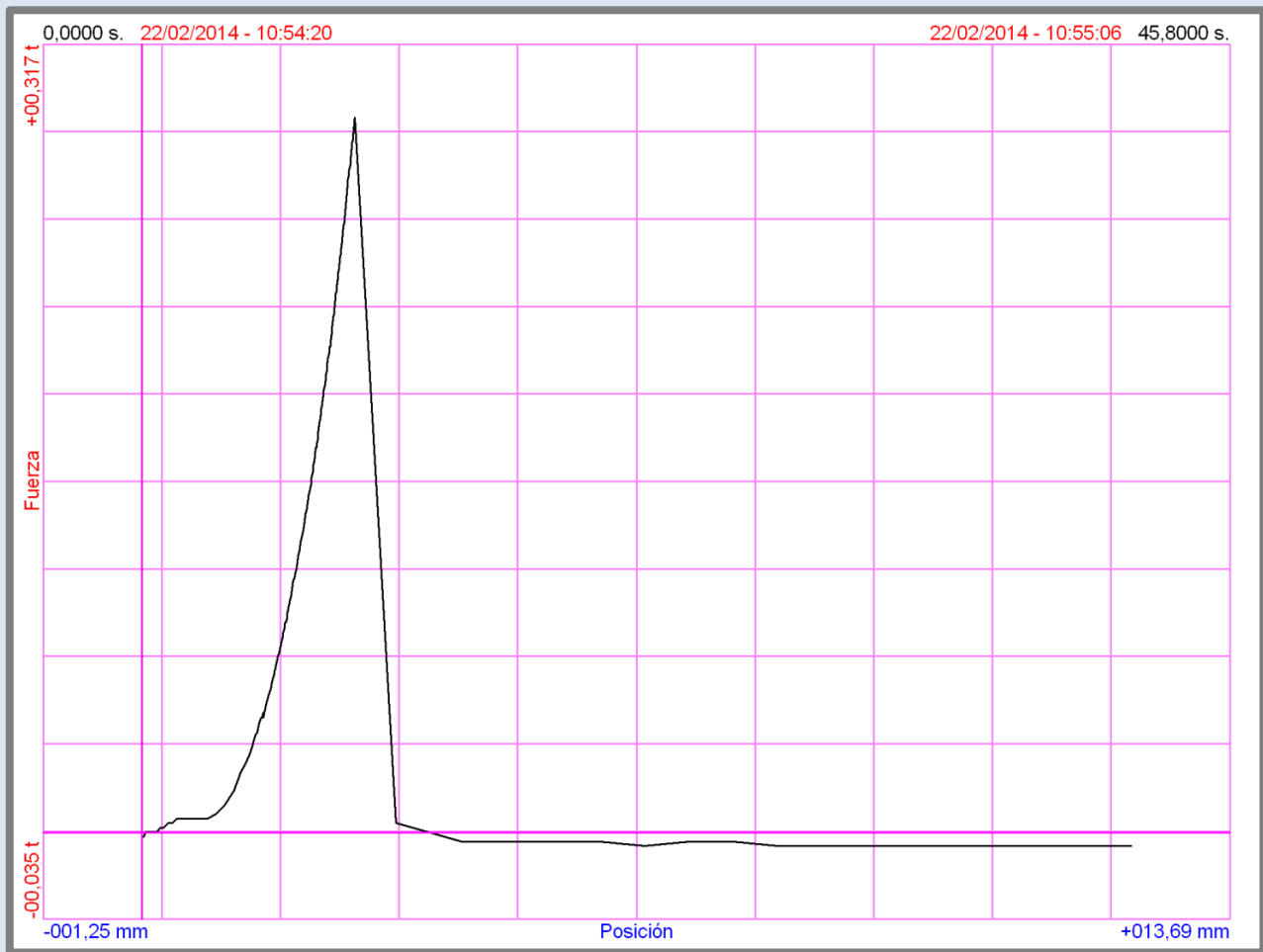
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA1. Font: Software PCD2K



Gràfic assaig de flexió de la mostra FA3. Font: Software PCD2K

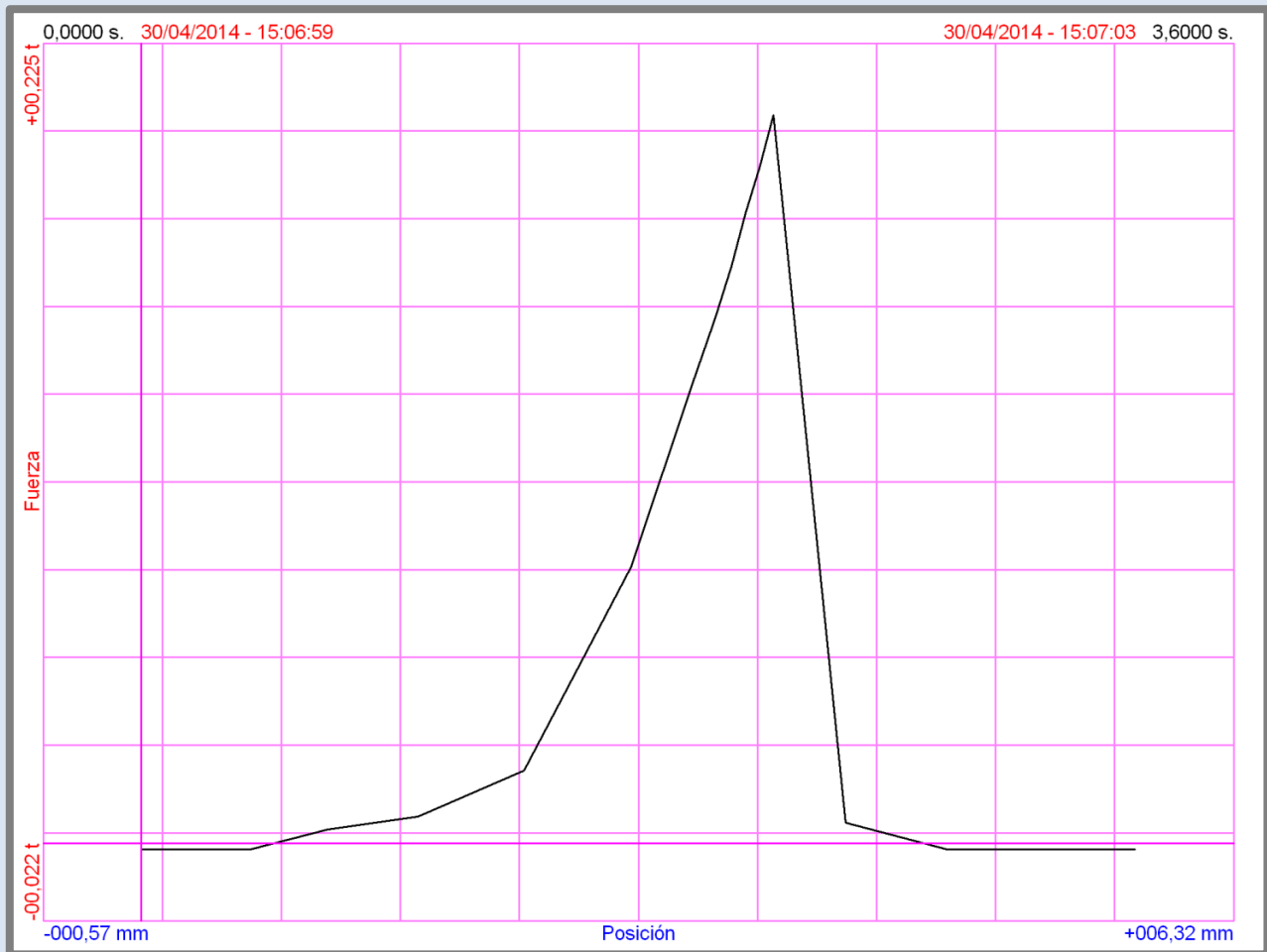


Gràfic assaig de flexió de la mostra FA5. Font: Software PCD2K



Gràfic assaig de flexió de la mostra FA7. Font: Software PCD2K

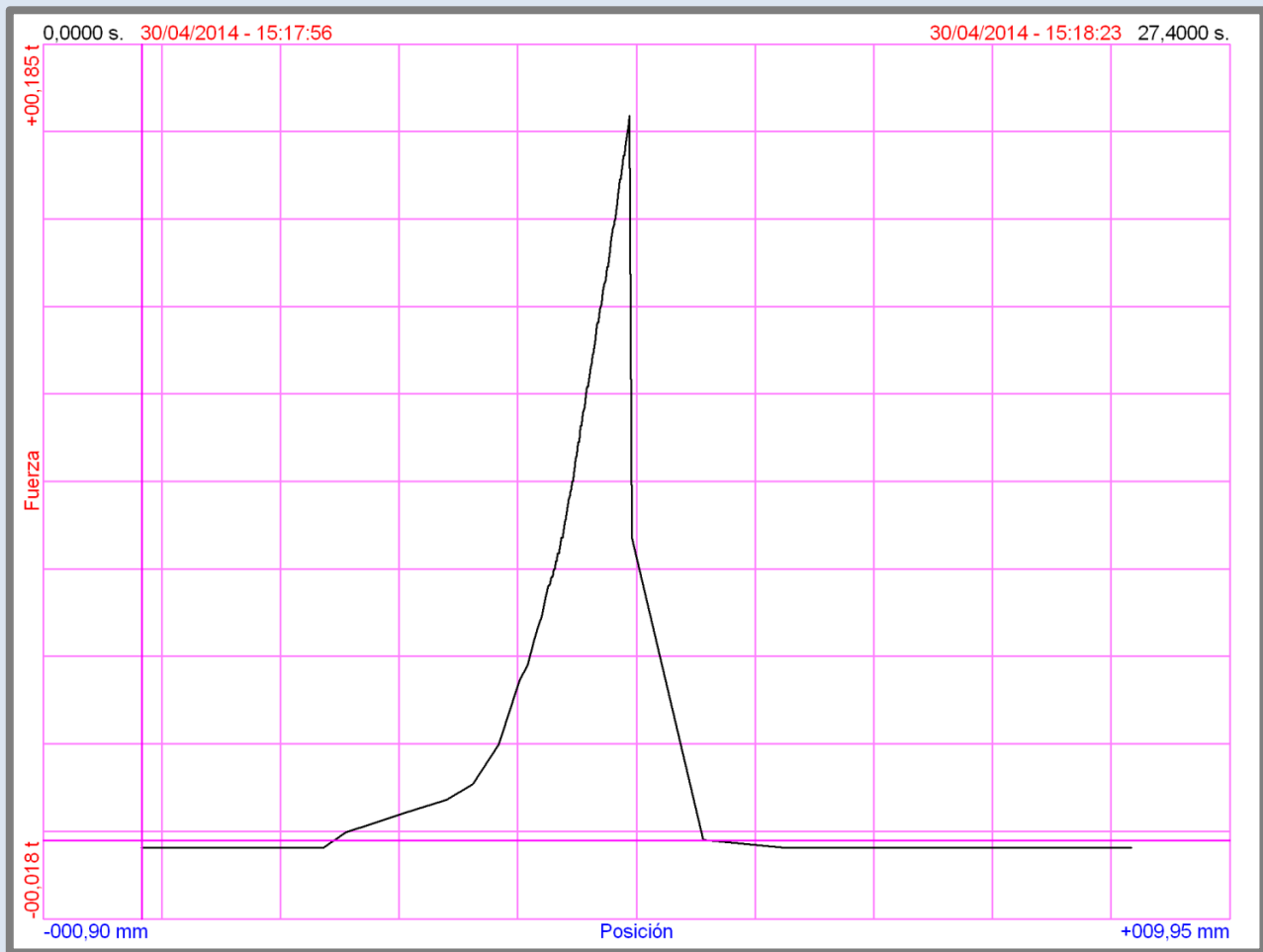
MOSTRES DEFINITIVES



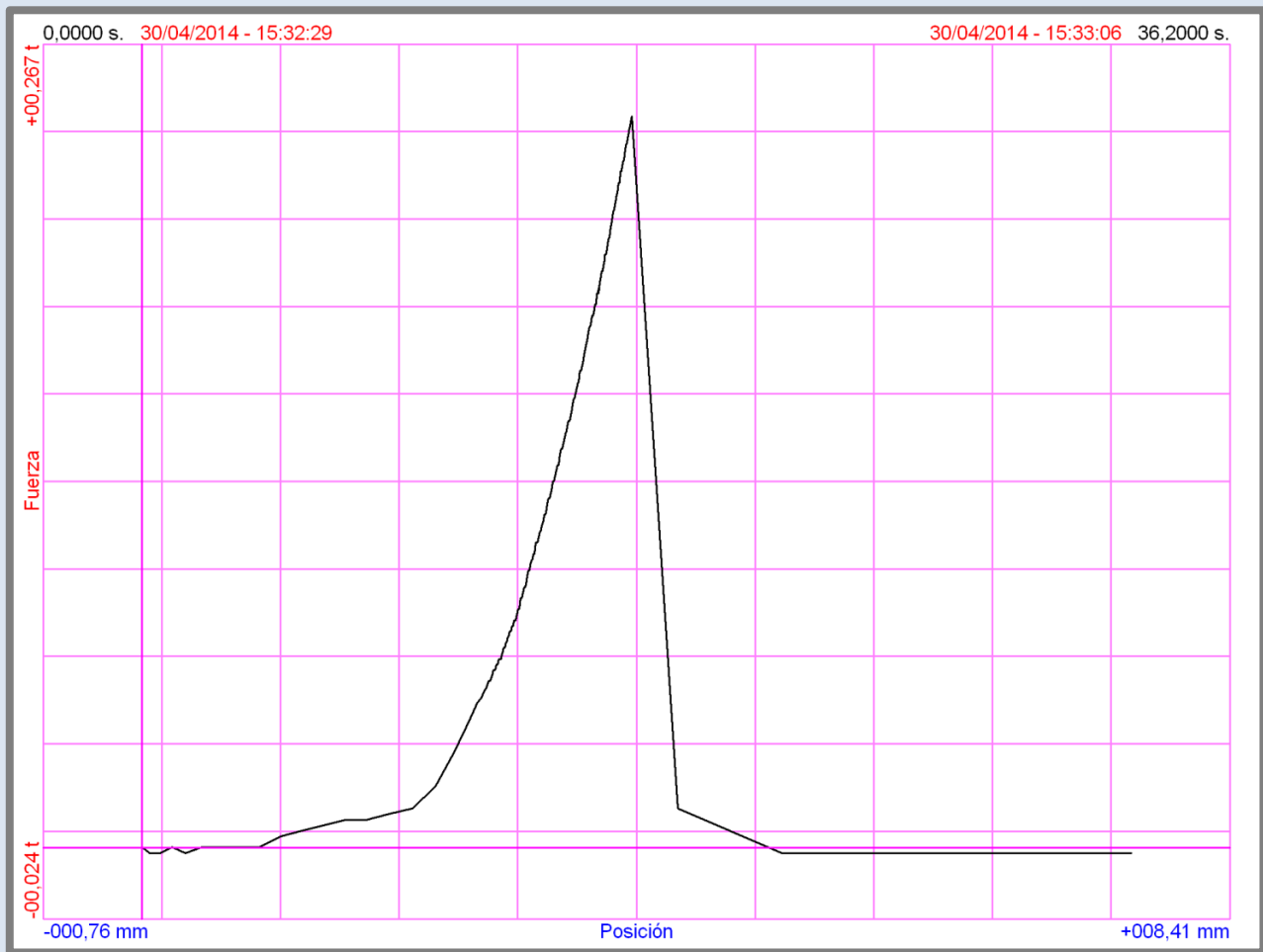
Gràfic assaig de flexió de la mostra F1.6. Font: Software PCD2K



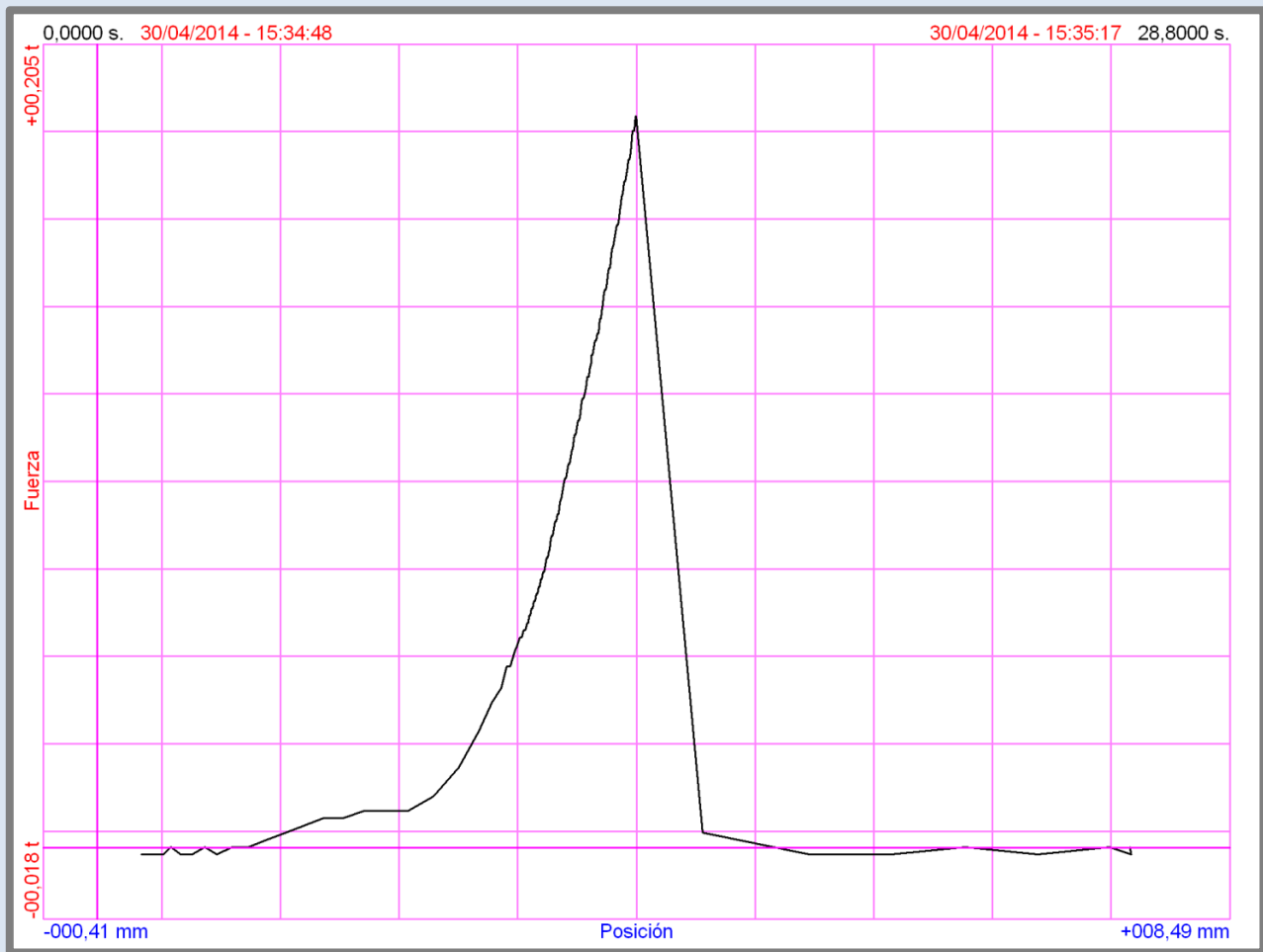
Gràfic assaig de flexió de la mostra F1G. Font: Software PCD2K



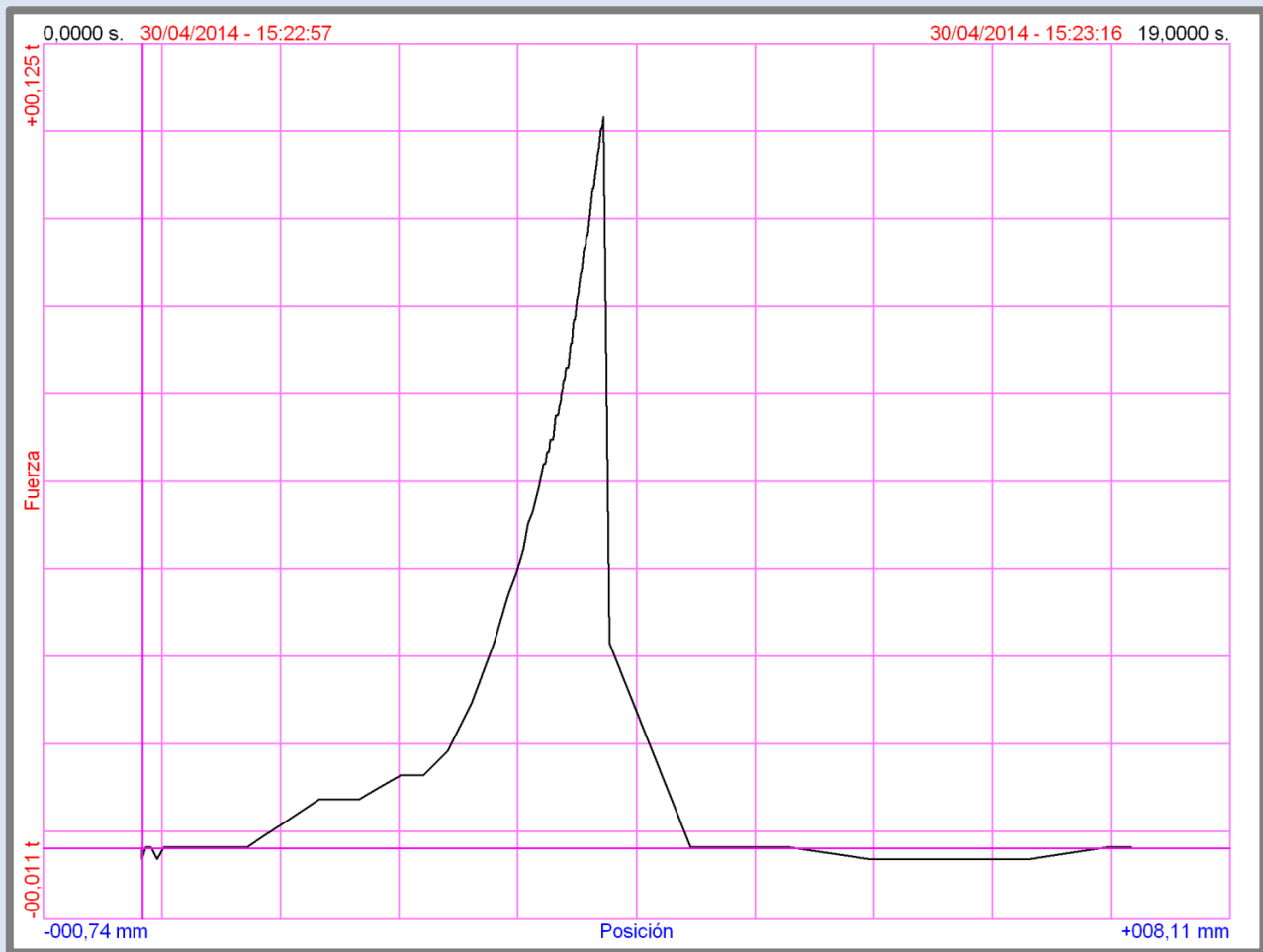
Gràfic assaig de flexió de la mostra F1P. Font: Software PCD2K



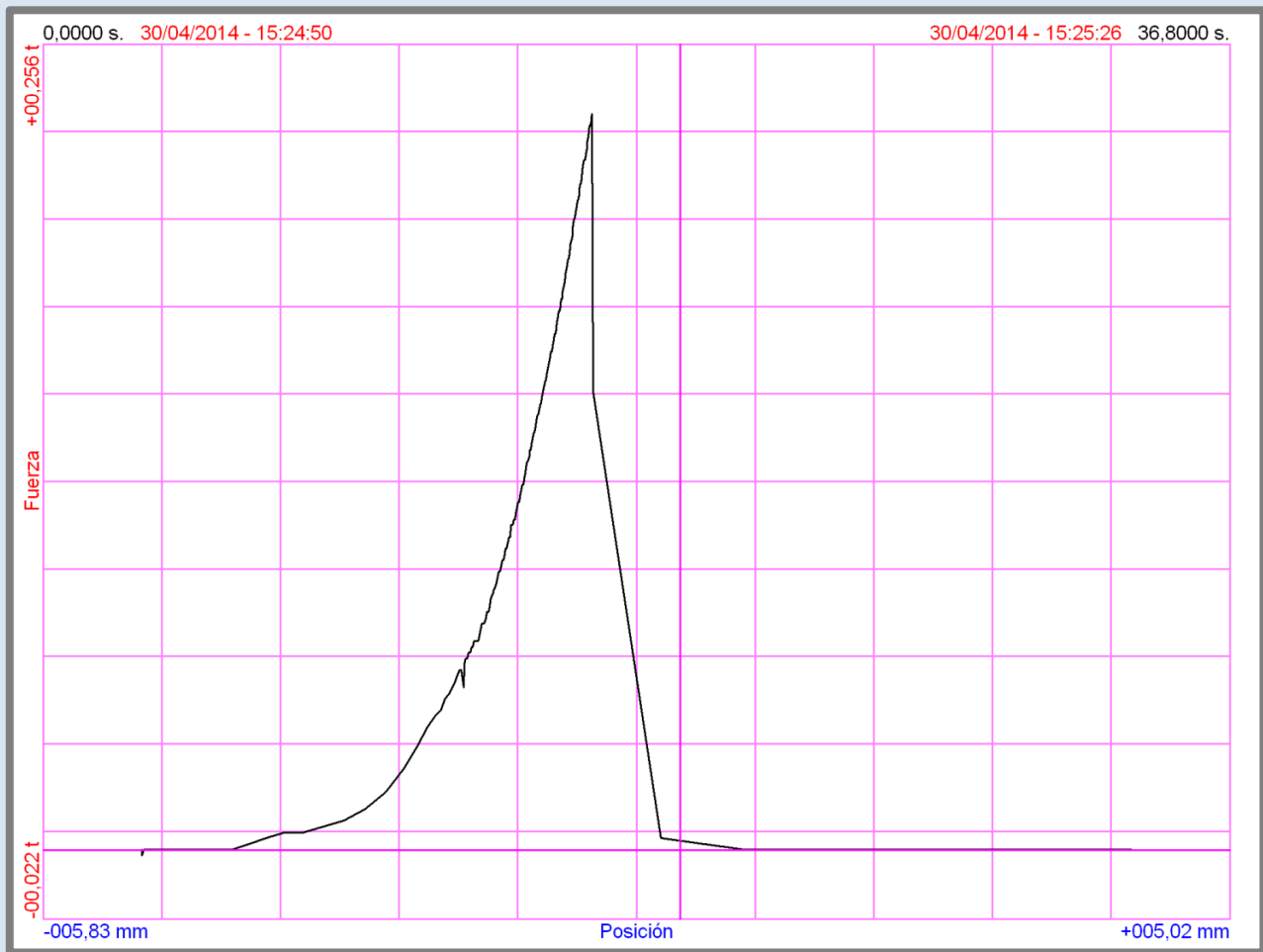
Gràfic assaig de flexió de la mostra X1. Font: Software PCD2K



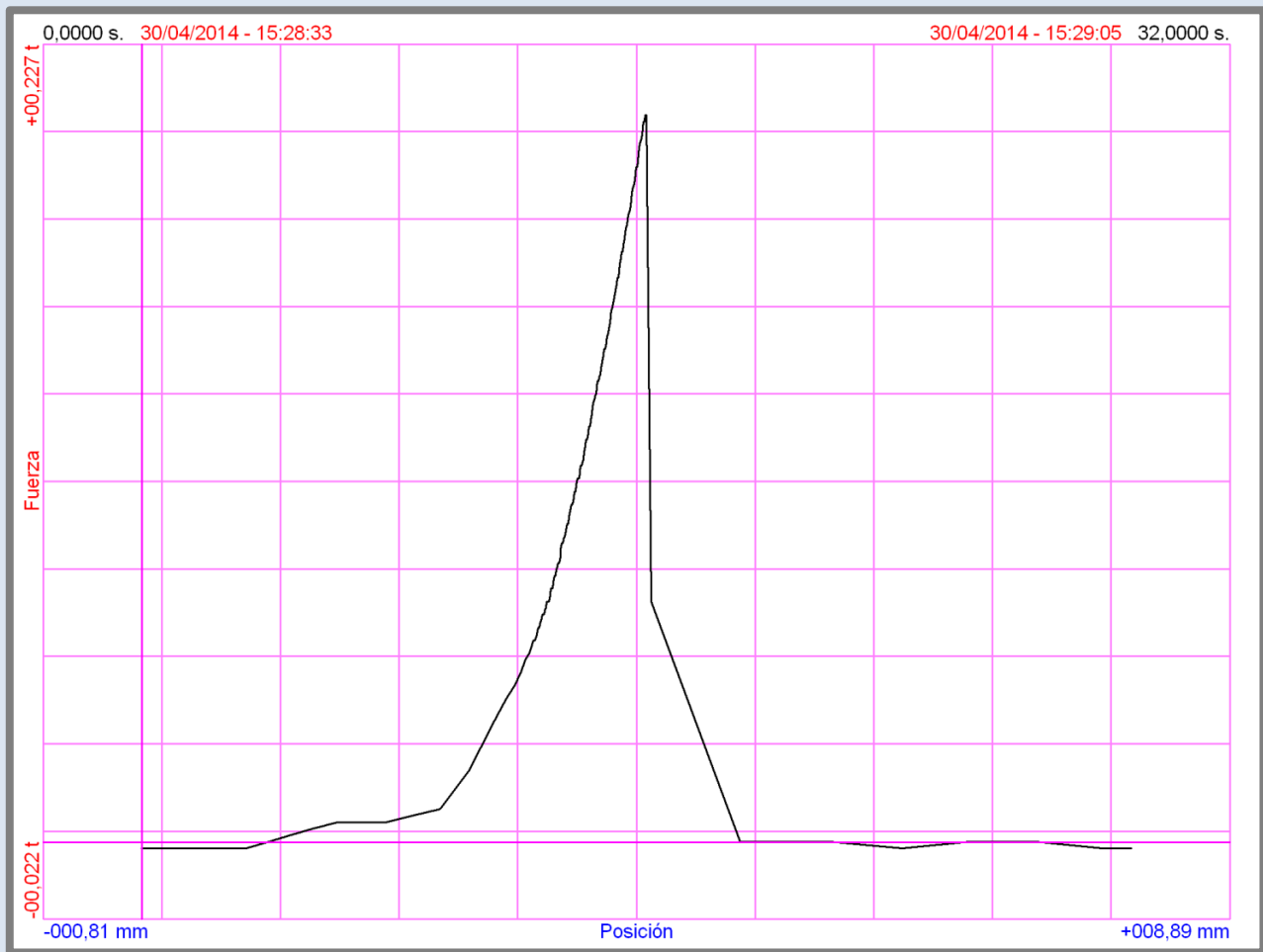
Gràfic assaig de flexió de la mostra X2. Font: Software PCD2K



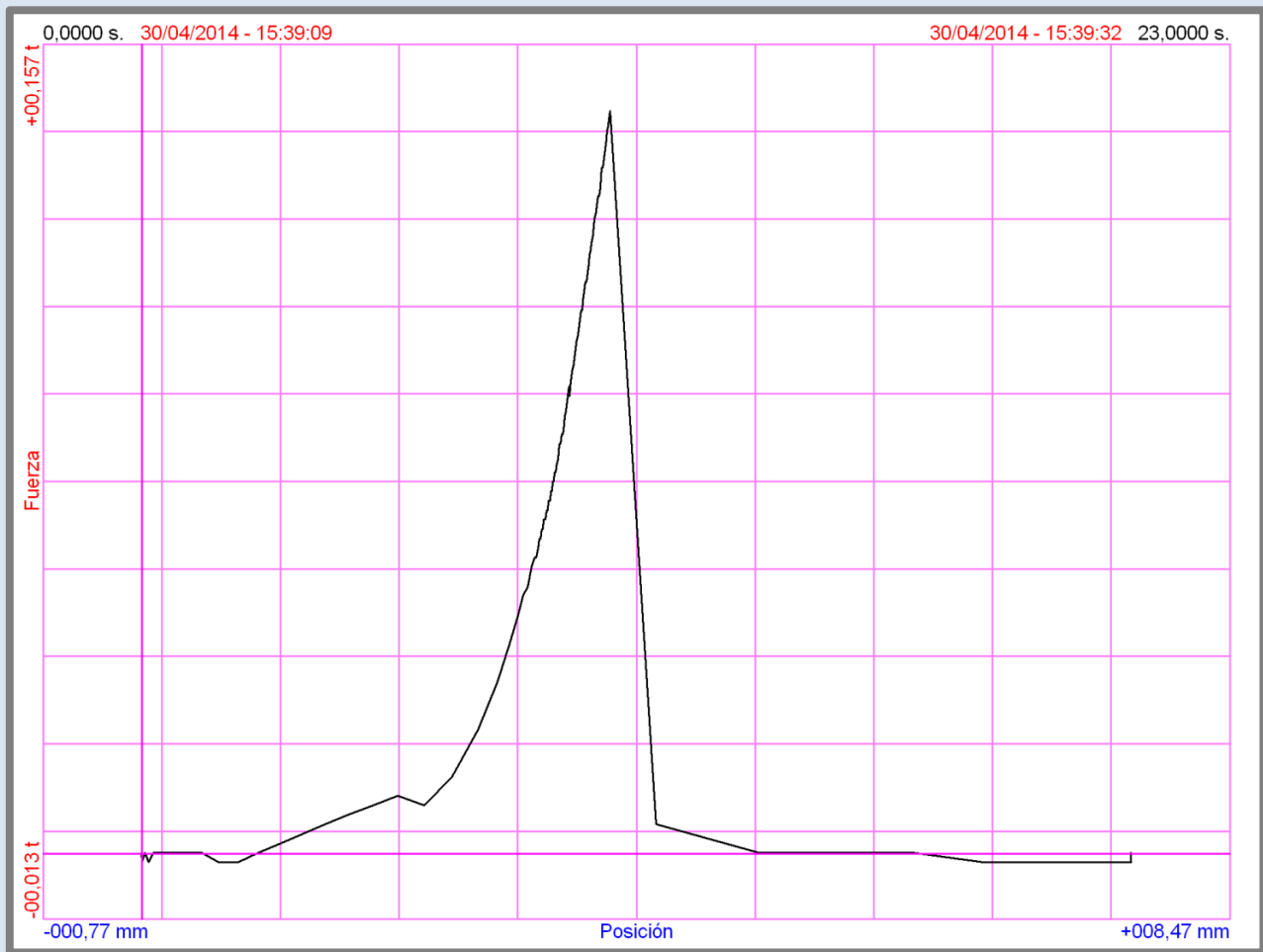
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA 1.7. Font: Software PCD2K



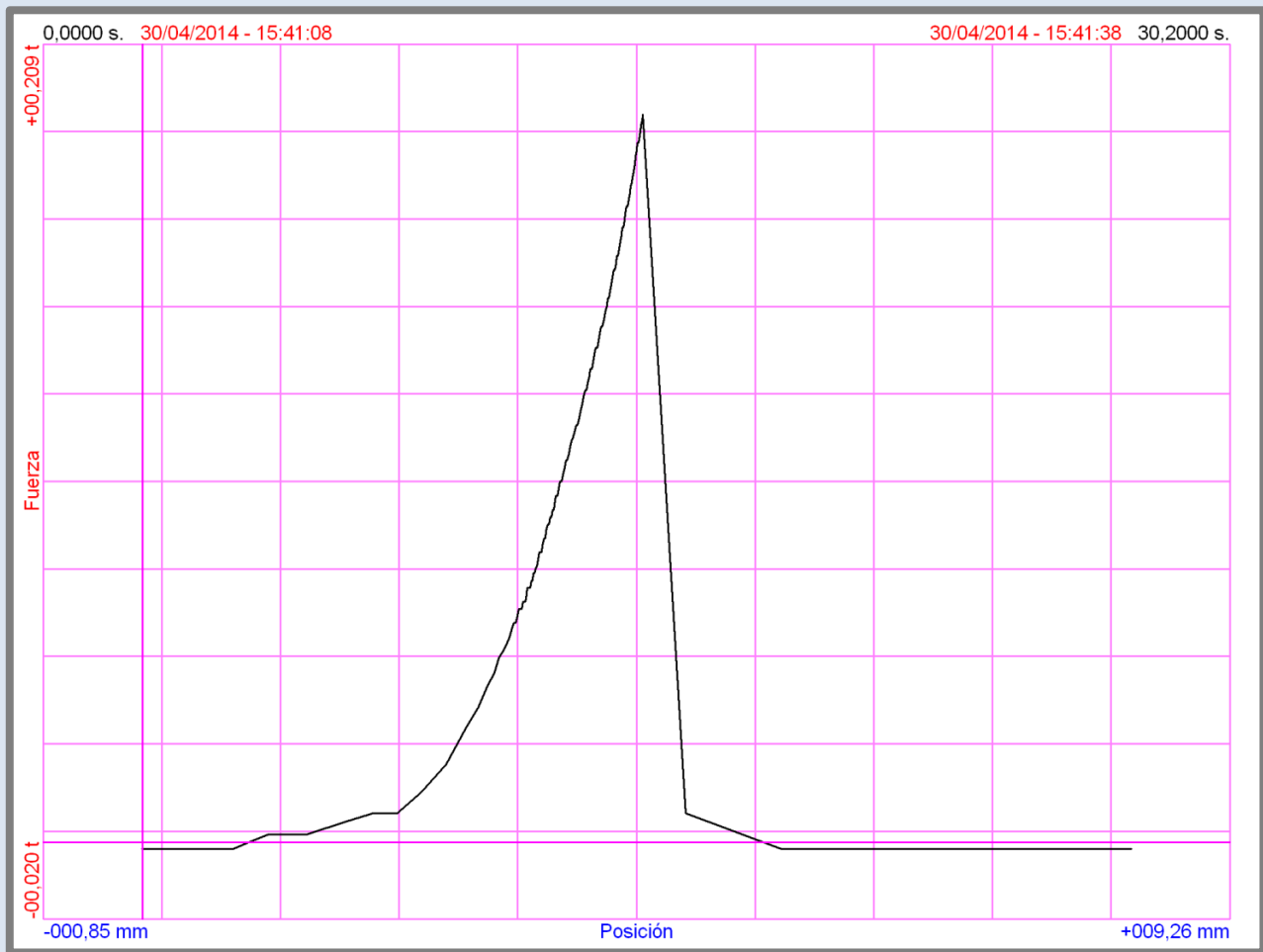
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA1G. Font: Software PCD2K



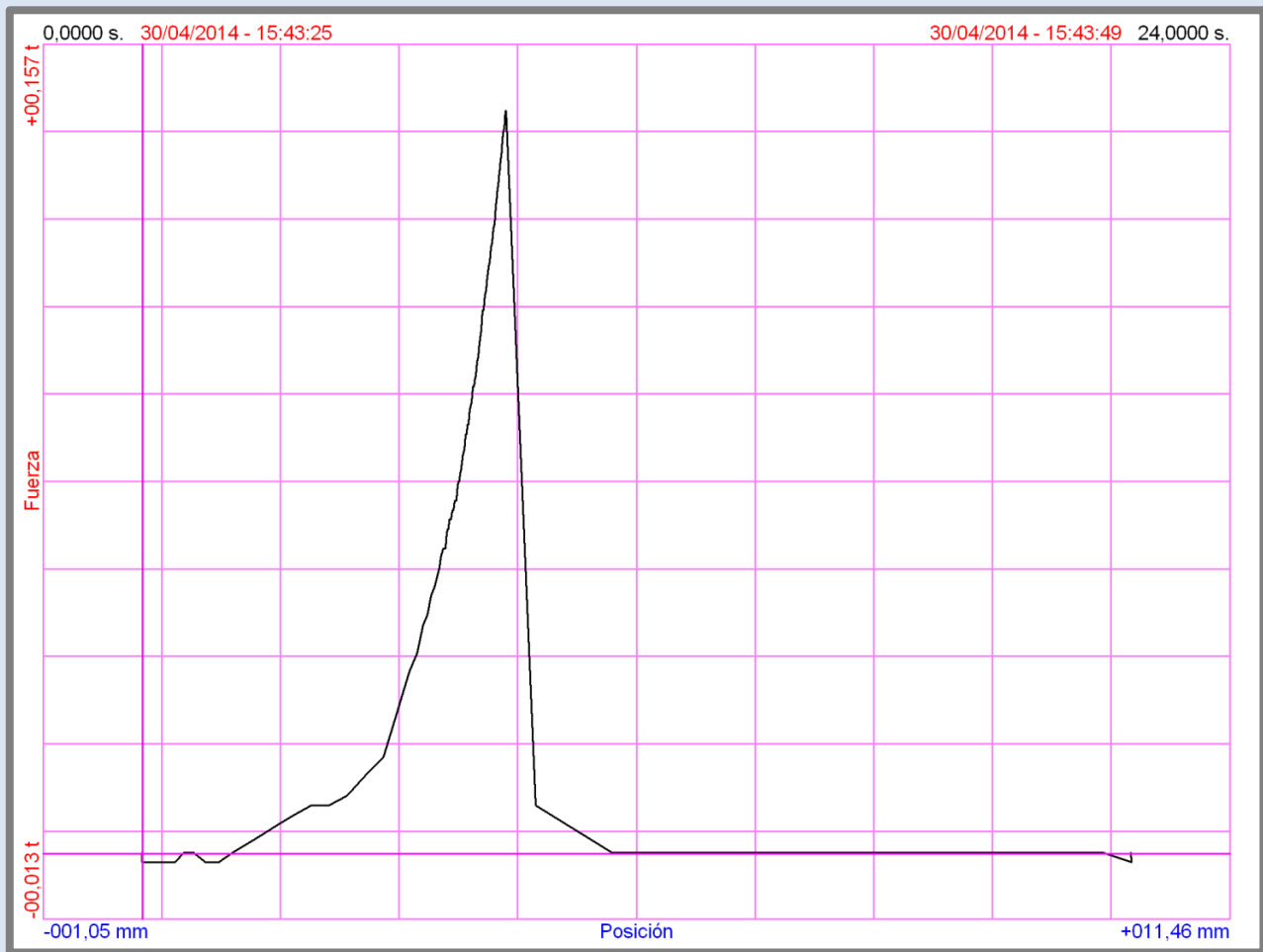
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA1P. Font: Software PCD2K



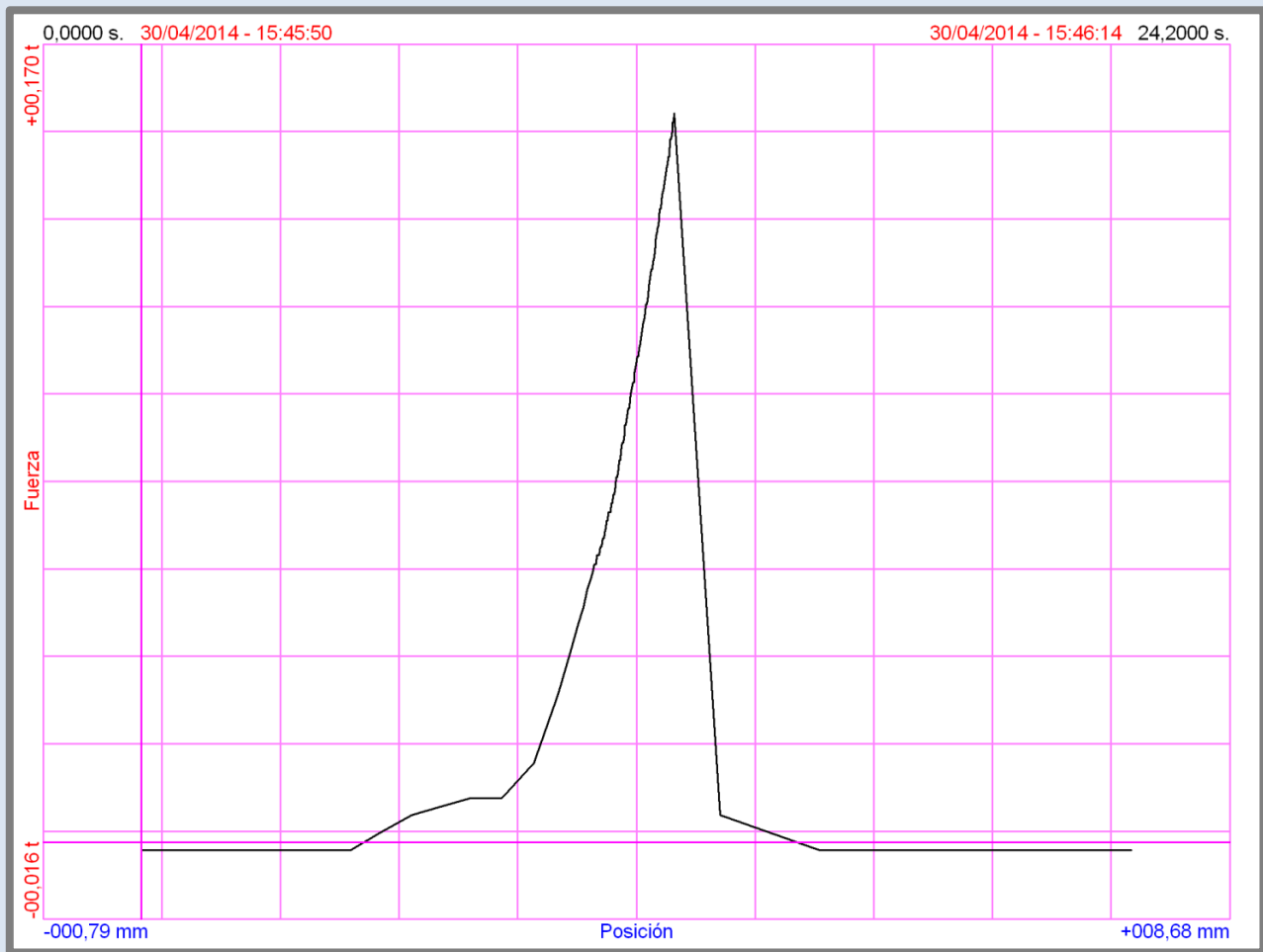
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA3.4. Font: Software PCD2K



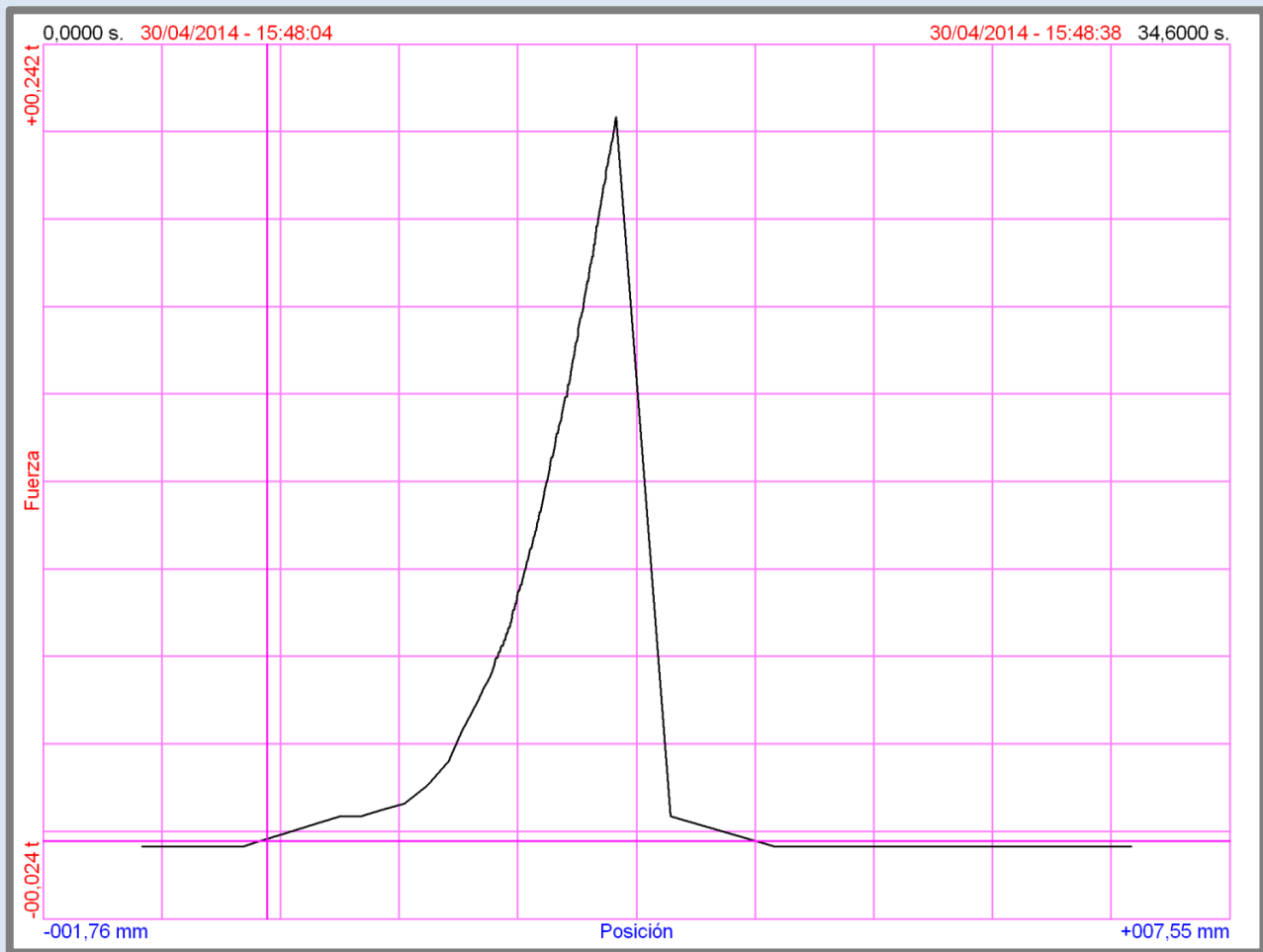
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA3G. Font: Software PCD2K



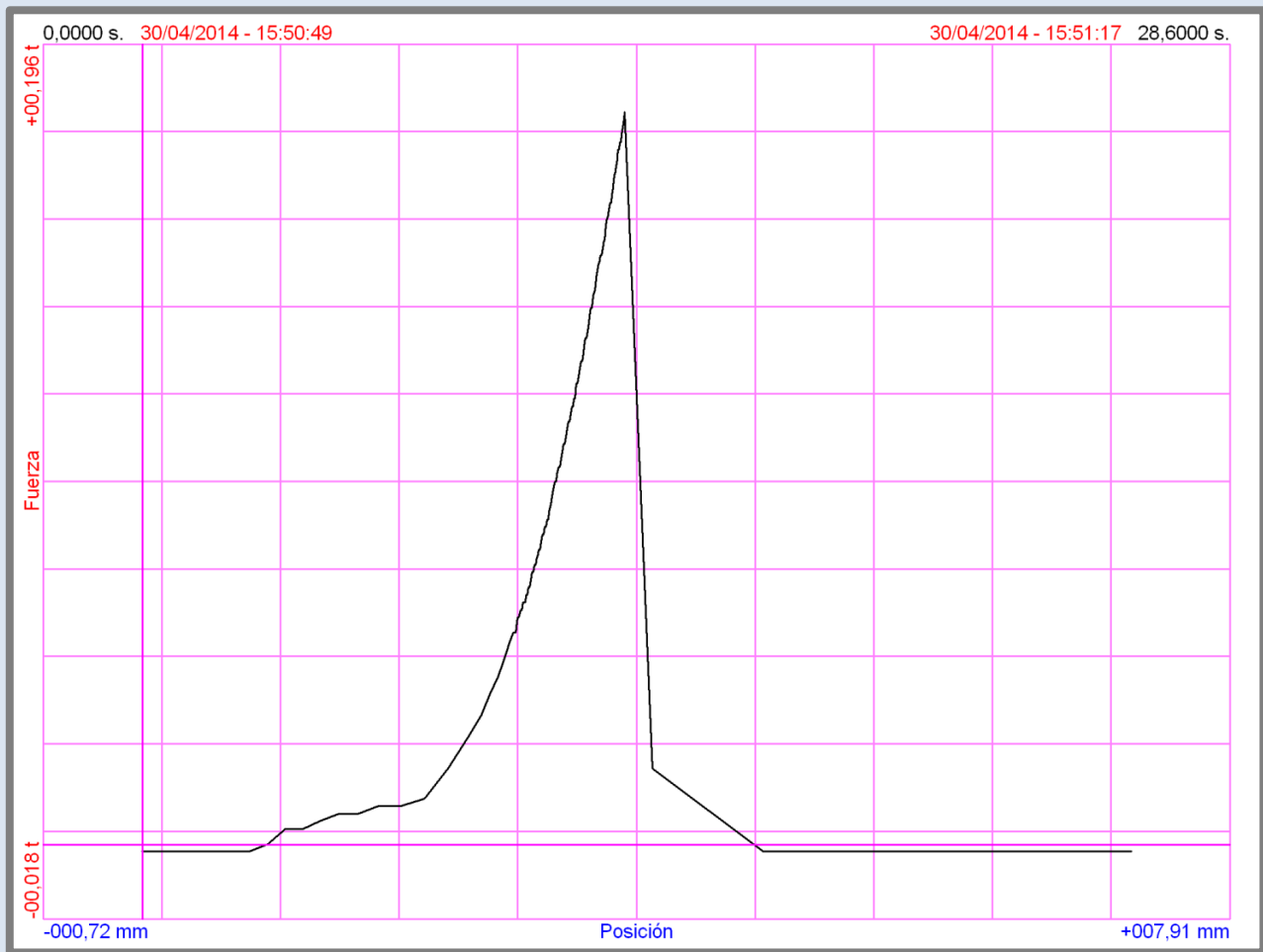
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA3P. Font: Software PCD2K



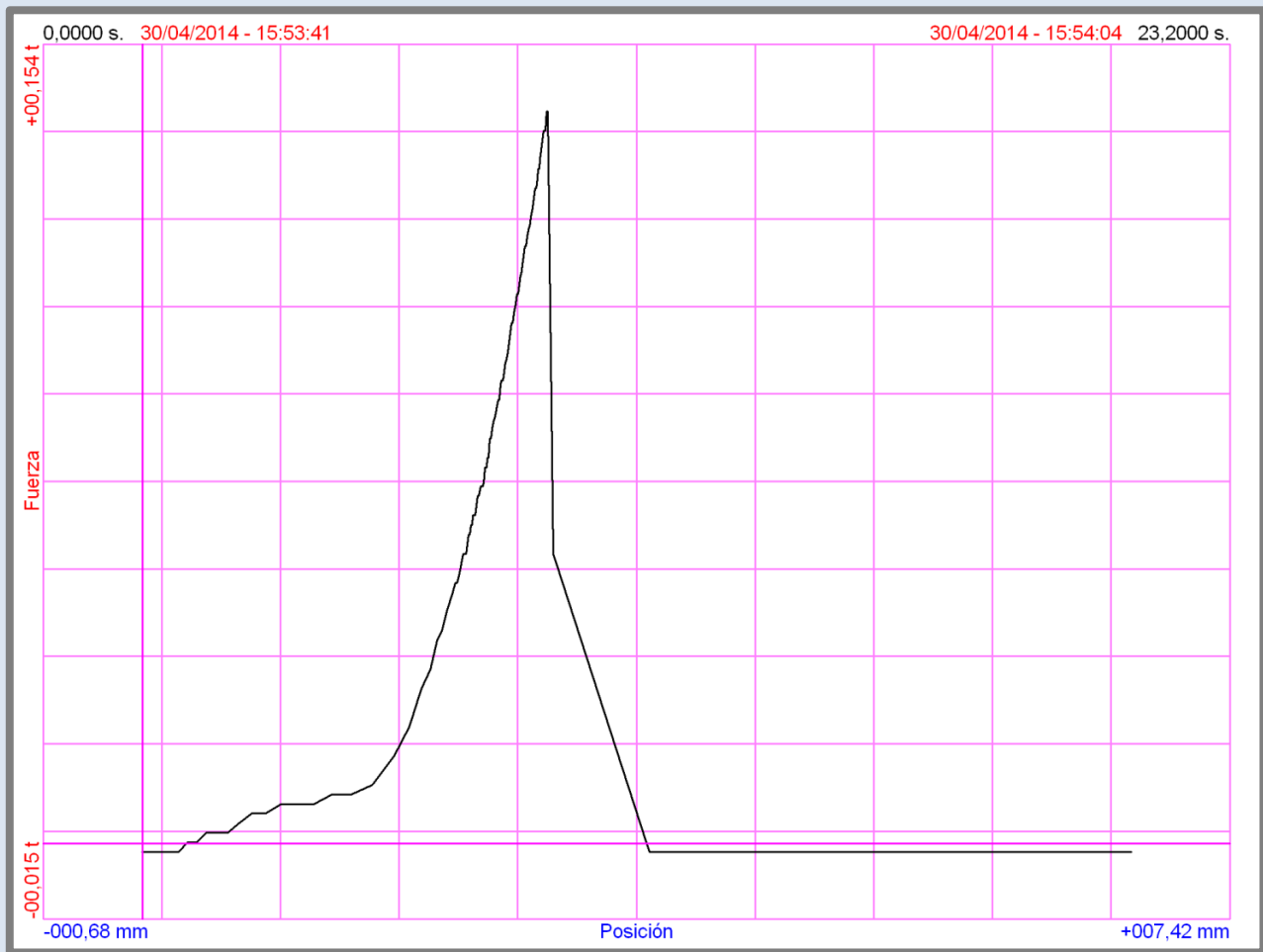
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA5.5. Font: Software PCD2K



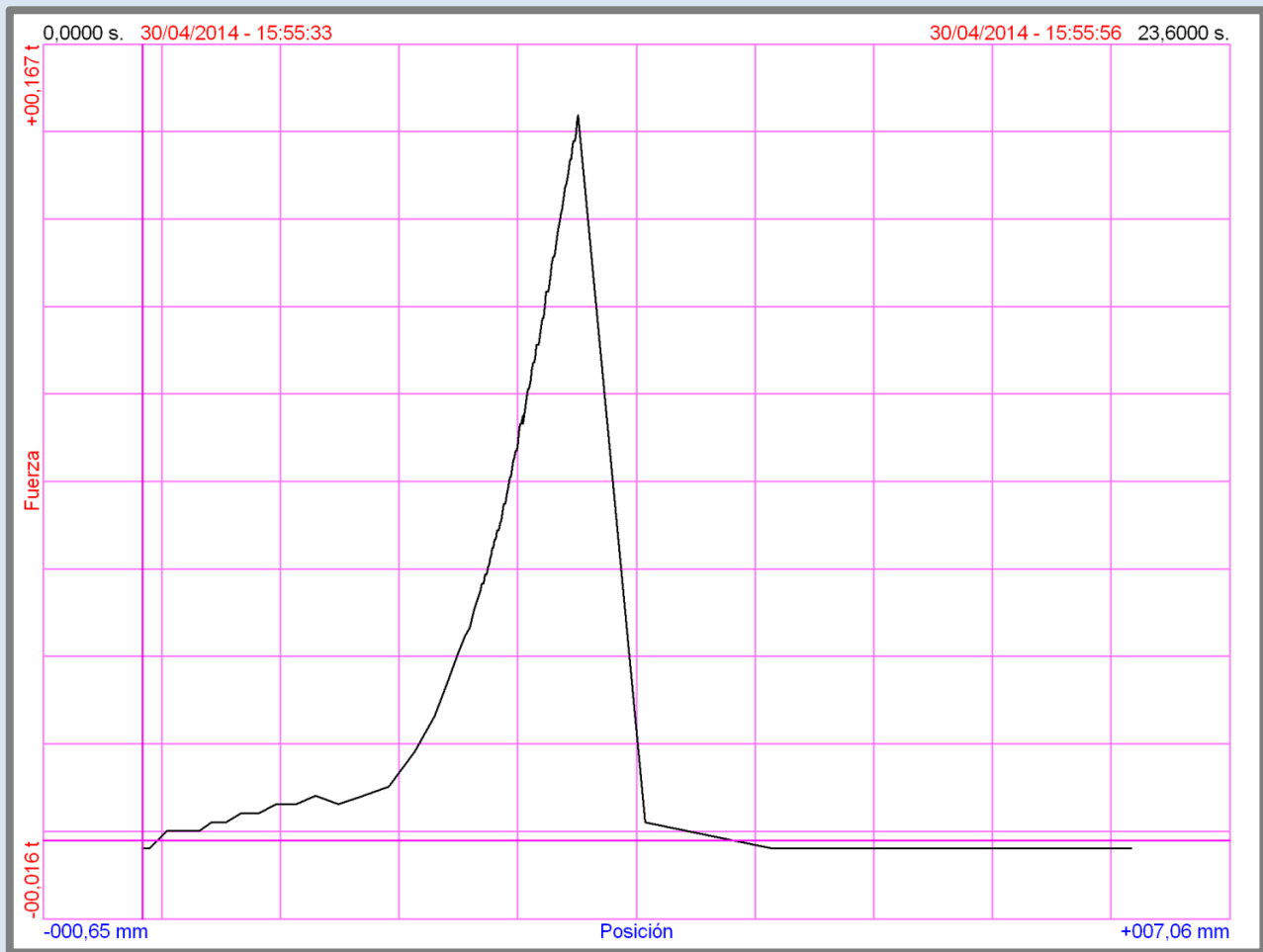
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA5G. Font: Software PCD2K



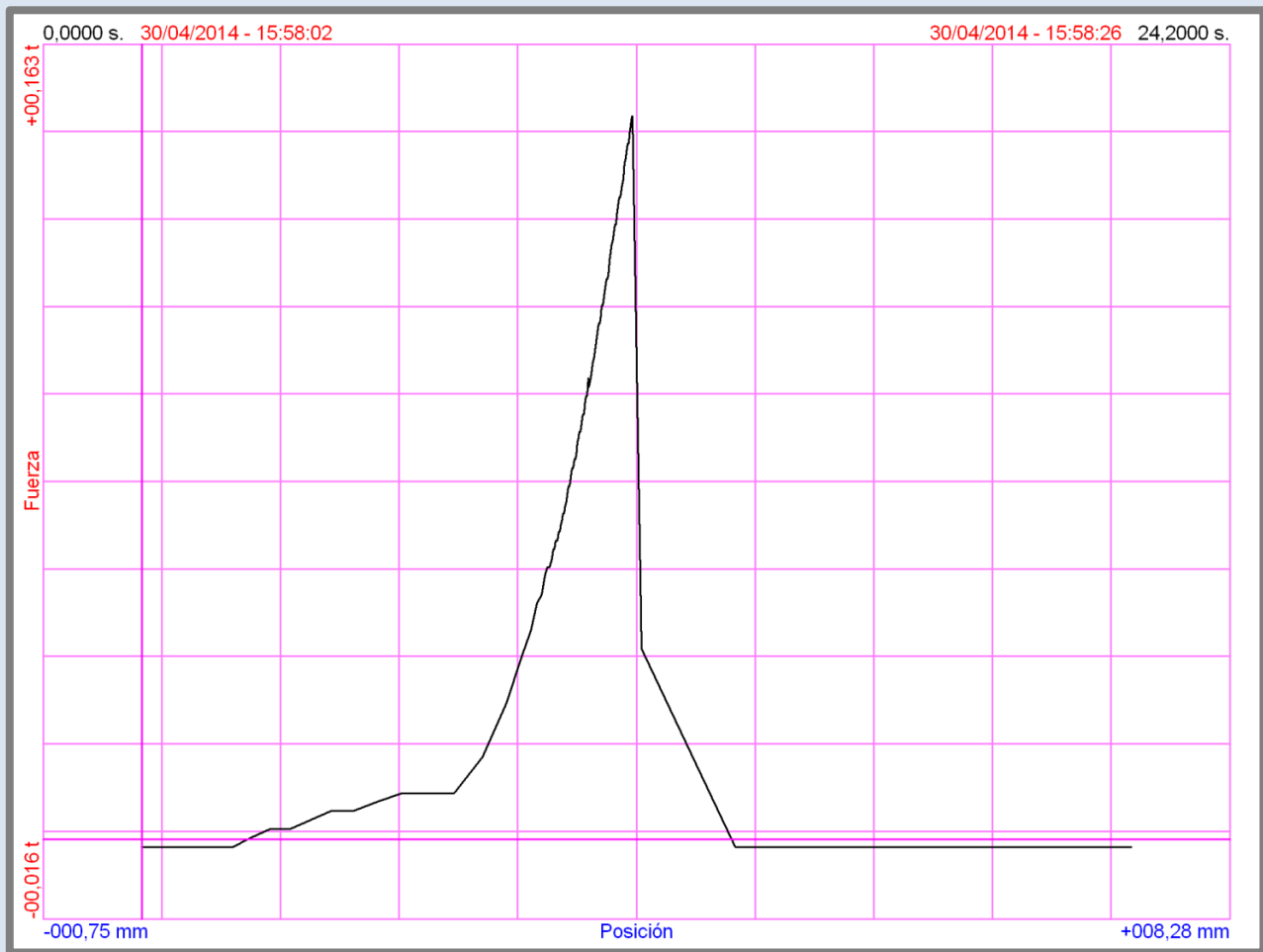
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA5P. Font: Software PCD2K



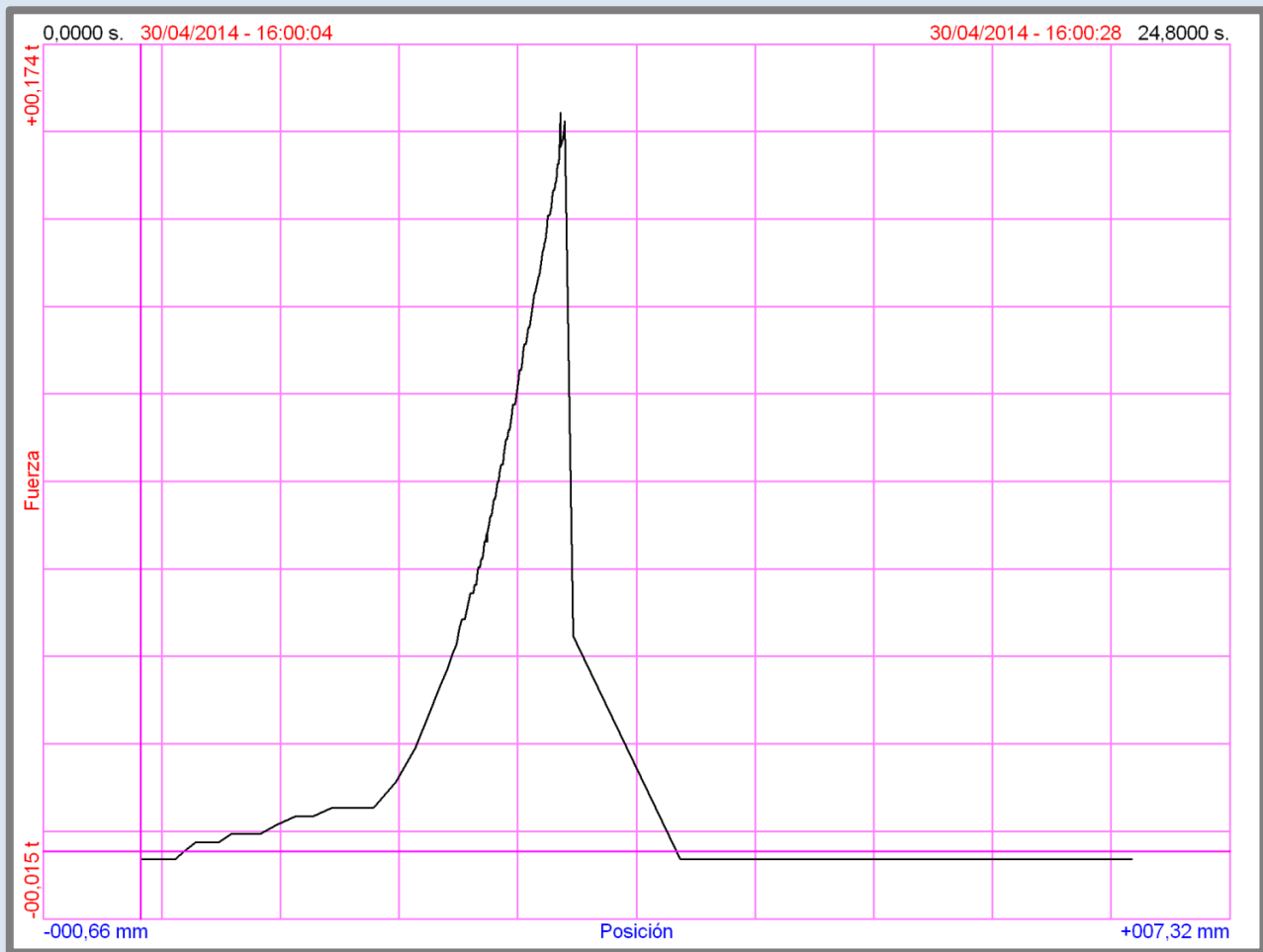
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA7.6. Font: Software PCD2K



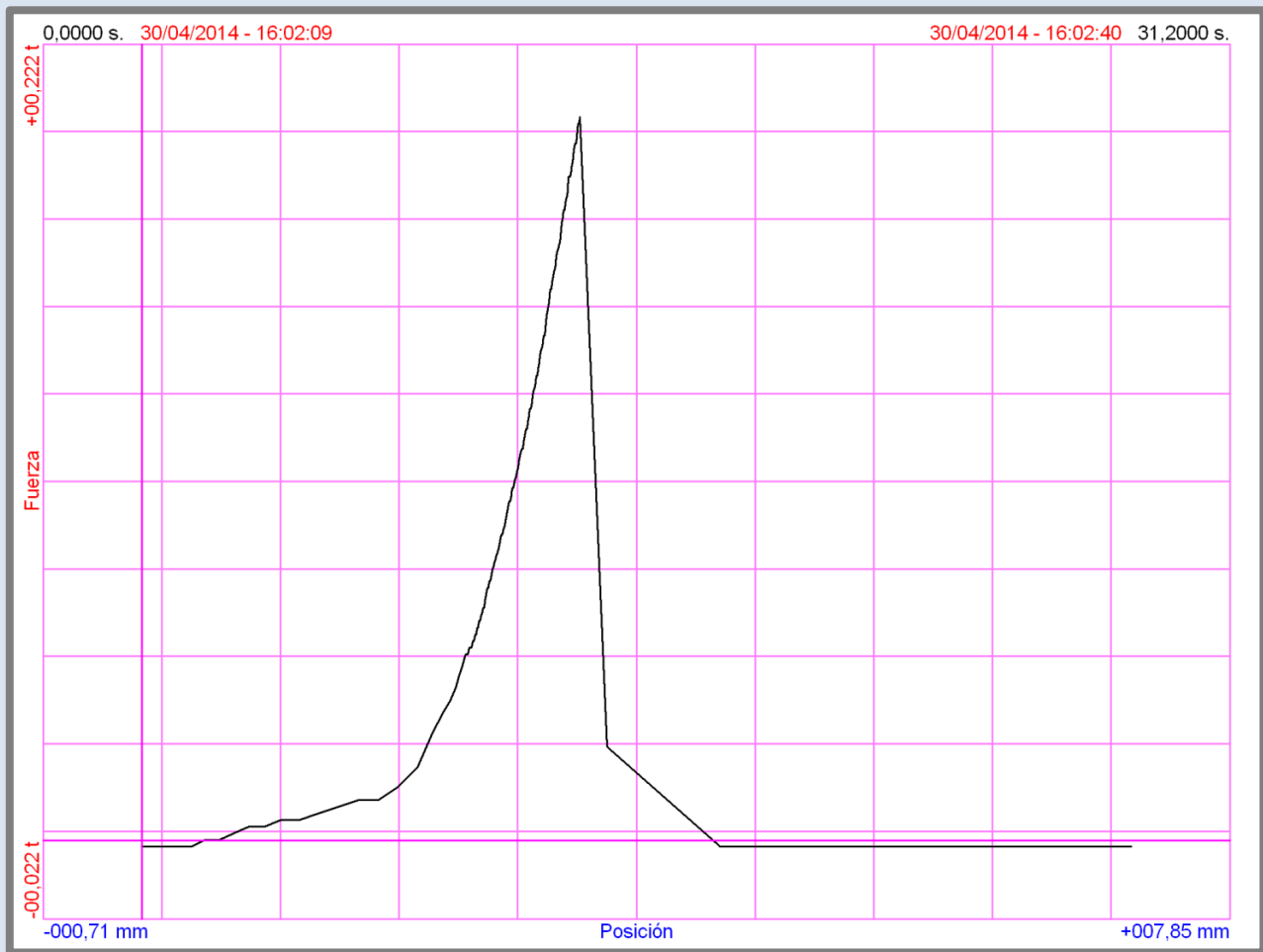
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA7G. Font: Software PCD2K



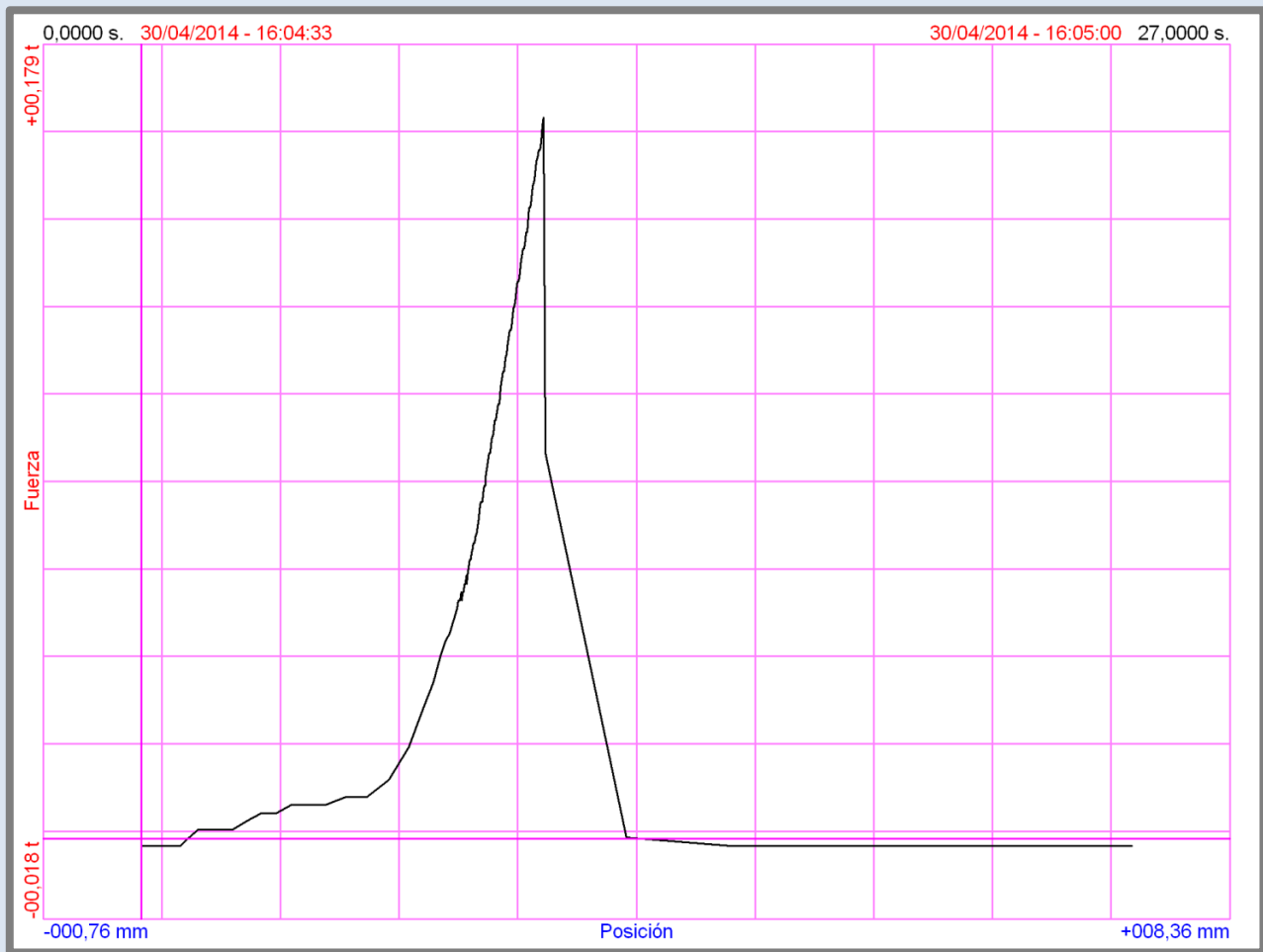
Gràfic assaig de flexió de la mostra FA7P. Font: Software PCD2K



Gràfic assaig de flexió de la mostra FA9.6. Font: Software PCD2K

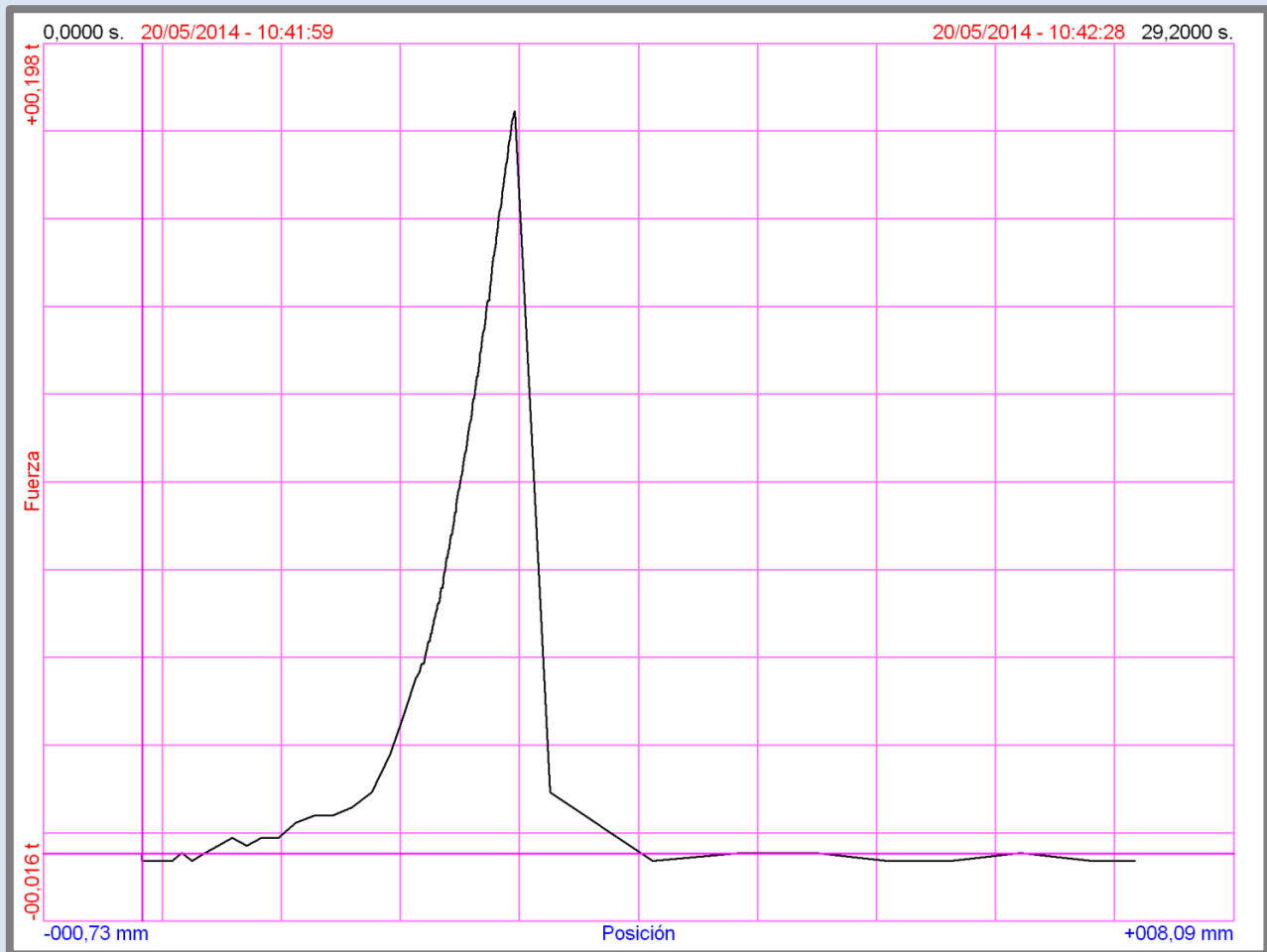


Gràfic assaig de flexió de la mostra FA9G. Font: Software PCD2K

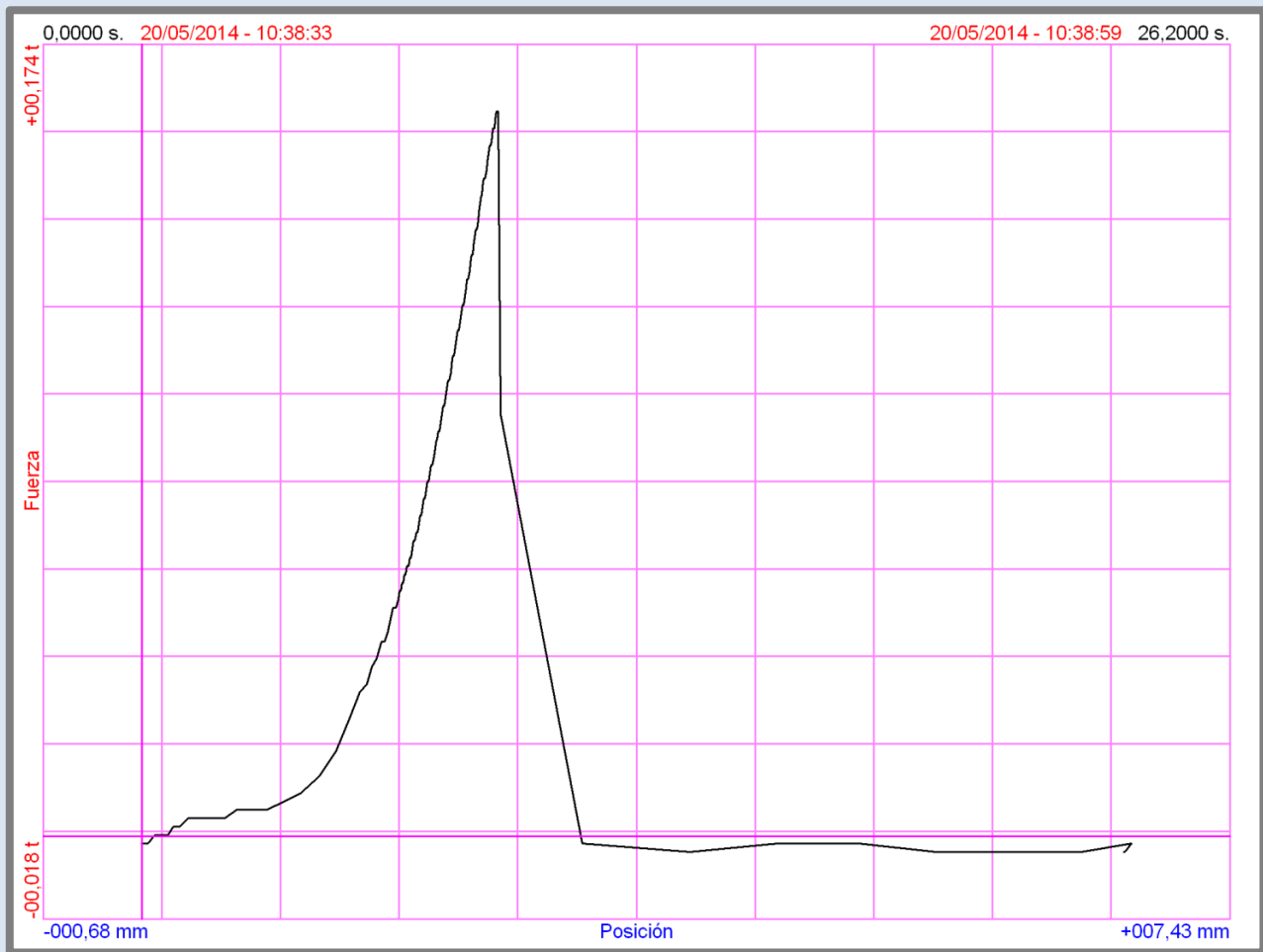


Gràfic assaig de flexió de la mostra FA9P. Font: Software PCD2K

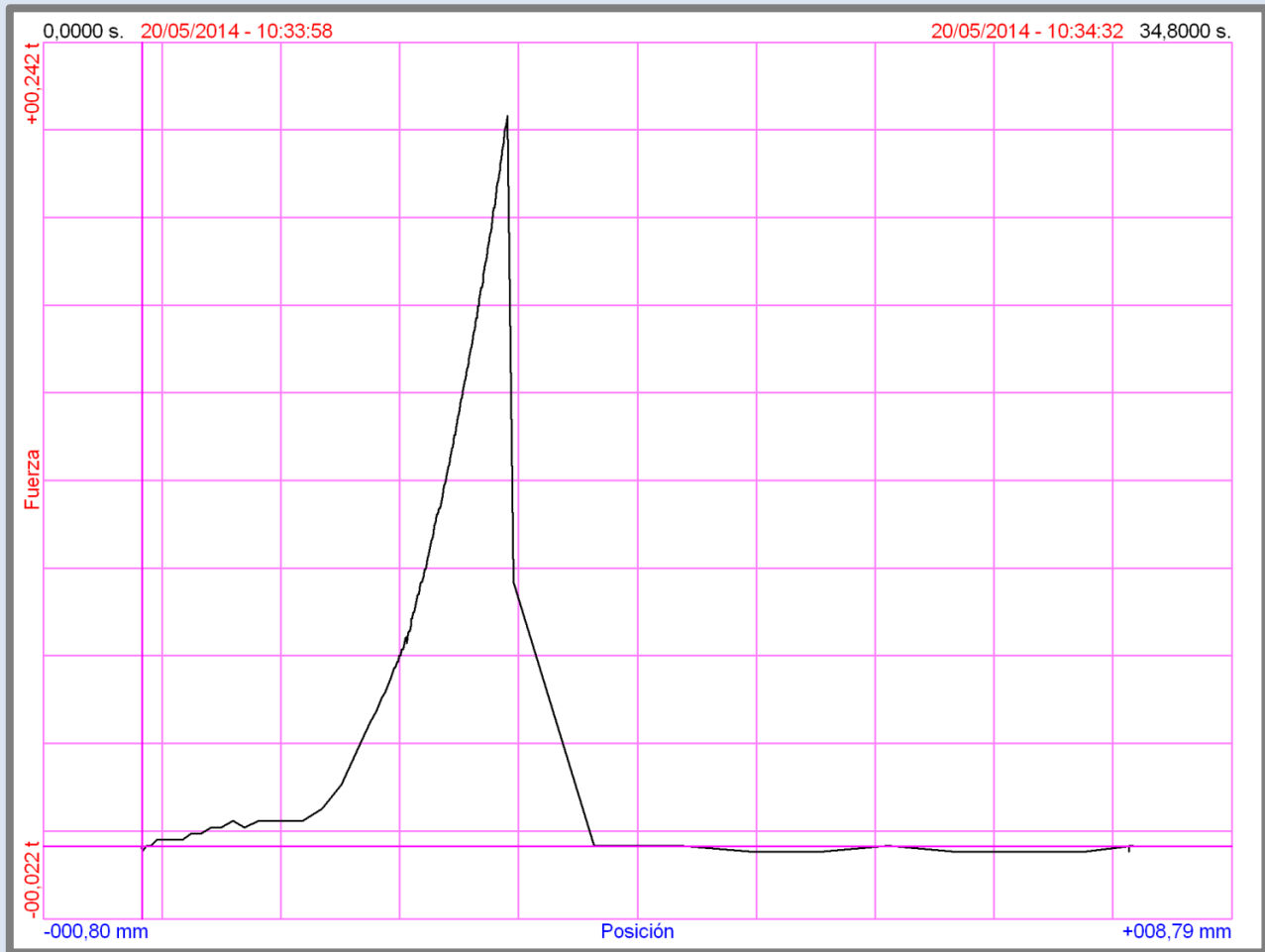
MOSTRES MILLORADES



Gràfic assaig de flexió de la mostra FA5M1. Font: Software PCD2K



Gràfic assaig de flexió de la mostra FA5M. Font: Software PCD2K

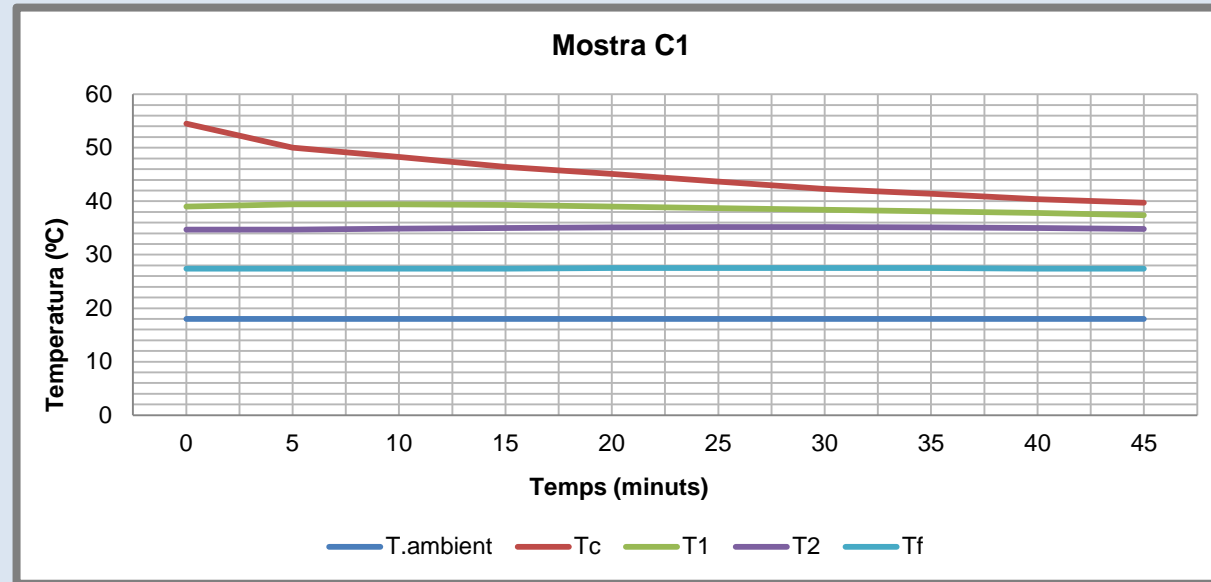


Gràfic assaig de flexió de la mostra FA1M. Font: Software PCD2K

9.4. ANNEX 4: ASSAIG DE DETERMINACIÓ DE LA CONDUCTIVITAT TÈRMICA

MOSTRA C1		Cambrà calenta	Cara calenta	Cara freda	Cambrà freda	Condicions ambientals	
Interval	Mesura	Tc	T1	T2	Tf	Temperatura (°C)	Humitat (%)
Inicial	14:25	40,8	24,1	22,4	24,5	18	60
	15:00	45,4	38,9	35,1	27,4	18	70
	16:00	41,8	38,1	35,1	27,4	18	70
Inici període RÈGIM ESTACIONARI	0	54,5	39,0	34,7	27,4	18	70
	5	50,0	39,4	34,7	27,4	18	70
	10	48,3	39,4	34,9	27,4	18	70
	15	46,4	39,3	35,0	27,4	18	70
	20	45,1	39,0	35,1	27,5	18	70
	25	43,7	38,7	35,2	27,5	18	70
	30	42,3	38,4	35,2	27,5	18	70
	35	41,4	38,1	35,1	27,5	18	70
	40	40,4	37,8	35,0	27,4	18	70
	45	39,7	37,4	34,8	27,4	18	70
		50	51,2	39,4	34,8	27,4	18

	TC (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	TF (°C)	Increment de temperatura (°C)	
Temperatures mitjanes	45,18	38,65	34,97	27,44	Tc - Tf	17,74
					T1-T2	3,68
Dimensions de la mostra	Superfície (m ²)		Gruix (m)			
	0,0064		0,04			
Resistència superficial Rsi (m ² ·°C/W)	0,13					
Càlcul de la Transmitància	U	2,83	(m ² ·°C/W)			
Càlcul de la Conductivitat	λ	0,55	(W/m ² ·°C)			

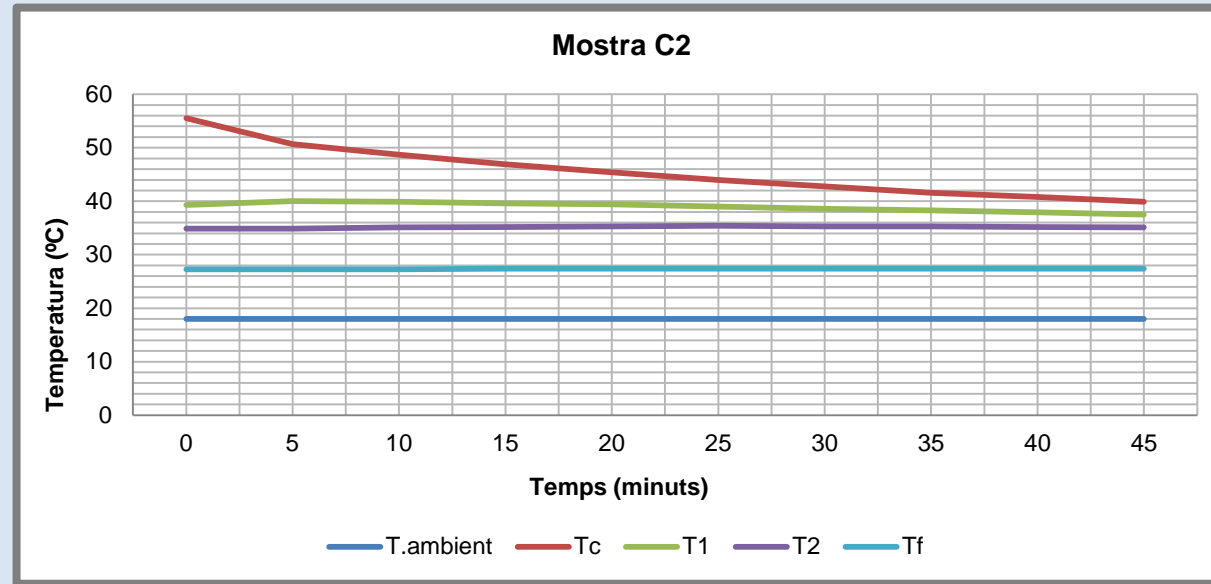


Gràfic temperatures de la mostra C1. Font: Pròpia

9. ANNEXOS

MOSTRA C2		Cambra calenta	Cara calenta	Cara freda	Cambra freda	Condicions ambientals	
Interval	Mesura	Tc	T1	T2	Tf	Temperatura (°C)	Humitat (%)
Inicial	18:10	38,1	23,0	21,1	24,1	18	70
	9:22	50,6	39,9	34,7	27,2	18	70
	10:22	46,2	39,6	35,1	27,2	18	70
	11:22	43,3	39,0	35,3	27,3	18	70
	11:27	42,2	38,6	35,3	27,3	18	70
	11:32	41,2	38,3	35,2	27,4	18	70
	11:37	40,3	38,0	35,1	27,4	18	70
Inici període RÈGIM ESTACIONARI	0	55,5	39,3	34,9	27,3	18	70
	5	50,7	40,0	34,9	27,3	18	70
	10	48,7	39,9	35,1	27,3	18	70
	15	46,9	39,6	35,2	27,4	18	70
	20	45,4	39,4	35,3	27,4	18	70
	25	44,0	39,0	35,4	27,4	18	70
	30	42,8	38,6	35,3	27,4	18	70
	35	41,6	38,3	35,3	27,4	18	70
	40	40,8	37,9	35,2	27,4	18	70
	45	39,9	37,5	35,1	27,4	18	70
	50	52,1	40,1	34,9	27,4	18	70

	TC (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	TF (°C)	Increment de temperatura (°C)	
Temperatures mitjanes	45,63	38,95	35,17	27,37	Tc - Tf	18,26
					T1-T2	3,78
Dimensions de la mostra	Superfície (m ²)		Gruix (m)			
	0,0064		0,04			
Resistència superficial Rsi (m ² ·°C/W)	0,13					
Càlcul de la Transmissió U	U	2,81	(m ² ·°C/W)			
Càlcul de la Conductivitat λ	λ	0,54	(W/m ² ·°C)			

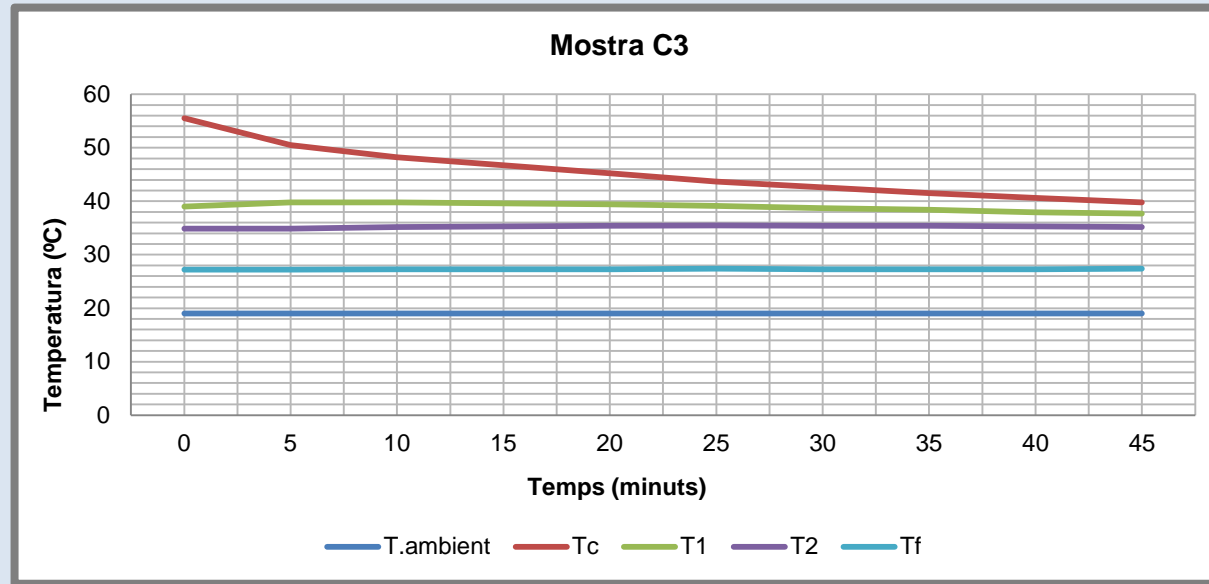


Gràfic temperatures de la mostra C2. Font: Pròpia

9. ANNEXOS

MOSTRA C3		Cambra calenta	Cara calenta	Cara freda	Cambra freda	Condicions ambientals	
Interval	Mesura	Tc	T1	T2	Tf	Temperatura (°C)	Humitat (%)
Inicial	10:00	20,0	20,0	20,1	20,0	19	65
	9:42	47,4	39,6	35,2	27,1	19	65
	10:42	44,3	39,1	35,3	27,2	19	65
	11:42	39,9	37,6	35,2	27,2	19	65
RÈGIM ESTACIONARI	0	55,5	39,0	34,9	27,2	19	65
	5	50,5	39,8	34,9	27,2	19	65
	10	48,2	39,8	35,2	27,3	19	65
	15	46,7	39,6	35,3	27,3	19	65
	20	45,2	39,4	35,4	27,3	19	65
	25	43,7	39,1	35,5	27,4	19	65
	30	42,6	38,7	35,4	27,3	19	65
	35	41,5	38,4	35,4	27,3	19	65
	40	40,6	37,9	35,3	27,3	19	65
	45	39,8	37,7	35,2	27,4	19	65
		50	52,6	39,7	35,1	27,3	19

	TC (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	TF (°C)	Increment de temperatura (°C)	
Temperatures mitjanes	45,43	38,94	35,25	27,30	Tc - Tf	18,13
					T1-T2	3,69
Dimensions de la mostra	Superfície (m ²)		Gruix (m)			
	0,0064		0,04			
Resistència superficial Rsi (m ² ·°C/W)	0,13					
Càlcul de la Transmitància	U	2,75	(m ² ·°C/W)			
Càlcul de la Conductivitat	λ	0,54	(W/m ² ·°C)			

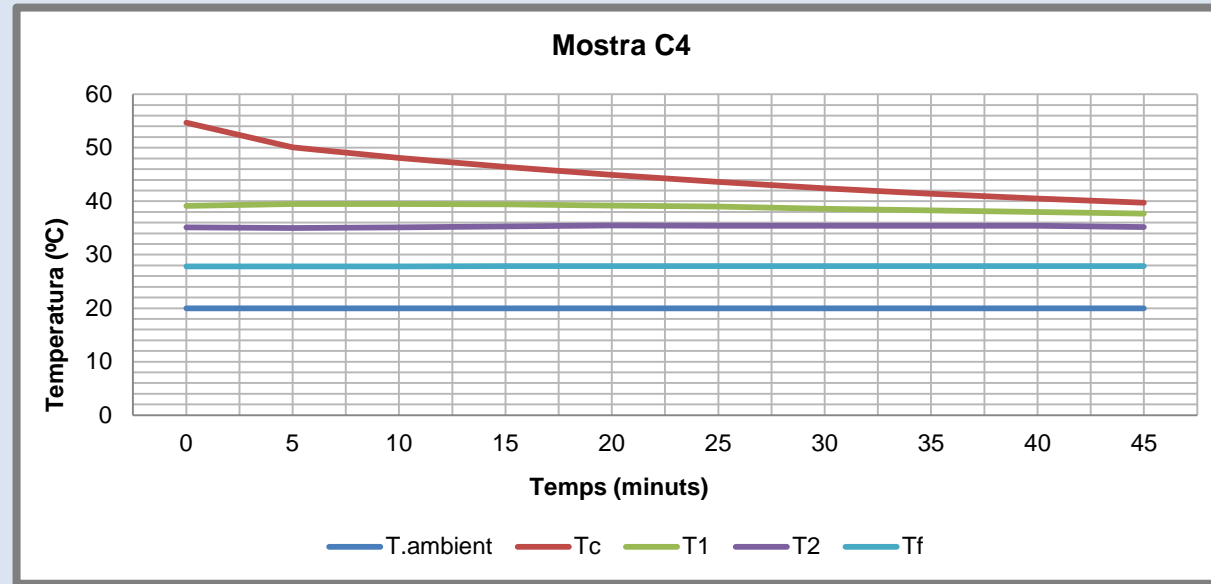


Gràfic temperatures de la mostra C3. Font: Pròpia

9. ANNEXOS

MOSTRA C4		Cambra calenta	Cara calenta	Cara freda	Cambra freda	Condicions ambientals	
Interval	Mesura	Tc	T1	T2	Tf	Temperatura (°C)	Humitat (%)
Inicial	19:00	28,6	22,2	21,8	24,3	20	68
	15:18	46,8	39,4	35,2	27,7	20	64
	16:18	44,3	39,0	35,4	27,8	20	60
	17:18	41,9	38,4	35,4	27,9	20	58
	17:20	41,5	38,2	35,4	27,9	20	55
	17:25	40,5	38,0	35,3	27,9	20	58
	17:30	39,7	37,6	35,2	27,9	20	58
Inici període RÈGIM ESTACIONARI	0	54,7	39,1	35,1	27,8	20	58
	5	50,1	39,5	35,0	27,8	20	58
	10	48,1	39,5	35,1	27,8	20	55
	15	46,4	39,4	35,3	27,9	20	55
	20	44,9	39,2	35,5	27,9	20	55
	25	43,6	39,0	35,4	27,9	20	55
	30	42,4	38,6	35,4	27,9	20	55
	35	41,4	38,3	35,4	27,9	20	58
	40	40,5	38,0	35,4	27,9	20	58
	45	39,7	37,7	35,2	27,9	20	58
		50	54,6	39,2	35,0	27,9	20

	TC (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	TF (°C)	Increment de temperatura (°C)	
Temperatures mitjanes	45,18	38,83	35,28	27,87	Tc - Tf	17,31
					T1-T2	3,55
Dimensions de la mostra	Superfície (m ²)		Gruix (m)			
	0,0064		0,04			
Resistència superficial Rsi (m ² ·°C/W)	0,13					
Càlcul de la Transmissió	U	2,82	(m ² ·°C/W)			
Càlcul de la Conductivitat	λ	0,55	(W/m ² ·°C)			

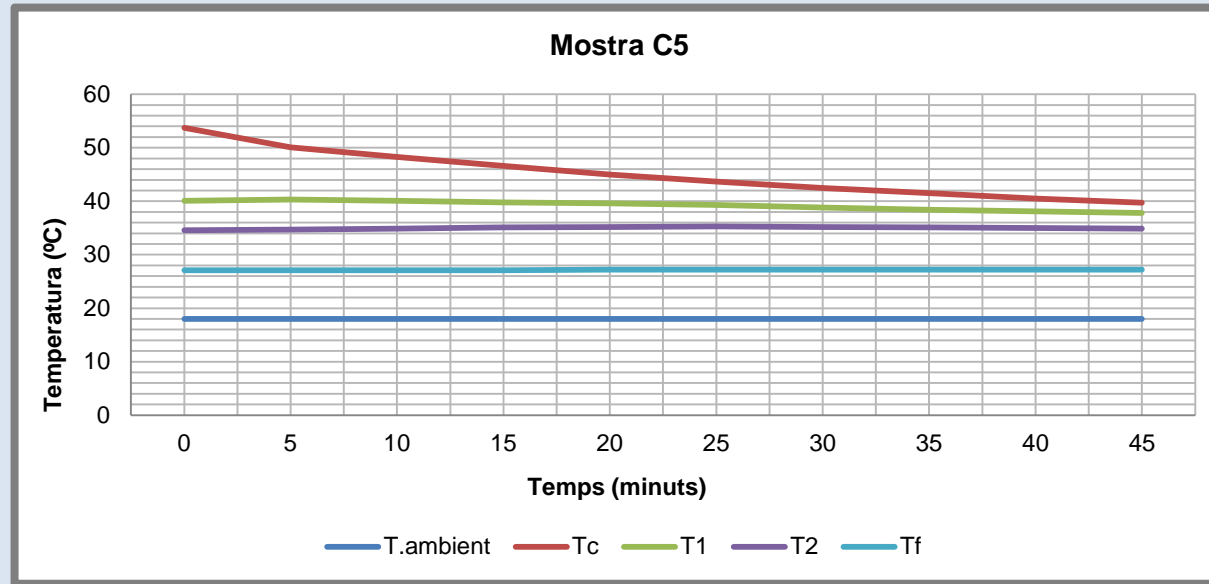


Gràfic temperatures de la mostra C4. Font: Pròpia

9. ANNEXOS

MOSTRA C5		Cambra calenta	Cara calenta	Cara freda	Cambra freda	Condicions ambientals	
Interval	Mesura	Tc	T1	T2	Tf	Temperatura (°C)	Humitat (%)
Inicial	13:40	40,7	24,3	21,3	24,3	18	60
	11:20	45,4	39,4	35,0	27,0	18	65
	12:20	42,4	38,6	35,1	27,1	18	65
	13:20	40,0	37,6	34,8	27,1	18	65
RÈGIM ESTACIONARI	0	53,7	40,1	34,6	27,1	18	65
	5	50,1	40,3	34,7	27,1	18	65
	10	48,3	40,1	34,9	27,1	18	65
	15	46,6	39,8	35,1	27,1	18	65
	20	45,0	39,6	35,2	27,2	18	65
	25	43,7	39,3	35,3	27,2	18	65
	30	42,5	38,8	35,2	27,2	18	65
	35	41,5	38,4	35,1	27,2	18	65
	40	40,5	38,1	35,0	27,2	18	65
	45	39,7	37,8	34,9	27,2	18	65
		50	52,5	40,3	34,8	27,2	18

	TC (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	TF (°C)	Increment de temperatura (°C)	
Temperatures mitjanes	45,16	39,23	35,00	27,16	Tc - Tf	18,00
					T1-T2	4,23
Dimensions de la mostra	Superfície (m ²)		Gruix (m)			
	0,0064		0,04			
Resistència superficial Rsi (m ² ·°C/W)	0,13					
Càlcul de la Transmissió U	U	2,53	(m ² ·°C/W)			
Càlcul de la Conductivitat λ	λ	0,43	(W/m ² ·°C)			

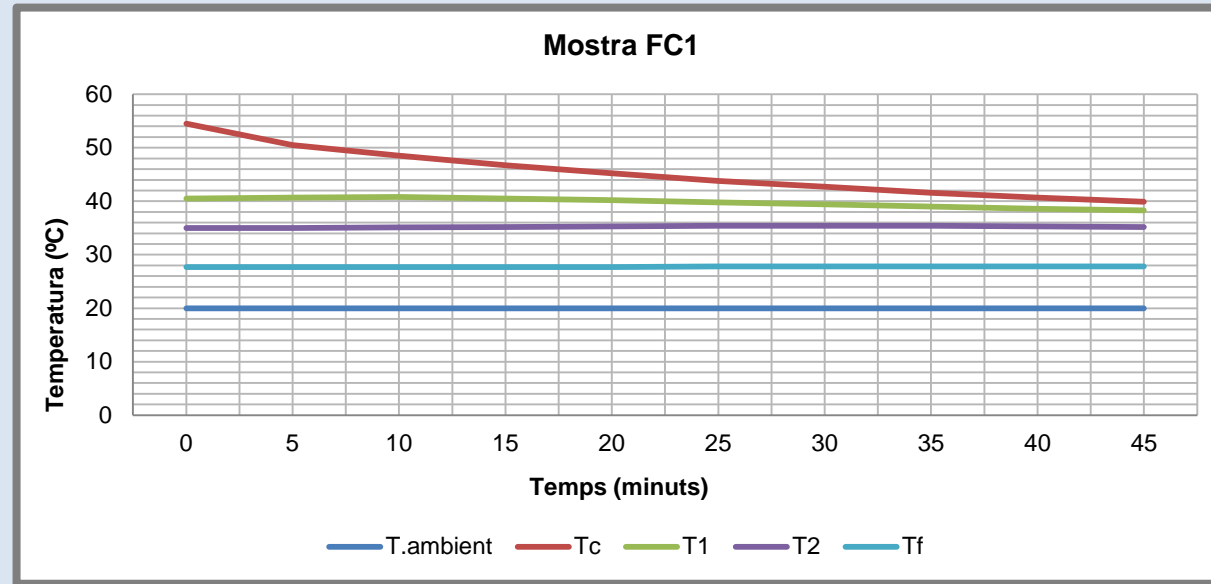


Gràfic temperatures de la mostra C5. Font: Pròpia

9. ANNEXOS

MOSTRA FC1		Cambra calenta	Cara calenta	Cara freda	Cambra freda	Condicions ambientals	
Interval	Mesura	Tc	T1	T2	Tf	Temperatura (°C)	Humitat (%)
Inicial	18:35	41,4	24,9	21,8	25,1	20	58
	10:35	40,5	38,4	35,2	27,7	20	58
	11:35	52,0	40,6	34,9	27,7	20	58
	12:35	47,1	40,2	35,2	27,7	20	58
	13:05	40,0	38,3	35,2	27,7	20	58
Inici període RÈGIM ESTACIONARI	0	54,5	40,5	35,0	27,7	20	55
	5	50,5	40,7	35,0	27,7	20	55
	10	48,5	40,8	35,1	27,7	20	55
	15	46,7	40,5	35,2	27,7	20	55
	20	45,2	40,2	35,3	27,7	20	55
	25	43,8	39,8	35,4	27,8	20	55
	30	42,7	39,4	35,4	27,8	20	55
	35	41,6	39,0	35,4	27,8	20	55
	40	40,7	38,6	35,3	27,8	20	55
	45	39,9	38,3	35,2	27,8	20	55
	50	54,7	40,5	35,1	27,8	20	55

	TC (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	TF (°C)	Increment de temperatura (°C)	
Temperatures mitjanes	45,41	39,78	35,23	27,75	Tc - Tf	17,66
					T1-T2	4,55
Dimensions de la mostra	Superfície (m ²)		Gruix (m)			
	0,0064		0,04			
Resistència superficial Rsi (m ² ·°C/W)	0,13					
Càlcul de la Transmissió	U	2,45	(m ² ·°C/W)			
Càlcul de la Conductivitat	λ	0,38	(W/m ² ·°C)			

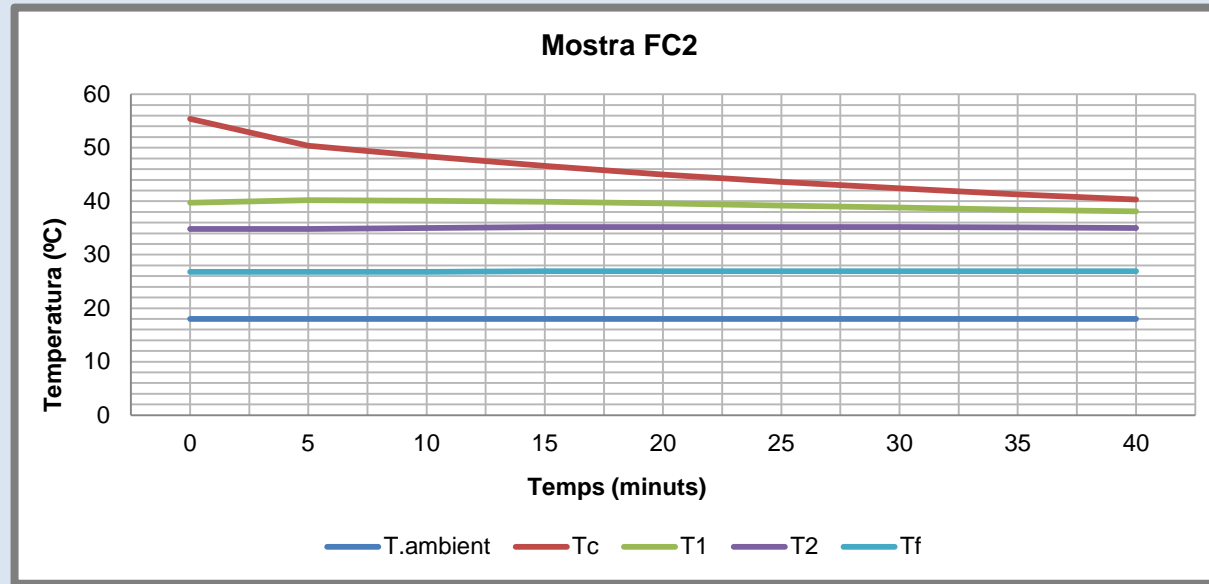


Gràfic temperatures de la mostra FC1. Font: Pròpia

9. ANNEXOS

MOSTRA FC2		Cambra calenta	Cara calenta	Cara freda	Cambra freda	Condicions ambientals	
Interval	Mesura	Tc	T1	T2	Tf	Temperatura (°C)	Humitat (%)
Inicial	20:35	28,5	24,6	24,0	24,5	20	52
	10:10	48,7	40,1	34,9	26,8	18	55
	11:10	43,6	39,1	35,2	26,8	18	55
	12:10	40,3	38,2	35,0	26,9	18	60
RÈGIM ESTACIONARI	0	55,4	39,7	34,8	26,8	18	60
	5	50,4	40,2	34,8	26,8	18	60
	10	48,4	40,1	35,0	26,8	18	60
	15	46,6	39,9	35,2	26,9	18	60
	20	45,0	39,6	35,2	26,9	18	60
	25	43,6	39,2	35,2	26,9	18	60
	30	42,4	38,8	35,2	26,9	18	60
	35	41,3	38,4	35,1	26,9	18	60
	40	40,3	38,1	35,0	26,9	18	60
		45	55,6	39,7	34,8	26,9	18

	TC (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	TF (°C)	Increment de temperatura (°C)	
Temperatures mitjanes	45,93	39,33	35,06	26,87	Tc - Tf	19,07
					T1-T2	4,28
Dimensions de la mostra	Superfície (m ²)		Gruix (m)			
	0,0064		0,04			
Resistència superficial Rsi (m ² ·°C/W)	0,13					
Càlcul de la Transmissió	U	2,66	(m ² ·°C/W)			
Càlcul de la Conductivitat	λ	0,47	(W/m ² ·°C)			

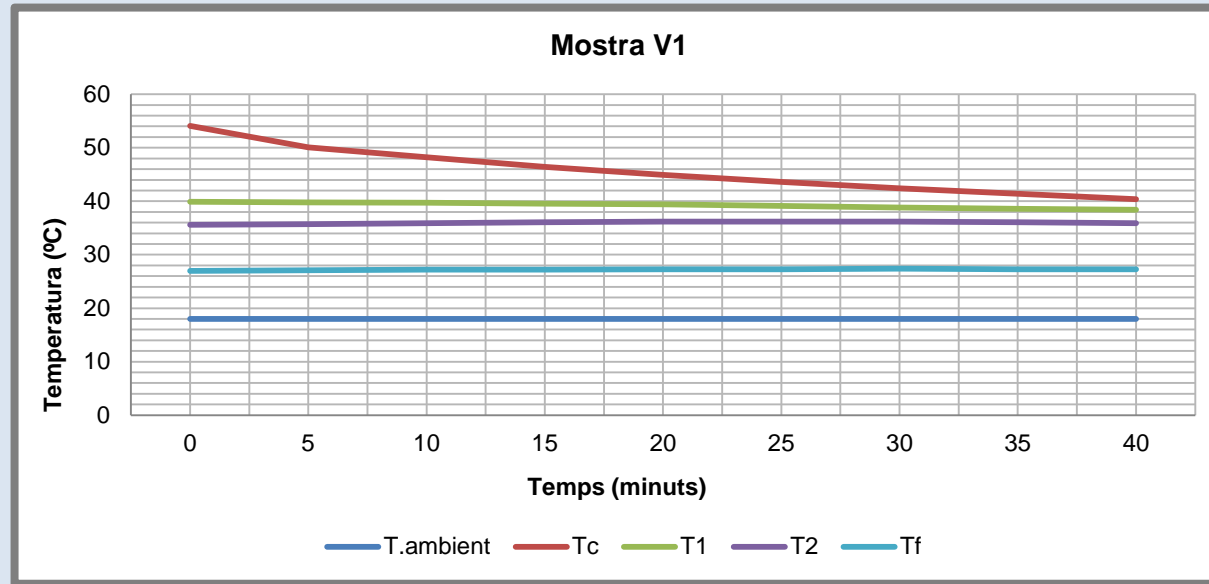


Gràfic temperatures de la mostra FC2. Font: Pròpia

9. ANNEXOS

MOSTRA V1		Cambra calenta	Cara calenta	Cara freda	Cambra freda	Condicions ambientals	
Interval	Mesura	Tc	T1	T2	Tf	Temperatura (°C)	Humitat (%)
Inicial	11:15	18,8	19,5	19,9	18,5	18	70
	10:00	43,5	38,6	35,9	26,8	18	60
	11:00	40,7	37,8	35,7	27,0	18	60
	12:00	50,4	39,6	35,5	27,0	18	60
	12:30	41,5	38,2	35,9	27,3	18	60
	12:35	40,6	37,9	35,8	27,1	18	60
	12:40	39,8	37,7	35,7	27,0	18	60
Inici període RÈGIM ESTACIONARI	0	54,1	39,9	35,6	27,0	18	60
	5	50,1	39,8	35,7	27,1	18	60
	10	48,2	39,7	35,9	27,2	18	60
	15	46,4	39,6	36,1	27,2	18	60
	20	44,9	39,4	36,2	27,3	18	60
	25	43,6	39,1	36,2	27,3	18	60
	30	42,4	38,8	36,2	27,4	18	60
	35	41,4	38,6	36,1	27,3	18	60
	40	40,4	38,4	35,9	27,3	18	60
	45	55,0	39,2	35,7	27,3	18	60

	TC (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	TF (°C)	Increment de temperatura (°C)	
Temperatures mitjanes	45,72	39,25	35,99	27,23	Tc - Tf	18,49
					T1-T2	3,26
Dimensions de la mostra	Superfície (m ²)		Gruix (m)			
	0,0064		0,04			
Resistència superficial Rsi (m ² ·°C/W)	0,13					
Càlcul de la Transmissió U	U	2,69	(m ² ·°C/W)			
Càlcul de la Conductivitat λ	λ	0,61	(W/m ² ·°C)			

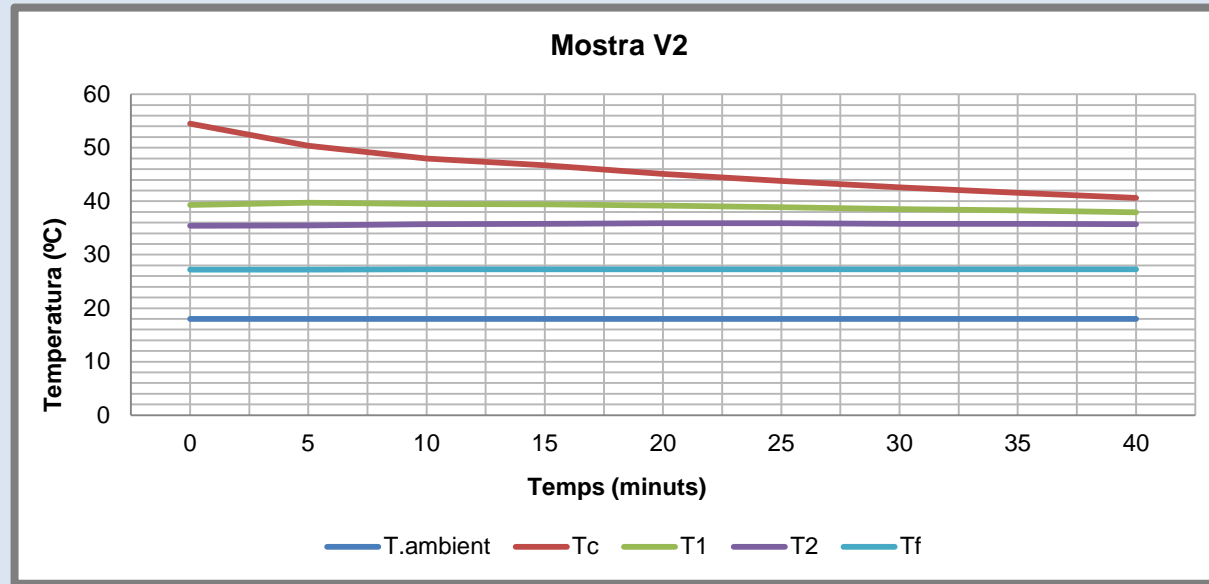


Gràfic temperatures de la mostra V1. Font: Pròpia

9. ANNEXOS

MOSTRA V2		Cambra calenta	Cara calenta	Cara freda	Cambra freda	Condicions ambientals	
Interval	Mesura	Tc	T1	T2	Tf	Temperatura (°C)	Humitat (%)
Inicial	18:35	23,7	20,5	20,4	21,8	18	60
	13:00	41,8	38,2	35,7	27,2	18	65
	14:00	50,8	39,6	35,5	27,2	18	65
	15:00	45,6	39,2	36,0	27,3	18	65
	15:20	40,9	38,0	35,7	27,3	18	65
	15:25	40,0	37,6	35,5	27,3	18	65
Inici període RÈGIM ESTACIONARI	0	54,5	39,3	35,4	27,2	18	65
	5	50,4	39,7	35,5	27,2	18	65
	10	48,0	39,5	35,7	27,3	18	65
	15	46,7	39,4	35,8	27,3	18	65
	20	45,1	39,2	35,9	27,3	18	65
	25	43,8	38,9	35,9	27,3	18	65
	30	42,6	38,5	35,8	27,3	18	65
	35	41,6	38,3	35,8	27,3	18	65
	40	40,6	37,9	35,7	27,3	18	65
		45	54,7	39,5	35,5	27,2	18

	TC (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	TF (°C)	Increment de temperatura (°C)	
Temperatures mitjanes	45,92	38,97	35,72	27,28	Tc - Tf	18,64
					T1-T2	3,24
Dimensions de la mostra	Superfície (m ²)		Gruix (m)			
	0,0064		0,04			
Resistència superficial Rsi (m ² ·°C/W)	0,13					
Càlcul de la Transmitància	U	2,87	(m ² ·°C/W)			
Càlcul de la Conductivitat	λ	0,66	(W/m ² ·°C)			

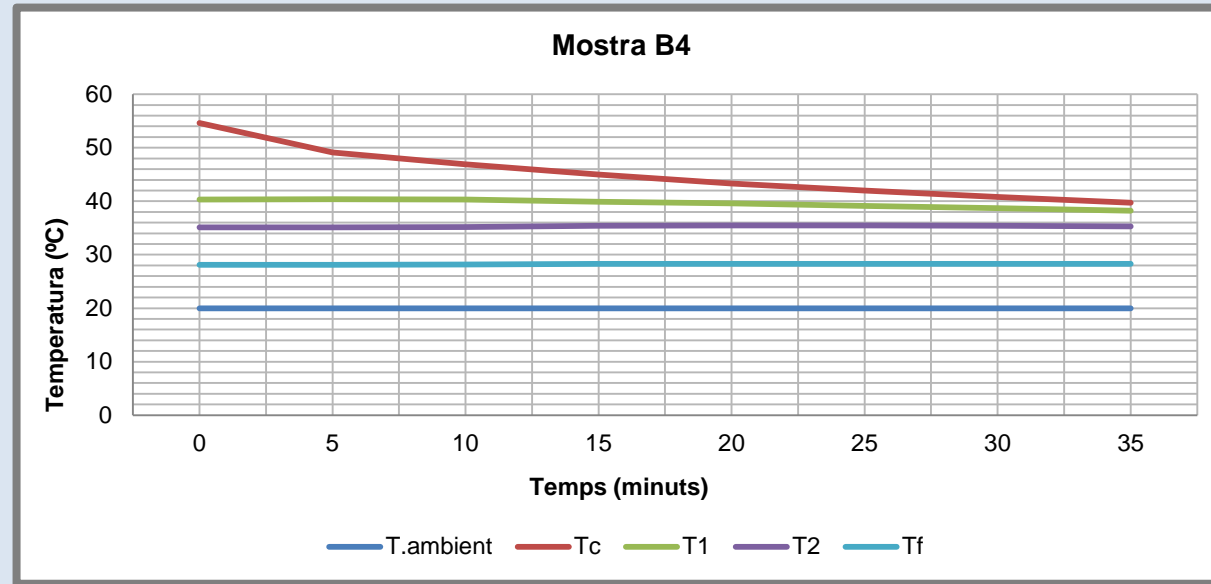


Gràfic temperatures de la mostra V2. Font: Pròpia

9. ANNEXOS

MOSTRA B4		Cambra calenta	Cara calenta	Cara freda	Cambra freda	Condicions ambientals		
Interval	Mesura	Tc	T1	T2	Tf	Temperatura (°C)	Humitat (%)	
Inicial	15:00	28,6	22,2	21,8	24,3	20	68	
	9:32	50,4	40,5	35,1	28,1	20	69	
	10:32	44,5	39,7	35,2	28,1	20	69	
	11:32	41,2	38,6	35,3	28,1	20	69	
	11:42	39,3	37,8	35,2	28,1	20	69	
Inici període RÈGIM ESTACIONARI	0	54,6	40,3	35,1	28,1	20	69	
	5	49,1	40,4	35,1	28,1	20	69	
	10	46,9	40,3	35,2	28,2	20	69	
	15	45,0	39,9	35,4	28,3	20	69	
	20	43,3	39,6	35,5	28,3	20	69	
	25	42,0	39,1	35,5	28,3	20	69	
	30	40,8	38,7	35,4	28,3	20	69	
	35	39,7	38,2	35,3	28,3	20	69	
		40	53,8	40,5	35,2	28,3	20	69

	TC (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	TF (°C)	Increment de temperatura (°C)	
Temperatures mitjanes	45,18	39,56	35,31	28,24	Tc - Tf	16,94
					T1-T2	4,25
Dimensions de la mostra	Superfície (m ²)		Gruix (m)			
	0,0064		0,04			
Resistència superficial Rsi (m ² ·°C/W)	0,13					
Càlcul de la Transmissió	U	2,55	(m ² ·°C/W)			
Càlcul de la Conductivitat	λ	0,41	(W/m ² ·°C)			



Gràfic temperatures de la mostra B4. Font: Pròpia