



PATRIMONI

c o n s u l t o r s

patrimoni històric:
estudis i projectes

Cripta de la Colònia Güell

Santa Coloma de Cervelló

Estudi analític i caracterització dels
materials de construcció i estudi
de patologies i suggeriments
de restauració

Patrimoni 2.0 consultors, s.l.
Escultor Canet 36, local.
Barcelona 08028
tel. 93 200 99 44
www.fempatrimoni.cat
info@fempatrimoni.cat



Cripta de la Colònia Güell

Santa Coloma de Cervelló

**Estudi analític i caracterització dels
materials de construcció i estudi
de patologies i suggeriments
de restauració**

Autors:

Màrius Vendrell

Pilar Giráldez

Aina Mallafré

Aleu Andreazini

Lorena Merino

Barcelona, Gener de 2021

ÍNDEX

Introducció	1
Dades disponibles	2
Materials de construcció i revestiment	3
Porxo d'entrada i atri	4
Voltes	4
Columnes	6
Arcs	12
Paraments exteriors	14
Fonamentació	16
Materials de formació	17
Morter de junta	18
Emmarcament de les finestres	19
Relleus amb trencadís de vidre	20
Interior	22
Fàbrica de ceràmica	22
Paviment i arrambador	23
Columnes	26
Nervis de les voltes	29
Acabats	31
Morter de ciment lliscat	31
Textura dels morter de voltes, etc.....	35
Encintats	37
Resum de materials	38
Pedres	38
Altres materials	39
Morters	41
Sistemes constructius	44
Paraments	44

Columnes	47
Voltes	49
Volums decoratius	49
Sistemes de desguàs	51
Recollida d'aigües pluvials	51
Recollida d'aigües d'escolament	52
Disfuncions i problemes detectats	53
Danys observats	58
Humitats	59
Eflorescències	60
Despreniment de tessel·les de vidre	62
Acumulació de pols	64
Crostes negres	64
Biocolonització	65
Despreniment d'acabats de morter	66
Fissures estructurals	67
Propostes de restauració i conservació	67
Criteris d'intervenció	67
Suggeriments d'intervenció	68
Neteja general	68
Interior	68
Exterior	69
Tractament de les humitats: arranament exterior	70
Tractament de paraments exteriors	74
Tractament de les eflorescències	75
Relleus amb trencadís de vidre	76
Ceràmiques vidriades	77
Despreniment de revestiments	78

Introducció

En aquest document es presenta un estudi sobre els materials de construcció i acabats de l'església de la Colònia Güell, a Santa Coloma de Cervelló, així com l'anàlisi dels sistemes constructius, tant dels paraments i voltes com de les decoracions, revestiments i acabats, alhora que la valoració i anàlisi dels danys que presenten. Per això s'han fet diverses visites d'inspecció, algunes en coordinació amb la Sra. Núria Corbella (de l'Incasol) i del Sr. Andrés Andrés (del Consell comarcal del Baix Llobregat), ambdues entitats responsables del manteniment i conservació de monument.

En el decurs d'aquestes inspeccions s'han recollit algunes mostres de materials, s'han adquirit mesures de resistivitat elèctrica (relacionada amb la presència d'humitats), s'han adquirit imatges en la banda tèrmica de l'infraroig -8 a 12 micres de longitud d'ona- (que permeten determinar la temperatura de cada punt de la imatge) i s'han fet inspeccions profundes no invasives amb radar per accedir a informació de l'interior de columnes i murs. Val a dir que el mostreig ha estat molt condicionat per la informació ja disponible per aquest equip de treball i recerca, atès que havia estudiat anteriorment diversos aspectes de l'església entre 1999 i 2003, abans i durant la restauració de l'any 2002.

L'anàlisi de les mostres s'ha dut a terme amb diferents tècniques experimentals, adequades en cada cas a la informació que es pretenia assolir en cada mostra. Aquesta informació, d'altra banda, ha estat delimitada per la informació disponible dels estudis suara esmentats, de forma que en alguns casos s'han analitzat de nou mostres recol·lectades

en aquelles campanyes, tractant d'aprofundir en alguns aspectes puntuals. Aquest ha estat el cas dels acabats de molts dels revestiments, així com la determinació de possibles additius afegits als morters (especialment els de calç) per millorar-ne les prestacions.

Finalment, en base a les dades disponibles i les assolides en aquesta campanya d'estudi i recerca, es formulen les propostes de restauració i conservació més adients per a la conservació dels materials existents i l'aplicació de materials compatibles amb aquests. També s'ha fet un esforç per a la formulació de propostes que tracten de reduir en la mesura del possible, l'entrada d'aigua als paraments, tant d'escolament com de la pluja directa.

Dades disponibles (informes anteriors)

Entre els anys 1999 i 2003, membres d'aquest equip van col·laborar amb diversos equips de treball que, liderats pel Servei del patrimoni arquitectònic local (SPAL) de la Diputació de Barcelona, van abordar l'aprofundiment en el coneixement històric, estructural, de conservació i material de l'església. Per tant, en el moment de redactar el present estudi, es disposa de cert coneixement dels materials de construcció i acabat del monument, de vegades plantejat de forma sistemàtica i general, altres puntualment per donar resposta a problemes concrets.

En el plantejament d'aquest informe s'ha tractat d'anar més al fons d'algun dels materials ja analitzats, alhora que s'ha estudiat i comparat l'estat de conservació actual amb els

problemes existents abans de la restauració de 2002. S'ha volgut fer especial atenció en els acabats, atès que actualment es disposa d'una millor i més precisa tecnologia per abordar la seva anàlisi. Nogensmenys, en alguns casos es revisiten les dades disponibles i es tornen a analitzar algunes mostres amb major profunditat. Per una millor lectura i comprensió del present document, s'hi incorporen algunes de les descripcions d'estudis anteriors (en cursiva per tal d'identificar-les fàcilment).

També es disposa de les fitxes sobre materials ceràmics i vidres que es van elaborar per personal del SPAL l'any 2003, de fulles de dades termohigromètriques ambientals, de data incerta (8-23-III -?-) i dels informes de seguiment de les fissures estructurals dut a terme per Cotca els anys 2019 i 2020.

Materials de construcció i revestiment

En els següents apartats es descriuen els materials que formen part de la construcció d'aquest monument. Per una millor comprensió, es presenten separats entre els de l'interior, els que formen el porxo i l'atri i els dels paraments exteriors. Per aquest estudi s'han recollit diferents mostres, que han estat analitzades, el que permet descriure la naturalesa dels materials, el seu estat de conservació, els danys que presenten, etc. Aquestes dades es complementen amb les obtingudes en estudis realitzats amb anterioritat pel mateix grup de treball que realitza el present informe. Algunes de les mostres de campanyes anteriors han estat analitzades de nou amb tècniques de major resolució o complementàries i,

en altres casos, s'han reïnterpretat els espectres obtinguts en aquell moment a la llum de les noves troballes.

Porxo d'entrada i atri

Es tracta de les zones d'accés a l'actual església i consisteixen en sengles conjunts de voltes suportades en columnes de naturalesa diversa, puntualment decorades amb mosaics de ceràmica i vidre, trencadís i diverses textures d'acabat. Pel que fa al paviment, tant del porxo com de l'atri, s'estén a tot l'àmbit entre aquests i la porta d'accés a la tanca perimetral. Està format amb planxes allargades de pedra basàltica, col·locades en la intervenció del 2002.

Seguidament es descriuen els materials constitutius d'aquesta zona.

Voltes

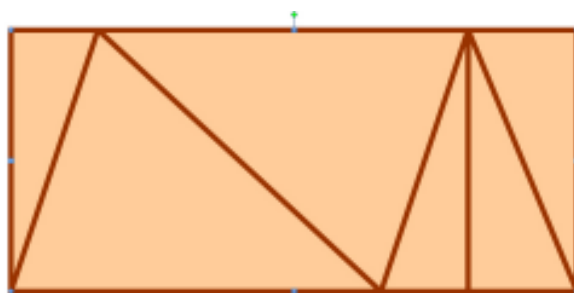
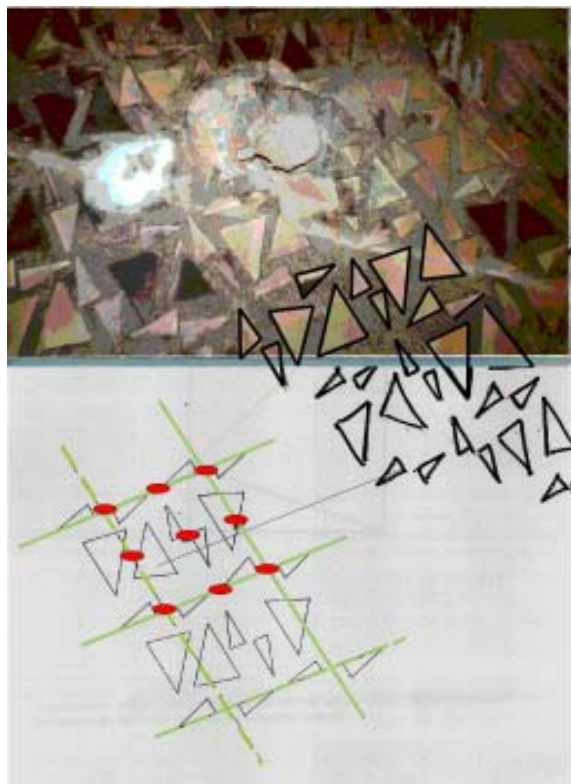
Tant el porxo d'entrada com l'atri que hi ha a un costat estan formats per voltes de maó de pla en forma de paraboloides hiperbòlics, els materials dels quals han estat analitzats i descrits en un informe anterior (vegeu *Materials de construcció, cales diverses*, d'abril de 2000). En aquest document es va posar de manifest que es tracta de voltes amb peces ceràmiques en les que els morters de col·locació de cada nivell de rajola són de ciment pòrtland. També es constata que els fragments de peces que formen el trencadís no participen de l'estructura, sinó que són una capa decorativa.



Figura extreta de l'informe d'abril de 2000 del mateix equip de recerca i estudi-

En un informe posterior (octubre de 2001) es va establir que els fragments ceràmics del “trencadís” d’aquestes voltes seguien un patró que, desplegat en un pla, respon al grup de simetria espacial $p2$, una de les 17 simetries possibles en

dues dimensions. A més, les peces que formen la unitat del patró (cel·la fonamental del reticle) componen una rajola tallada manualment com es mostra en la figura adjunta. Per tant, en tot cas, es tracta d’un trencadís que no està format per fragments disposats a l’atzar, sinó el resultat de la partició de rajoles de 30x15 cm col·locades de forma ordenada.



Figures extretes de l’informe d’octubre de 2001 del mateix equip de recerca i estudi-.

El morter entre les peces d’aquest patró (de ciment pòrtland, com s’ha esmentat abans) mostra una textura granuda, amb els grans d’àrid sobresortint. En informes anteriors d’aquest

mateix equip es va suggerir que es podria tractar de sorra projectada sobre la superfície per crear aquesta textura. La recerca duta a terme en aquest ocasió permet detallar els materials i el procés de formació d’aquest acabat, que es comentarà en un apartat específic, atès que no afecta únicament a les voltes.



La paret posterior de l'atri, on recolzen les voltes, la forma un paredat irregular realitzat amb una pedra vermellosa, que en el citat informe de 2001 es va descriure com “una bretxa



formada per clastes angulosos de diferents orígens. La matriu de la roca està formada per calcita i una petita proporció d'argiles que li dóna el color vermellós. El seu probable origen correspon al massís del Garraf, on aquestes roques formen reompliments de fissures estructurals entre les calcàries cretàiques que formen el massís”.



Columnes

Les voltes de l'atri es suporten en columnes formades per peces ceràmiques disposades sobre una base de major amplada formada per paredat irregular de la mencionada pedra vermellosa. I entre aquestes hi ha els arcs que suporten les voltes. El mur posterior el ressegueix un banc format amb acabat de ciment pòrtland lliscat.



El porxo d'entrada també disposa de voltes de similar geometria suportades per quatre columnes col·locades de forma obliqua en direcció a l'església, igual que la forma de la construcció de tot el conjunt. De les tres columnes exteriors, les dues laterals estan acabades amb fragments d'escòria de fosa, de color negre, formant una mena de trencadís, mentre a que la columna central, a més del material negre (escòria), també hi ha una pedra de color verdós formant cares alternes de trencadís. Per últim, la columna que es troba a la zona central del porxo està feta de tres peces de pedra basàltica: base, fust i capitell, amb juntes de plom.



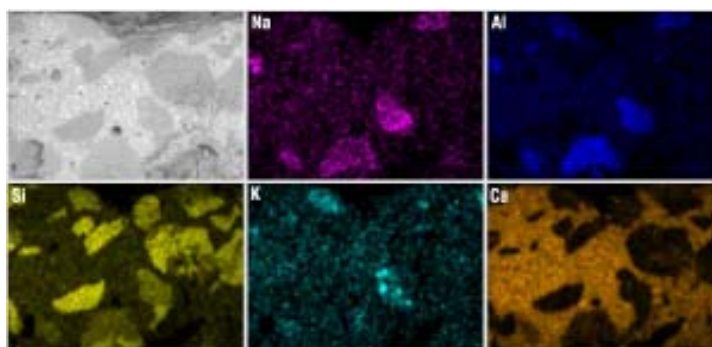
Com s'ha dit, les dues columnes laterals del porxo estan acabades amb un trencadís de fragments d'escòria de fosa, de color negre i disposats irregularment en forma de trencadís. Aquest material es va analitzar en el decurs de l'informe del 2001 ja esmentat, on es va



descriure com *“un material amb presència de faialita (silicat de ferro), cristobalita (polimorf del SiO₂) i magnetita (un òxid de ferro). L'origen d'aquest material no és natural i és atribuïble a material d'escòria de la recuperació del ferro”*.



Aquestes peces estan adherides amb un morter gris de ciment pòrtland amb grans grollers de diversos colors. Les anàlisis mostren que l'àrid està format per quars i feldspats de morfologies anguloses i el lligant pels silicats d'alumini i calci que formen el ciment, tal com es pot observar en aquest mapatge de la composició química elemental.



La columna central està formada per cares alternes de pedra de color verd clar i escòria de fosa de color negre. La pedra clara és una roca plutònica classificada petrogràficament com una diorita i està composta per feldspats, quars, miques

i clorita, que aporta el color. El material que uneix aquestes pedres és diferent de l'anterior, en aquest cas es tracta d'un morter de color blanc de calç aèria amb àrid de mides grolleres de quars i feldspats. En la secció polida d'aquesta mostra s'observa



una banda més fosca vorejant de manera irregular la part superficial, les anàlisis de la qual indiquen una capa de calç rica en sofre (guix).

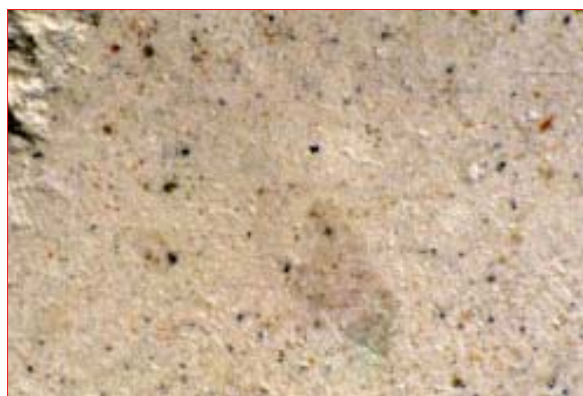
Per damunt de les juntes del morter que uneix els fragments de pedra verdosa hi ha un encintat blanc format per un morter en el que, a simple vista, no s'hi veu àrid, tot i que en les observacions microscòpiques s'hi identifica càrrega de quars molt fina.

Les anàlisis mostren que està format per les següents fases, les concentracions de les quals s'expressen en percentatge en pes.

Calcita (CaCO_3)	62
Guix ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	18
Vaterita (CaCO_3)	12
Quars (SiO_2)	8



És a dir, pols de quars com a càrrega en una barreja de calç i guix additivada amb una proteïna (s'ha fet un test específic de proteïna amb resultat positiu). La presència d'aquest component orgànic estimula la carbonatació, en part en forma de vaterita (un dels polimorfes del carbonat de calci), alhora que dona lloc a un morter d'extraordinària duresa, com és el cas d'aquests encintats.



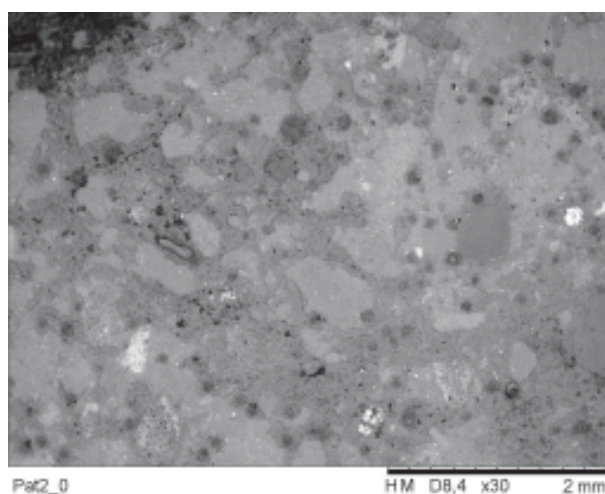


Finalment al centre del porxo hi ha una columna realitzada amb pedra basàltica, construïda de la mateixa manera que les columnes basàltiques de l'interior de la nau; formades per tres peces (base, fust i capitell) unides amb juntes de plom.



Pel que fa a les columnes de l'atri, externament són de fàbrica de peces ceràmiques lleugerament arrodonides, que generen una interessant textura. Cada columna està sobre una base amb paretat de les mateixes pedres vermelloses que formen el mur posterior de contenció, menys una que té la base arrebossada amb morter de ciment pòrtland. El volum d'aquestes bases i la forma que enllaça amb el fust de les columnes està feta amb morter fortament hidràulic, de color rosat, amb un arrebossat lliscat de morter de ciment pòrtland.

Aquest morter rosat (mostra CG-11) és l'equivalent a una calç hidràulica NHL 5 o fins i tot, un ciment ràpid, amb àrid de quars, feldspats i calcàries de mides inferiors a un mil·límetre. La seva



Pat2_0

HM D8,4 x30 2 mm

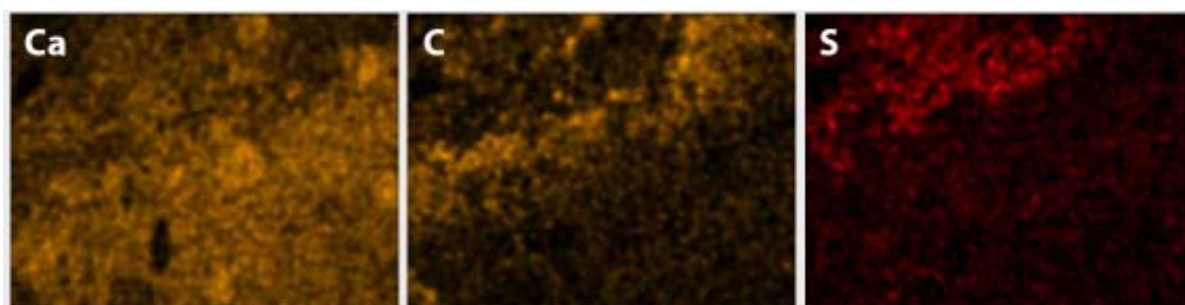
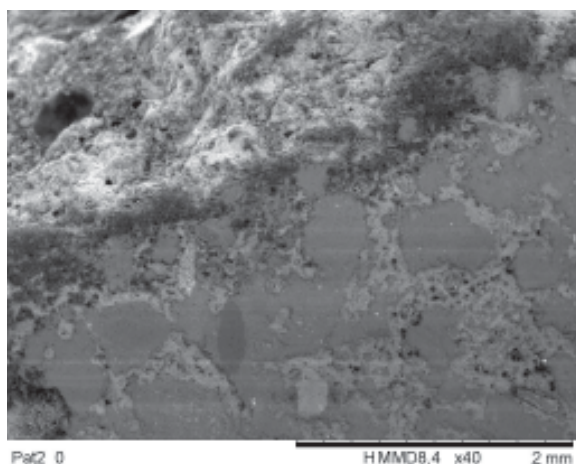
composició mineral es pot veure a la taula següent, expressada en percentatge en pes de cada fase.

Calcita (CaCO_3)	56
Guix ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	18
Gehlenita ($\text{Ca}_2\text{Al}(\text{SiAl})\text{O}_7$)	12
Vaterita (CaCO_3)	6
Quars (SiO_2)	4
Feldspat (KAlSi_3O_8)	4

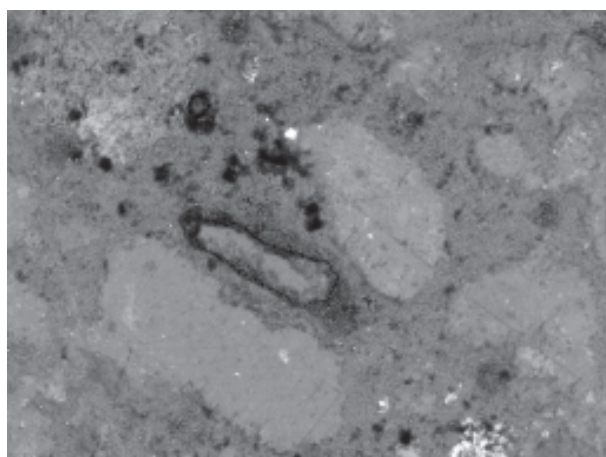
D'aquests components, la gehlenita (silicat de calci i alumini), la vaterita (un polimorf del carbonat de calci) i part de la calcita corresponen a les fases desenvolupades en l'enduriment del morter, mentre que quars, feldspat i part de la calcita són àrid. La presència de guix en la massa del morter és més petita que la que mostren les anàlisis: es detecta una major concentració superficial, en part com a producte desenvolupat a posteriori. La presència de vaterita és resultat de l'addició d'un additiu orgànic, en aquest cas una proteïna,

que col·labora decisivament en l'enduriment del lligant.

En la superfície de la mostra es detecta una forta concentració de material orgànic que s'infiltra en els porus del morter, així com l'elevada concentració de guix suara esmentada. La capa orgànica discontinua superficial són colònies de bactèries, les

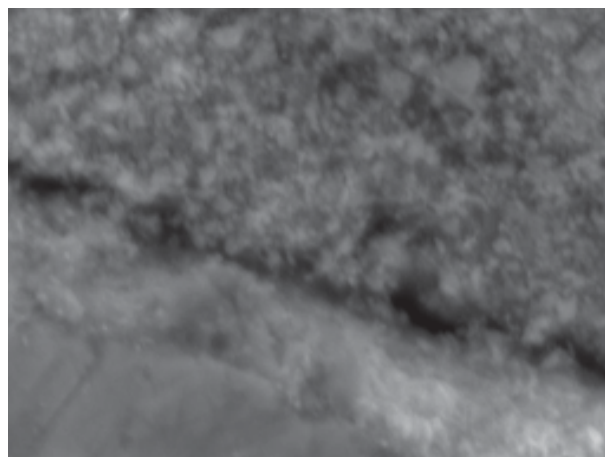


quals, alhora generen mineralitzacions de guix i carbonat de calci. Colonitzacions similars també es troben en porus relativament allunyats de la superfície, per bé que no afecten l'estabilitat del material ni contribueixen significativament en la seva alteració.



Pat2_0

HM D8,4 x120 500 ?m



Pat2_0

HMMD8,4 x1,8k 50 ?m

Concentració de material orgànic associada a un porus del morter, l'ampliació de la qual permet veure que es tracta de colònies bacterianes, on també s'hi troba associat guix.

Arcs



Els contactes entre les voltes es resolen estructuralment en forma d'arcs rebaixats fets de totxos disposats en sardinell, a la cara inferior dels quals hi ha un volum generat amb morter, en el que, en algun cas, hi ha decoració ceràmica i en altres un arrebossat de morter de ciment. Per a l'anàlisi dels materials que formen



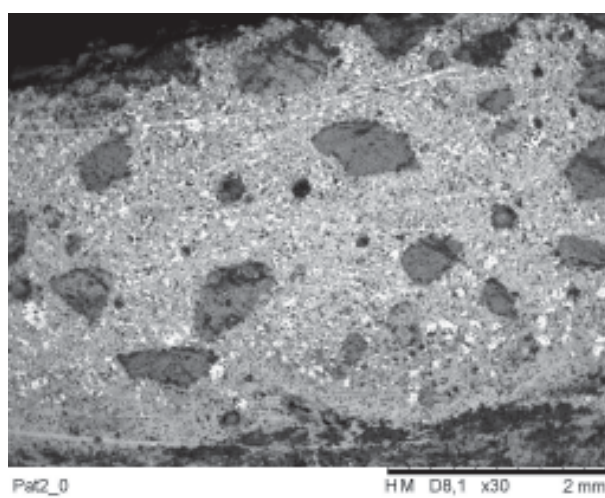
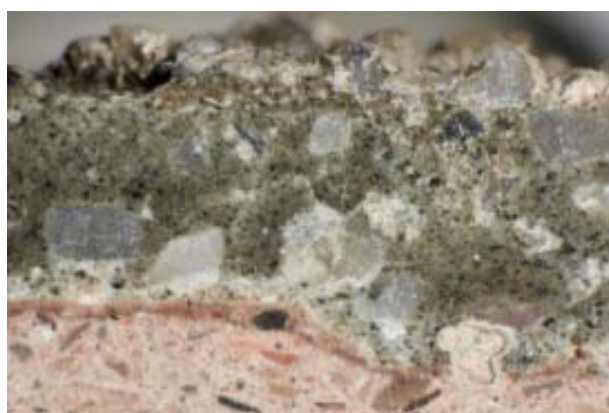
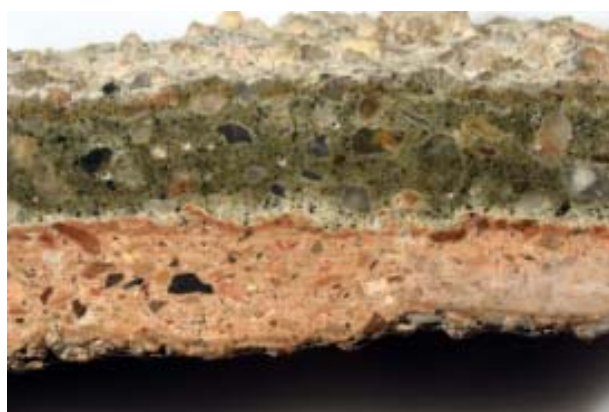
Decoració ceràmica a la cara inferior.



aquesta decoració s'ha recollit una mostra d'un dels arcs de l'atri que presenta una fissura que ocasiona el despreniment de fragments (mostra CG-12).

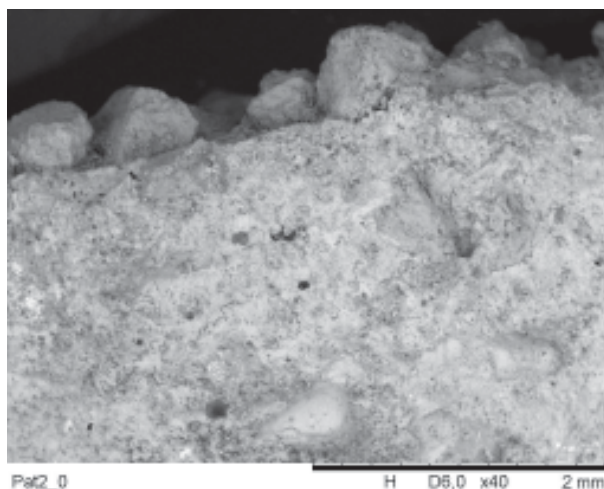
Com es pot veure en la fotomicrografia d'una secció polida, el volum està format per morter rosat, idèntic al descrit per a la base de les columnes en l'apartat precedent, amb un acabat de poc gruix de morter de ciment pòrtland on, quan cal, s'hi adhireixen els fragments ceràmics que decoren aquests elements. La capa de morter de ciment té uns tres mil·límetres de gruix, aproximadament, i està format per ciment pòrtland amb àrid de dues granulometries clarament

diferents, per una banda grans de mides inferiors a les 100 micres (0,1 mm) i altres entre 0,5 i 1 mm. Els grans més petits són de quars i calcita, mentre que els de major mida són de quars i, en menys quantitat, feldspats.



En la zona exterior es percep una concentració de grans de granulometria gruixuda que en observació zenital de la

superfície donen lloc a una textura rugosa en la que els grans de quars i feldspat sobresurten. Aquest és un acabat produït intencionadament que es repeteix a les voltes i en les juntes de certes columnes, del qual se'n parlarà més endavant en un apartat específic. En aquest exemple resulta especialment interessant l'anàlisi de les zones d'interfase entre capes i la més exterior, que es comentarà en l'apartat relatiu als acabats.



Paraments exteriors

Els paraments exteriors es caracteritzen per una fàbrica de totxo, molts dels elements de la qual són passats de cuita (sobrecuits), alternada amb paredat de fragments d'escòria de fosa, que donen lloc a franges verticals de forma vagament triangular i a unes textures força singulars. Tot plegat sobre una planta aparentment irregular, de manera que es formen zones que sobresurten con si fossin contraforts. Sota el porxo que aixopluga l'accés, s'obre una porta formada per brancals



i llinda de pedra calcària de color gris clar procedent de Garraf.

En un únic registre horitzontal, a banda i banda del pòrtic d'entrada, s'obre una línia de finestres de formes variades, emmarcades per un arc apuntat de totxos disposats (més o



menys) en sardinell, mentre que la banda inferior, a manera d'ampit, és corbada i està formada per trencadís de pedres i altres materials de color negre. En la zona de la clau hi ha un relleu en forma de creu amb trencadís de fragments de vidre.



Les parts superior i inferior de l'emmarcament estan decorades amb trencadís de ceràmica vidriada i entre cada dues de finestres, uns relleus formant unes A (alfa) i Ω (omega), així com altres en forma de peix, igualment acabats amb trencadís de vidre. Per damunt de la llinda de la porta central també hi ha un mosaic amb



Exemples dels relleus que decoren l'entorn de les finestres.



relleu profusament decorat amb fragments de vidre, pla o amb forma, per exemple algun tros de copa.



Fonamentació

En l'informe del 2001 d'aquest mateix grup de treball s'esmentava una banqueta de fonamentació, que en aquest moment no és visible, i que quan es va analitzar el material que la formava es va descriure de la següent manera:

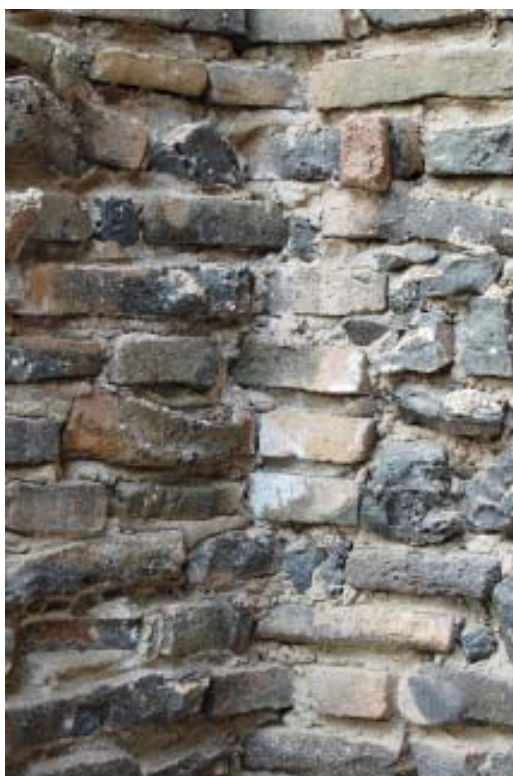
Està formada per un morter bord fet a base d'una barreja de calç i ciment pòrtland com a lligants, i sorra de naturalesa variada, com a àrid. La fase més abundant del lligant és calcita (producte de l'enduriment de la calç i del pòrtland), però també es detecta la presència d'ettringita primària, hidròxid de calci (explicable únicament per la manca de carbonatació deguda al fet d'estar soterrat i per tant, poc accessible al CO_2 atmosfèric), i restes de fases del clinker (C_3S i C_2S). (extret de l'informe de 13 d'octubre del 1997)

Materials de formació

D'altra banda, en el marc del mateix informe es van analitzar els totxos ceràmics i el que en aquell moment es va anomenar "materials foscos", denominació que inclou escòria de fosa i totxos passats de cuita i deformats. La informació que es va recollir en aquell document es mostra a continuació:

Totxo ceràmic

Les mostres de totxo ceràmic d'aspecte normal (no sobrecuit) que han estat analitzades presenten una bona uniformitat pel què fa a la seva composició de fases minerals desenvolupades durant el procés ceràmic de la seva manufactura. La presència de gehlenita, piroxens i la pràctica absència de restes de matèries primeres argiloses, indiquen temperatures de cuita superiors als 950°C per a tots els casos. Malgrat tot, s'han observat nombrosos elements ceràmics amb clares evidències d'haver estat cuits a majors temperatures, de tal manera que s'ha arribat a la fusió gairebé total. En aquestes zones, sobretot en els falsos contraforts, s'hi observen bombolles de fusió, materials ennegrits per la sobretemperatura i certa deformació.



Materials foscos

Els materials foscos observats tenen tres aspectes diferents i orígens diversos. Per una banda, s'ha observat un material fosc, força porós i amb petits cristalls blancs inclosos en un matriu pràcticament negra; un altre tipus de material fosc té un aspecte força vitrificat, amb una baixa porositat i molt dur; i el darrer grup de materials

observats tenen un aspecte molt diferent, formats per una conjunt de cristalls d'aspecte metàl·lic, poc porosos i una densitat elevada.



El primer grup de materials descrits correspon a fragments de totxo passats de cuita, els quals presenten una morfologia porosa amb cristalls blancs continguts en una matriu fosca; l'anàlisi d'aquests materials posa de manifest la presència de fases molt semblants a les descrites pels totxos ceràmics de manera que es pot determinar el seu origen artificial.



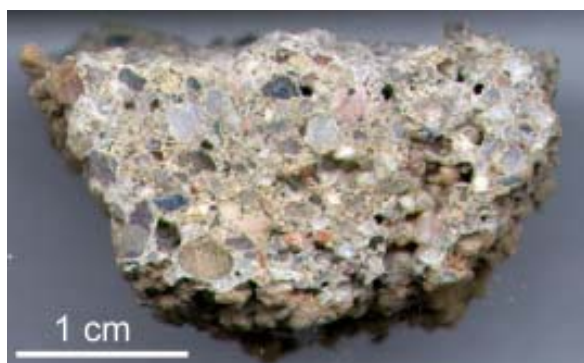
El segon grup de materials citats corresponen a fragments força vitrificats i compactes, molt foscos en els quals s'hi ha determinat la presència de faialita (silicat de ferro), cristobalita (polimorf del SiO_2) i magnetita. L'origen d'aquest material no és natural i és atribuïble a material d'escòria de la recuperació del ferro.

El darrer grup de materials observats correspon a un material format per cristalls d'aspecte metàl·lic d'una mida de gra considerable, poc porós i de densitat elevada. La composició d'aquest material, però, correspon a la mateixa que el material anterior, és a dir, format majoritàriament per faialita, cristobalita, quars i magnetita. El seu origen és igualment atribuïble a escòria o material de rebuig en la recuperació del ferro.



Morter de junta

Els elements descrits anteriorment (ceràmica, escòria) estan units amb morter de ciment pòrtland gris amb àrid abundant format per



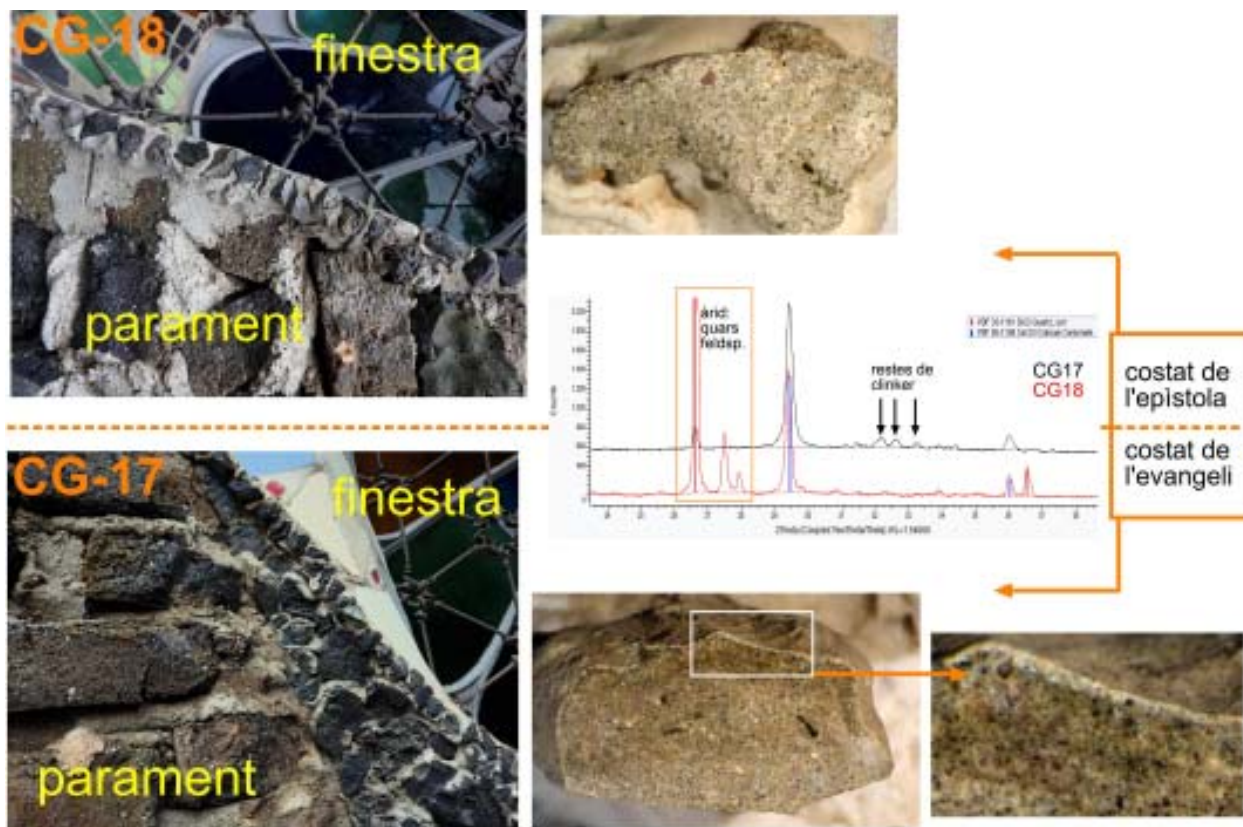
grans de quars, feldspats i alguna roca metamòrfica, de mides relativament grolleres entre 4-5 mm i submil·limètriques, amb una dosificació propera a 1:4, la qual cosa és coherent amb les juntes gruixudes que es generen, que precisen una barreja poc plàstica per evitar que flueixi sota càrrega del propi parament mentre es construeix.

Emmarcaments de les finestres

Els voltants de les finestres estan fets amb una mena de paredat irregular de peces d'escòria, més grans en la zona de transició amb la fàbrica de ceràmica i de menor mida en l'entorn pròpiament dit. Aquestes peces estan agafades amb morter relativament fi, pràcticament blanc que en l'interior de l'ampit mostra un acabat amb un allisat. Les anàlisis han posat de manifest que el material de les finestres del costat de l'evangeli i del costat de l'epístola són diferents, com s'ha

expressat en la infografia adjunta (vegeu pàgina següent).





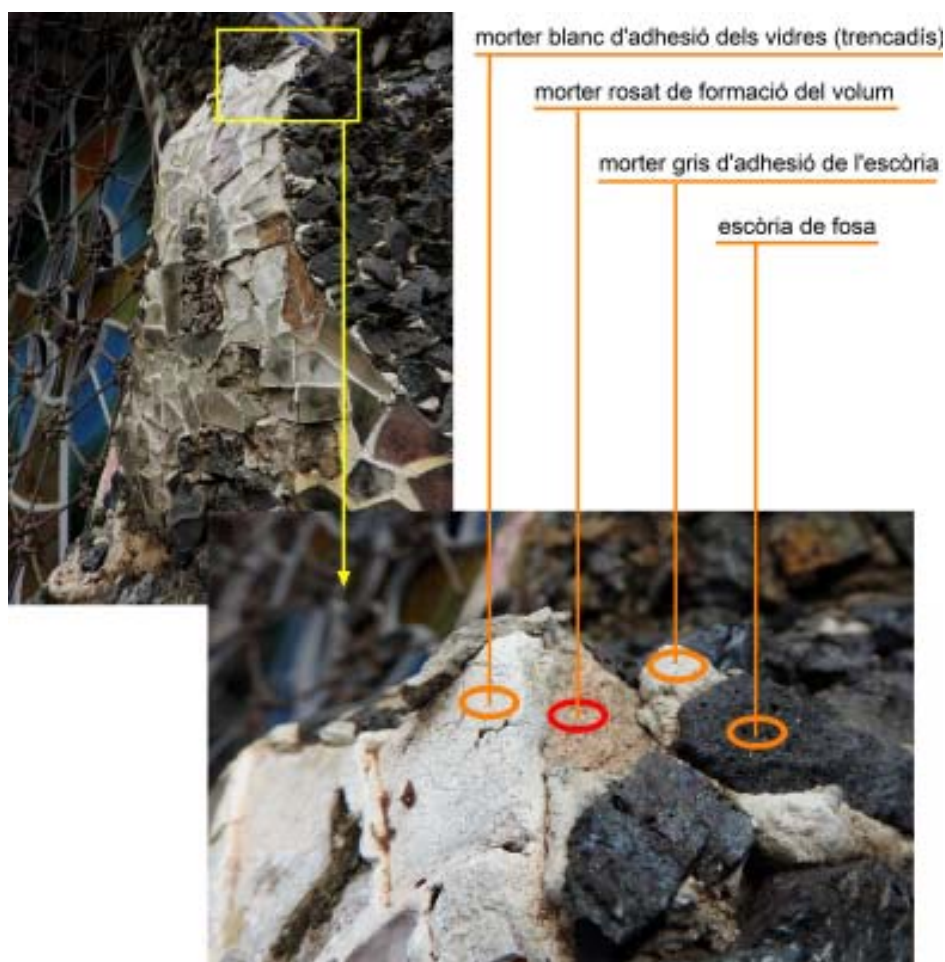
Tot i certa similitud de l'aspecte dels morters, en un cas conté àrid de quars i feldspats, que no es present en l'altre costat. També el lligant és diferent, mentre que en el costat de l'epístola és un morter de calç hidràulica amb l'esmentat àrid de quars i feldspats, en la banda de l'evangeli és ciment pòrtland gris, sobre el que es va aplicar una beurada de calç hidràulica (blanca) per assolir el mateix color clar de l'altre costat. Les diferències en els espectres de difracció de raigs X que es mostren en la figura anterior són prou evidents: en la mostra CG-18 es detecten restes de clinker sense reaccionar, en tant que en la CG-17 les fases de reacció són un silicat de calci indeterminat i gehlenita.

Relleus amb trencadís de vidre

Dels paraments, al voltant de les finestres (a banda i banda, sobre o entremig), emergeixen decoracions amb trencadís



de vidre o ceràmica que formen alfes, omegues, peixos, creus, etc. Les inspeccions de proximitat de diversos d'aquests relleus indiquen que el volum està format amb el morter rosat de calç fortament hidràulica que s'ha descrit en altres casos (bases de les columnes de l'atri, relleus decoratius dels arcs...). A aquest material s'hi adossa el paredat de petites peces d'escòria que forma l'emmarcament de les finestres i per sobre, s'hi va aplicar un morter de color blanc que serveix d'adhesió per a les peces de vidre que formen el trencadís, les quals s'hi van disposar amb el morter encara fresc, atès que hi queden les empremtes.





Les anàlisis del morter de suport del trencadís mostren que es tracta del mateix material que s'ha descrit com a encintat de la columna del porxo de trencadís de pedra verdosa: un morter de calç additivat amb material proteic, probablement cola animal, l'enduriment del qual dona lloc a la formació de calcita i aragonita (ambdós són carbonat de calci). La presència de proteïna en el morter, a més de millorar-ne la duresa i la carbonatació, aporta certa capacitat adherent, de forma que aquesta barreja s'ha usat tradicionalment com a morter-cola per l'adhesió de peces ceràmiques o similars.



En aquest cas, s'hi han adherit els vidres dels trencadís, molt probablement enllardant la cara inferior de la peça a col·locar amb cola i pressionant-la sobre el morter encara tendre. D'aquesta manera hi ha adhesió de la cara inferior al morter-cola i aquest, alhora, desborda lleugerament pels costats, la qual cosa també col·labora a l'estabilitat dels vidres (que no obstant, s'han després històricament).



Interior

Fàbrica de ceràmica

Les peces de ceràmica que formen els paraments de l'interior de la nau són de totxo, alguns passats lleugerament de cuita per bé que sense arribar a deformar la peça com moltes de l'exterior, el que dona lloc a diferents tonalitats entre vermells i gris/negre, similar al que s'ha observat a les façanes.



Aquesta fàbrica de totxos de coloracions ennegrides també s'observa en algun dels arcs i columnes. Per altra banda, el sostre de la nau contrasta per les peces ceràmiques uniformement cuites de forma convencional, que genera uniformitat en quant a les tonalitats. En aquesta imatge es pot veure la fàbrica que

forma la volta sobre el presbiteri, feta de peces ceràmiques ben cuites, incloent el nervis radials, aquests, però, formats per totxos de mides més petites.

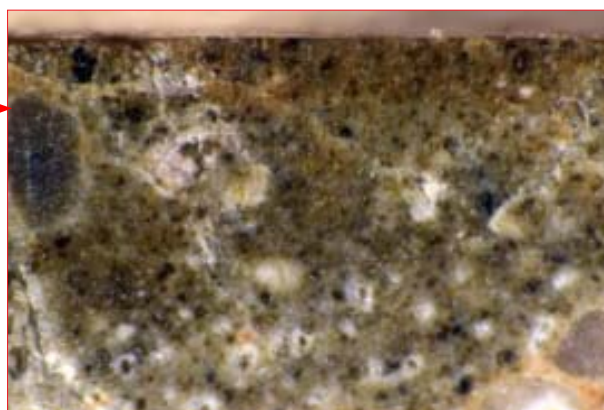
El morter de junta de la fàbrica ceràmica interior és de ciment pòrtland, pràcticament idèntic al que s'ha analitzat i descrit per a les façanes exteriors.

Paviment i arrambador

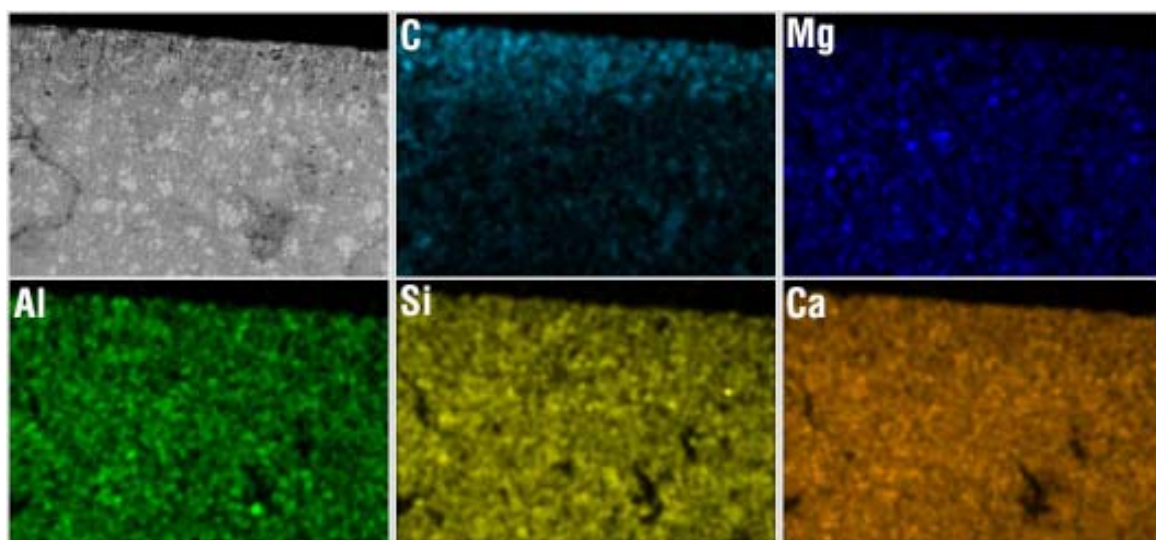
El material utilitzat com a paviment i arrambador en l'interior de l'església és un morter de pòrtland de color gris amb àrid



groller de mides mil·límetriques a submil·limètriques format, bàsicament, per grans de quars i, en menys quantitat, també per feldspats. Com a acabat superficial hi ha un lliscat realitzat també amb morter de ciment pòrtland amb àrid de mides de gra molt més



finos que el morter de base (diàmetres inferiors a 100 micres). El lliscat, gairebé brunyit, superficial ha donat lloc a que gairebé no tingui porositat. En aquesta imatge de microscòpia electrònica es pot observar la composició elemental d'aquest lliscat, format bàsicament per silicats d'alumini i calç, on també s'hi aprecien els grans d'àrid de mides molt fines.



Les anàlisis de difracció de raigs X mostren les fases que el formen, expressades en percentatge en pes en la següent taula.

Alita (Ca_3SiO_5)	26
Portlandita ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)	25
Calcita (CaCO_3)	13
Dolomita ($(\text{Ca},\text{Mg})\text{CO}_3$)	11
Ortòclasi (KAlSi_3O_8)	11
Quars (SiO_2)	8
Guix ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	6

Noteu la presència de portlandita (hidròxid de calci) encara sense carbonatar, així com restes de clinker (alita, silicat de calci) sense reaccionar.

Un posterior tractament superficial amb cera dona un aspecte lluent a la superfície, que és característic de les zones acabades d'aquesta manera. Aquest tractament segella bona part de la porositat superficial, reduint dràsticament la

velocitat de carbonatació (mesures efectuades l'any 2002 mostraven aquest front a 2-3 mm de fondària) i per això s'identifica portlandita ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), que passat un segle de l'aplicació del morter, hauria d'estar normalment transformada a calcita.



Tinció d'una fractura del revestiment amb fenolftaleïna: es veu que el front de carbonatació ha progressat molt poc. Imatge extreta de l'informe del mateix grup de treball d'abril de 2002.

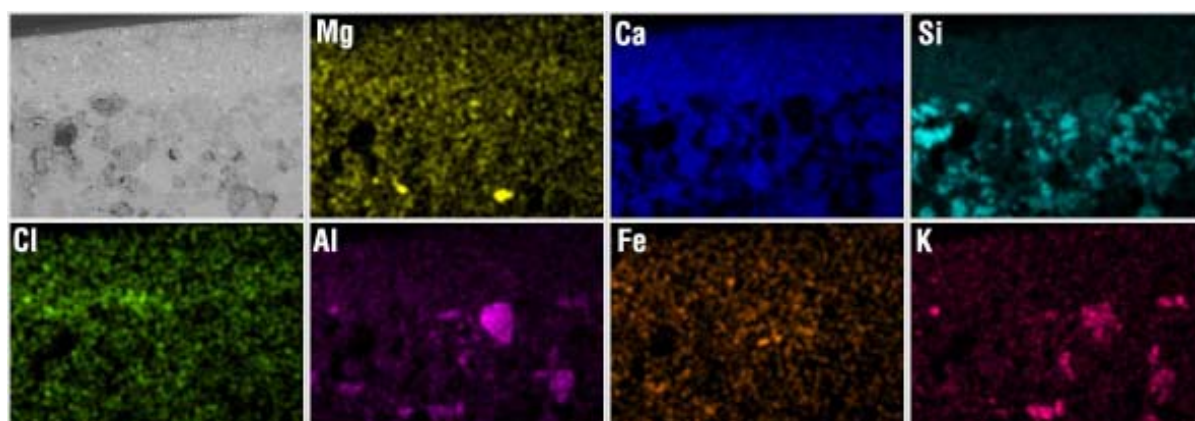


Aquest acabat es troba revestint tot el paviment de l'interior de la nau i l'arrambador dels paraments, així com part de les columnes fins a certa alçada. El contacte del paviment amb els arrambadors està resolt de forma corba (quart de canya), donant així un aspecte de continuïtat de la superfície del paviment cap als paraments i les columnes. En un apartat posterior es descriurà i comentarà aquest acabat específicament, atès que no afecta només a l'interior de l'església, sinó que és present també a l'atri.

En el paviment de la nau hi havia petits canals incisos de secció gairebé de mitja canya, la majoria dels quals han estat



posteriorment segellats amb morter. En la imatge adjunta es pot observar el petit canal tapat amb un material d'aspecte diferent. El fragment extret d'aquesta intervenció també està format per un morter de ciment pòrtland amb àrid de quars i feldspats de mides submil·limètriques, lleugerament més grans que l'àrid de l'acabat original.



Columnes

L'interior de la nau presenta columnes de quatre tipologies diferents, tres d'elles formades per totxo amb presència o no d'arrebossat de morter de ciment gris de pòrtland i una quarta formada per pedra basàltica. Com ja es va fer notar en

l'informe de 2001, la distribució de la tipologia i material de les columnes interiors respon a un pla de simetria que segueix l'eix de l'església. A continuació es descriurà la tipologia i els materials de cada grup.

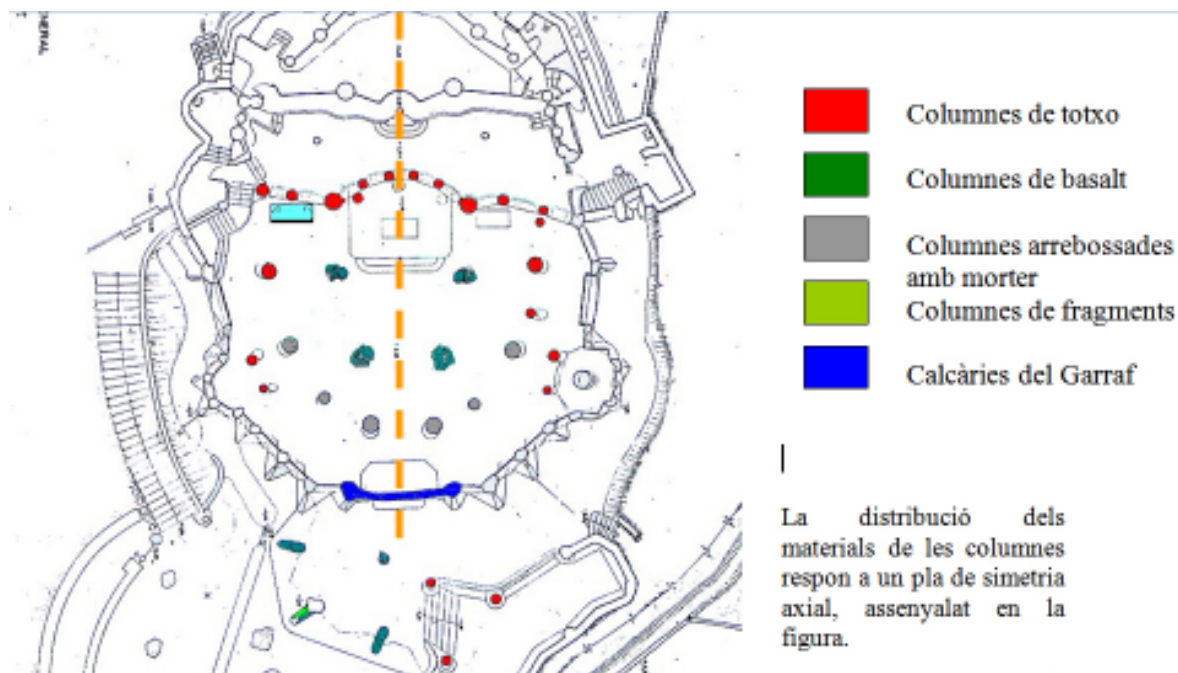


Figura extreta de l'informe de 2001 dels mateixos autors.

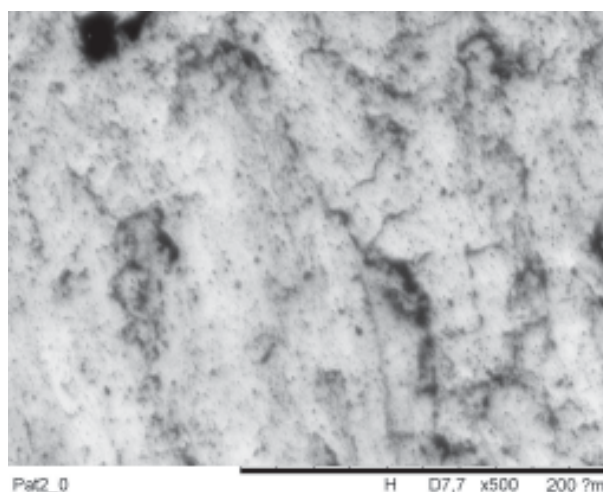


Les columnes formades per pedra basàltica es troben situades a la zona central de la nau i, en total, n'hi ha quatre. El basalt és una roca ígnia formada pel refredament de lava volcànica, durant el qual es contrau formant fissures en el gruix de la colada encara calenta, que donen lloc a una morfologia de columnes prismàtiques de secció pseudo-hexagonal. Les peces usades en l'església, procedent de la colada de Castellfollit de la roca, són producte d'aquest refredament i, per tant, els costats no són producte del treball de la pedra, sinó del citat refredament.



Aspecte del front de la colada de basalt de Castellfollit de la Roca, en la que es veuen les

columnes basàltiques que formen la nau estan dividides en tres peces (base, fust i capitell), separades per juntes de plom en molt bon estat de conservació, atesa la durabilitat del plom, un metall gairebé noble. Les anàlisis realitzades amb microscòpia electrònica mostren que es tracta només de plom, sense cap altre element associat com a aliatge.



Una altra tipologia de columna és la formada per totxos. Presenten una secció circular i es troben revestides fins a l'altura de l'arrambador amb el mateix morter i lliscat que forma el paviment de la nau.



En aquesta imatge també s'hi observa la columna d'un diàmetre inferior a les interiors formada per totxos corbats.

Nervis de les voltes

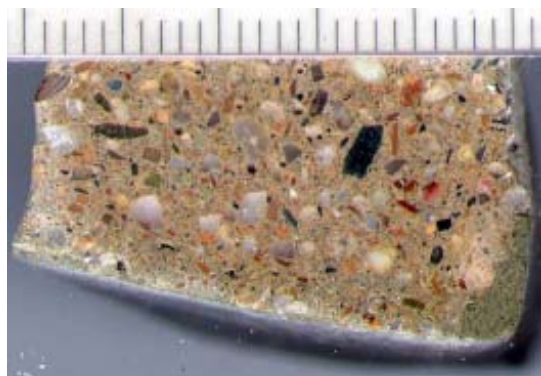
Alguns dels nervis de l'interior de la nau (realitzats amb peces de totxo ceràmic) presenten diferents decoracions. Part dels nervis situats al costat de l'Epístola presenten un acabat format per un volum d'un morter de color gris que dona una forma arrodonida, similar a les decoracions dels arcs que s'han descrit per a l'atri. D'altra banda, hi ha zones on els acabats dels nervis es troben totalment nus, amb totxo ceràmic. En la capella lateral, els nervis presenten també amb una reconstrucció volumètrica donant l'esmentada forma arrodonida en aquest cas però en color blanc.



En un informe realitzat pel mateix grup de treball l'any 2003 es van estudiar els diferents acabats que s'observen en els nervis de la zona d'entrada i d'un costat de l'interior de la nau. A partir d'una mostra extreta d'un dels nervis es va constatar que el volum de la decoració es va realitzar amb morter de calç



fortament hidràulica (ciment ràpid o similar) amb àrid arrodonit de quars i feldspats. Pel que fa l'acabat superficial de color gris, està realitzat amb morter de ciment pòrtland amb àrid molt fi i allisat superficialment, com el paviment i l'arrambador.



A la zona d'entrada a la nau hi ha un nervi transversal i un de radial decorats, també amb color gris, però en el que s'hi nota més treball ja que un d'ells no només té una forma arrodonida, sinó que amb algunes cares planes es defineixen arestes. D'aquesta zona també es va extreure una mostra on es va observar que el material per a la reconstrucció volumètrica era lleugerament diferent, ja que l'àrid era totalment silícic i amb morfologies anguloses. Pel que fa a l'acabat gris, com en el cas anterior, està realitzat amb morter de ciment pòrtland amb àrid fi i lliscat.

D'aquesta zona també es va extreure un morter d'una petita fissura, que com es pot observar en la imatge adjunta, és lleugerament diferent: presenta una mida de gra més grollera i és un morter de ciment pòrtland. D'altra banda, un dels nervis presenta una decoració realitzada amb peces ceràmiques treballades in situ per formar arestes.



Acabats

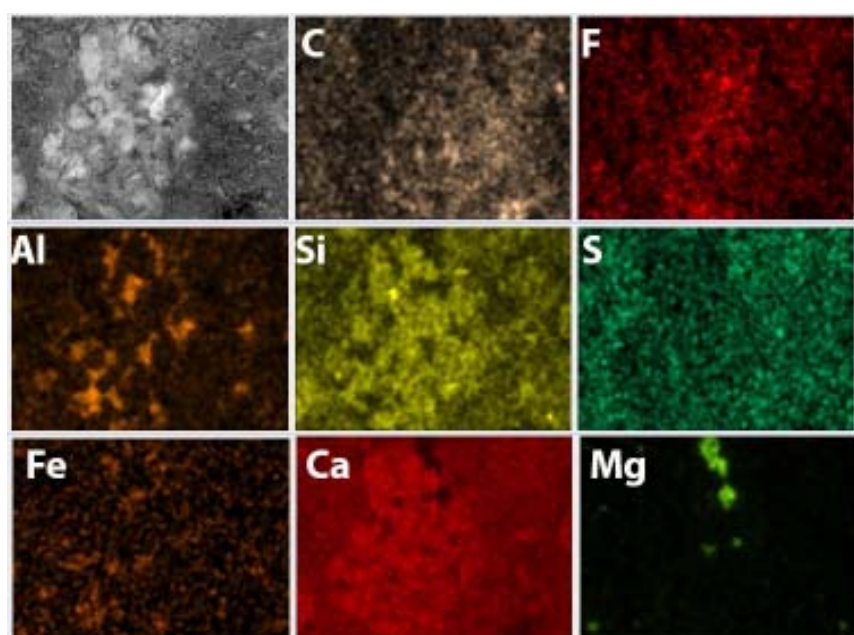
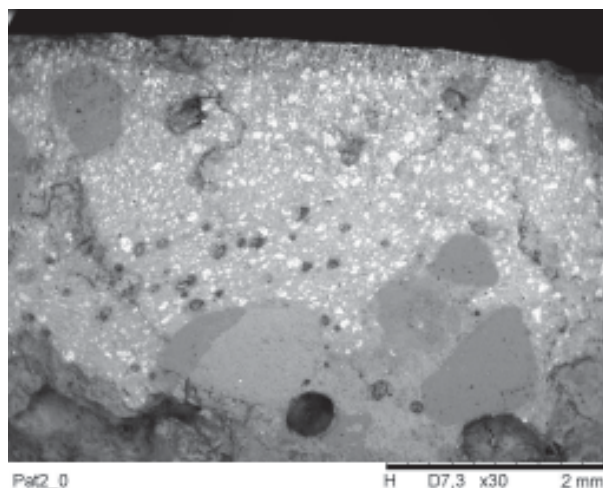
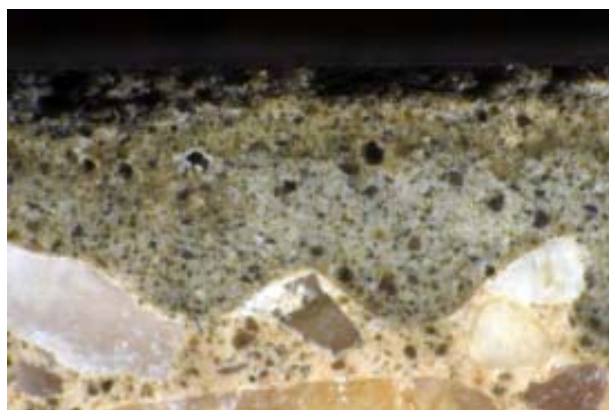
En aquest apartat es presenten amb cert detall alguns dels acabats dels paraments i voltes que s'han esmentat en seccions anteriors. La raó de diferenciar-los de la resta de materials rau en la singularitat d'algunes de les superfícies, a les que intencionadament se'ls va donar una textura específica amb materials i tractaments singulars. Per això, es discutirà en profunditat per una banda, l'acabat dels paraments i paviment interior, que s'estén a altres punts, com el banc i la superfície superior de la base de les columnes, ambdues de l'atri, i per altra, la textura del revestiment de les voltes i arcs del porxo i atri.

Morter de ciment lliscat



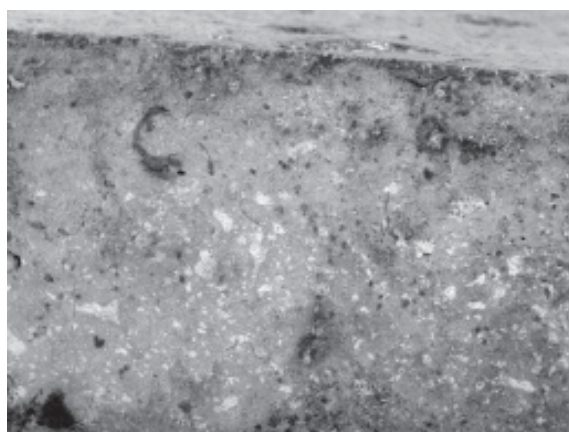
Aquesta mena d'acabat es troba en diferents elements tant de l'interior com de l'exterior. En l'atri està sobre el banc i en la part superior dels basaments de les columnes, mentre que en l'interior afecta a tot el paviment (cor inclòs) i es perllonga formant l'arrambador i el revestiment d'algunes columnes fins una alçada que coincideix amb la de l'arrambador. S'han estudiat mostres de diversos punts exteriors i interiors, una de les quals es va recollir en la campanya de 2001 i correspon a l'arrambador original que es va refer en la restauració de l'any següent.

En tots els casos, l'acabat consisteix en una capa fina d'entre dos i tres mil·límetres de gruix, de morter de ciment pòrtland lliscat, amb àrid molt fi (de mides entre 100 i 5 micres) de grans d'un compost que conté fluorita (CaF_2), a més de silicats i òxids de ferro.



Imatge i distribució elemental d'un dels granets que formen l'àrid.

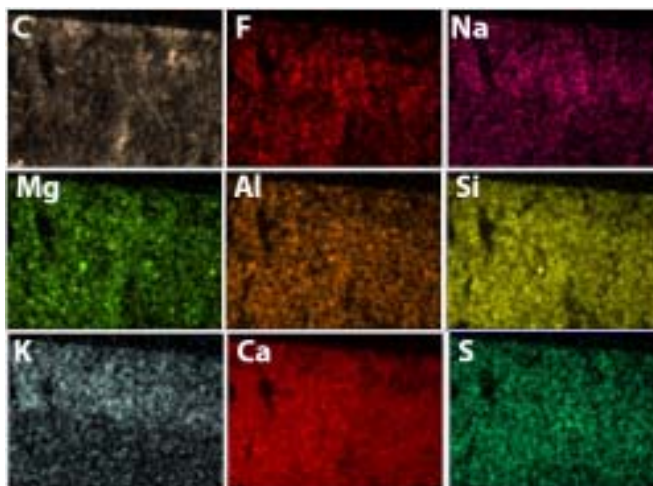
L'observació detallada d'aquest nivell de ciment permet identificar-hi dues capes que es diferencien pel to de color, alhora que per certa diferència de composició: la més externa és igualment de ciment, però més rica en sodi i potassi, com



Pat2_0

HL MD7,4 x80 1 mm

es pot veure en les imatges adjuntes i els mapes de distribució elemental.



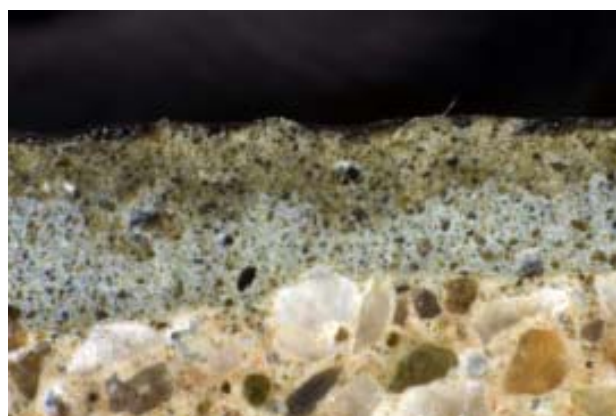
Secció d'una mostra amb aquesta capa d'acabat observada en microscòpia òptica -secció polida- i electrònica -secció de fractura fresca-.



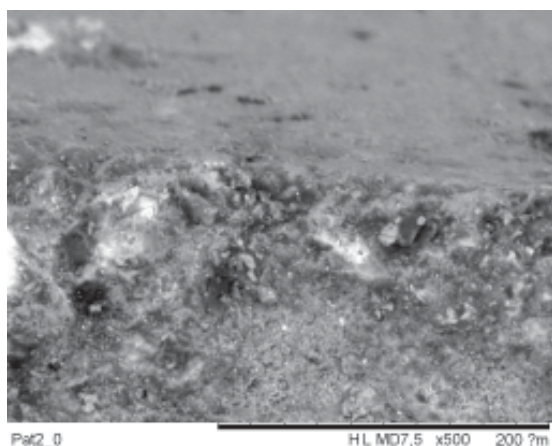
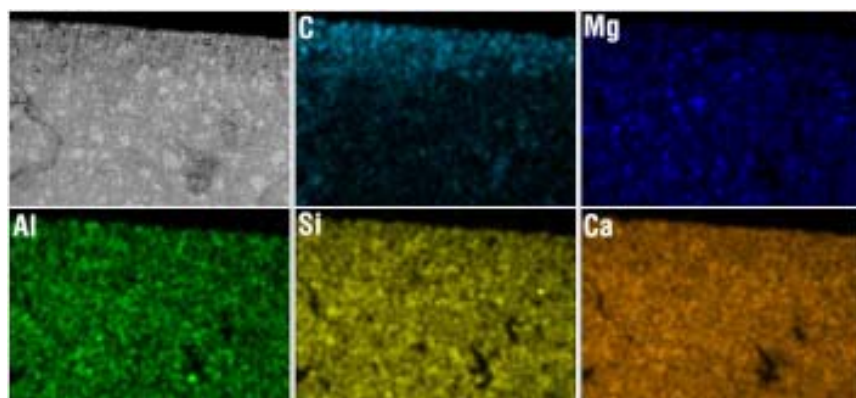
Diferenciació de les capes per fluorescència sota excitació amb llum ultraviolada de 395 nm

Aquestes dues capes també es diferencien per la seva fluorescència sota excitació amb llum ultraviolada de 395 nm, com mostra la següent figura.

És a dir, totes les dades porten a proposar que es tracta de dues capes de morter molt fi de ciment aplicades de forma gairebé immediata, una després de l'altra. La irregularitat de la interfase entre ambdues així ho suggereix.



En superfície d'aquesta capa es detecta un nivell ric en carboni que, observat tant en microscòpia òptica com electrònica, mostra una textura diferent. D'altra banda, les anàlisis amb microespectrometria infraroja indiquen la



Pst2_0

HL MD7,5 x500 200 ?m

presència d'una cera. La lògica, juntament amb les dades analítiques, suggereixen que en aquest acabat un cop endurit s'hi va aplicar una cera amb la doble voluntat de segellar els porus i alhora aportar certa lluïssor a la superfície. Davant la possibilitat que la cera trobada en les mostres de terra fos una aplicació de manteniment en el decurs de la neteja habitual, s'ha investigat la mostra de l'arrambador obtinguda a certa alçada i estreta el 2001, a la qual corresponen algunes de les dades analítiques mostrades en aquest apartat.

Aquest tractament d'acabat redueix notablement la porositat superficial del morter, la qual cosa resulta rellevant en el cas dels paraments (arrambador) i del paviment. El tractament superficial amb cera contribueix decisivament al tancament dels porus que donen accés a l'interior del material. De fet, a causa d'això, el front de carbonatació no ha penetrat més enllà de 2 mm al llarg del segle d'existència d'aquests morters.

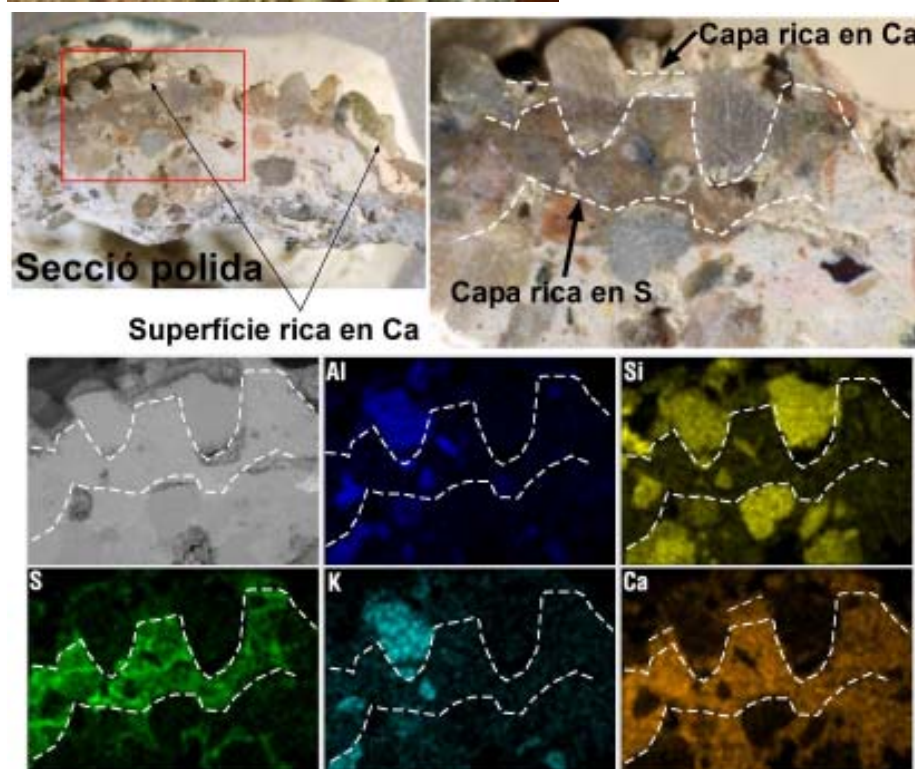
Textura del morter de les voltes, columnes i arcs

En diversos punts de l'exterior s'ha detectat un acabat consistent en una textura granuda formada per grans de sorra que sobresurten de la superfície del morter. En molts altres casos aquest és un efecte resultant de la pèrdua de lligant causada per l'alteració del lligant (calç, guix o ciment), però en aquest cas es constata analíticament que es tracta d'un efecte volgutament creat. Com s'ha dit més amunt, aquest es troba en les voltes de l'atri i del porxo, en els arcs entre aquestes i en algunes juntes de les columnes.



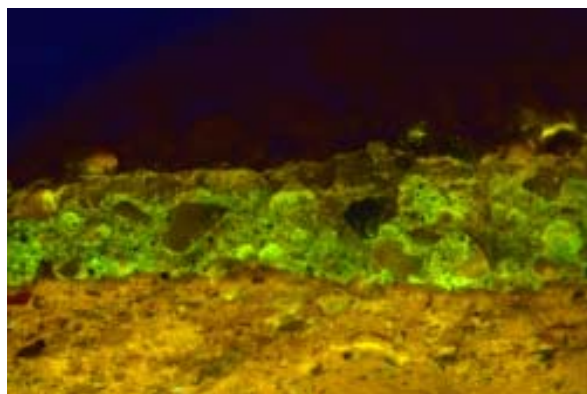
En els punts on s'ha observat aquest acabat i s'han extret petites mostres es pot observar que els grans de sorra superficials estan disposats sobre un nivell de calç ric en guix que, alhora, conté material proteic. En la següent infografia

s'han representat les dades més significatives d'una mostra de la columna central del porxo.

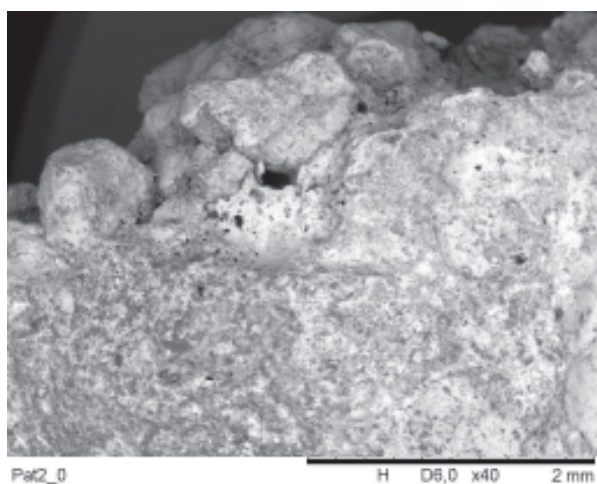
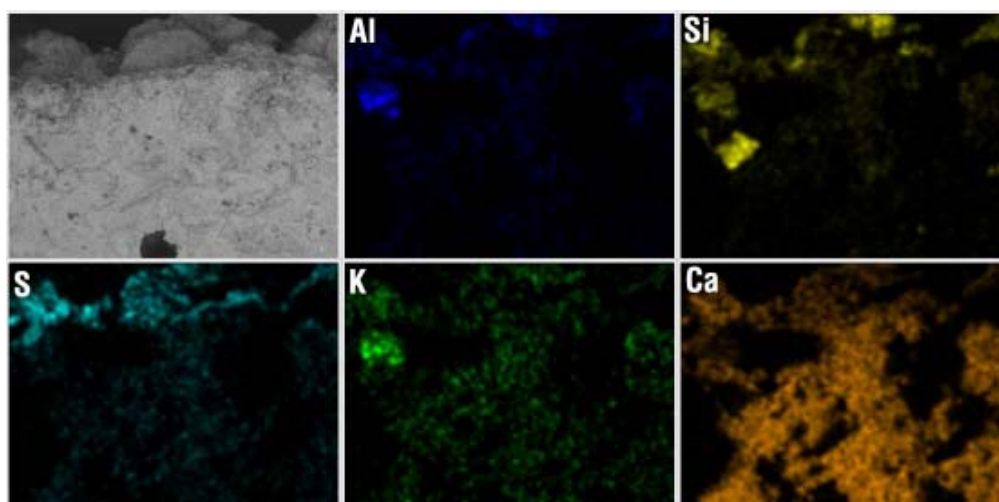


Mostra de la columna central del porxo.

Similarment, en una mostra d'un dels arcs de l'atri s'ha observat que sobre el morter ràpid que fa la preforma de la decoració, es va aplicar un nivell de 2-3 mm de morter similar al d'acabat lliscat abans descrit. Però en aquest cas dopat amb una proteïna (probablement cola animal), probablement



per augmentar la seva adherència sobre un material situat al sostre, com ho mostra la seva intensa fluorescència ultraviolada. Aquesta proteïna també ha estat detectada per espectroscòpia infraroja. Noteu, a més, que la capa més externa mostra una fluorescència diferent a causa de la presència de guix (detectat també per microscòpia electrònica).



A la vista d'aquestes dades, sembla que el procediment per generar aquesta textura superficial devia ser l'aplicació d'una capa de guix i calç fortament additivada amb cola, sobre la qual disposar un llit de sorra amb una lleugera pressió, de forma que alguns grans hi quedaven adherits, suficients per donar lloc a la textura descrita.



Encintats

Tot i que ja s'ha esmentat anteriorment, cal citar com acabat específic els encintats que ressegueixen les juntes de les cares amb diorita (roca verdosa) de la columna central del porxo. Es tracta de morter de color blanc aplicat sobre el de junta i adhesió de les peces de pedra, en la composició del qual s'ha detectat gruix i dues fases de carbonat de calci, calcita i vaterita. Aquesta darrera es forma en presència de material orgànic (en aquest cas una proteïna) que col·labora en la carbonatació de la calç i dona lloc a un material molt més dur i durable que la sola calç aèria.



També es pot veure una mena d'encintat en la fàbrica irregular de pedra que forma la barana exterior que puja a l'esquerra del porxo d'entrada. En aquest cas es tracta de morter de ciment pòrtland amb sorra silícia, que és l'àrid usat en totes les juntes de l'església. Les anàlisis han detectat les fases de l'àrid (quars, feldspats i alguna mica biotita), calcita i restes de fases del clinker sense



hidratar (alita), segons la composició que es mostra a continuació expressada en percentatge en pes.

Quars (SiO_2)	69
Alita (Ca_3SiO_5)	12
Calcita (CaCO_3)	9
Ortòclasi (KAlSi_3O_8)	4
Albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)	3
Biotita (mica)	2

Ni aquestes dades ni l'estudi sota el microscopi porten a pensar que el morter estigui additivat.

Resum de materials

Com s'ha vist al llarg dels apartats precedents, la complexitat dels materials selectivament emprats en els diversos elements constructius, d'acabat i decoració és elevada, tot i que segueixen un cert patró. Per una millor comprensió del conjunt, en aquest apartat es presenta un resum dels materials de construcció i decoració, així com dels usos de cada un d'ells.



Porta de calcària de Garraf a la planta superior de l'església.

Pedres

La varietat de pedra és relativament limitada en l'església. Es constata la presència de calcària del Garraf (on les empreses de Güell hi tenien activitat extractora), emprada formant l'emmarcament de la porta d'entrada a l'actual església, així com la que hagués sigut l'accés a la nau superior. També s'identifica basalt de Castellfollit de la Roca,

formant les columnes pseudo-hexagonals de refredament de la colada, constituïdes per tres peces amb juntes de plom entre elles. I finalment, hi ha pedres d'una mena de bretxa (probablement també del Garraf) formant el mur posterior de l'atri. A aquesta llista caldria afegir els fragments de diorita (pedra verdosa) de la columna central del porxo.



Columnes pseudo-hexagonals de refredament de la colada de basalt de Castellfollit de la roca.



Exemples de bretxa que formen el mur posterior de l'atri.



Altres materials

A més de les pedres esmentades, en la formació de paraments, voltes i columnes hi ha ceràmica, sigui en forma de totxo massís (de 4 o 5 cm de gruix) o rajola (2 cm de gruix), formant paraments, voltes de maó de pla, columnes i decoracions varies. Ressalta, per singular, l'ús de peces ceràmiques "passades" de cuita, és a dir, cuites a un excés de temperatura, el que ha donat lloc a la vitrificació de la pasta i, sovint, a la deformació de la peça. Moltes presenten colors que oscil·len entre el marró fosc i el negre a causa del desenvolupament



de fases tipus espinell, com la magnetita, provocades de la reducció parcial dels àtoms de ferro a l'interior de la massa fosa.



P e c e s
ceràmiques
"passades"
de cuita.



Barrejades selectivament amb la ceràmica, hi ha fragments negres, molts d'ells vitrificats, amb nombrosos vacúols. Es tracta de material artificial procedent d'escòria de fosa que possiblement (com la ceràmica massa cuita) devia atraure l'atenció de Gaudí per les formes, colors i evidències de fusió.



Material
artificial
procedent
d'escòria
de fosa.

Caldria esmentar també la ceràmica vidriada i el vidre de diferents composicions, colors i textures que formen els mosaics de trencadís. En tots els casos els vidriats són de silici plom, mentre que els vidres que es van analitzar l'any 2001 eren alcalins, és a dir amb fonent de potassi o sodi, per bé que -atesa la varietat de colors, formes i mides- podria ser que també hi hagués vidres amb fonent de plom. Cal recordar que es tracta de trencadís que aprofita fragments de diverses procedències.

Morters



Junta de morter de ciment pòrtland de la fàbrica de totxo i escòria dels paraments exteriors.

De forma general es constata l'ús sistemàtic de ciment pòrtland en tota la construcció, probablement perquè Güell ja tenia en marxa la seva fàbrica al Clot del Moro des de 1904 i, per tant, aquest era un material fàcilment disponible (i que no calia adquirir explícitament). Nogensmenys, tot i ser molt majoritari, aquest no és l'únic lligant dels



Lliscat de morter de ciment en el cor de l'església, que abasta la totalitat de la nau, l'arrambador i revesteix parcialment algunes de les columnes.

morters emprats en l'església. Ja s'ha comentat l'ús de calç fortament hidràulica (ciment ràpid) per a la preforma de bona part dels volums decoratius: bases de les



Base de ciment ràpid que forma els volums de la decoració dels arcs.

columnes de l'atri, relleus dels arcs, relleus de les alfes, omegues, creus i peixos.



I finalment, hi ha molts acabats fins fets amb calç aèria, en general additivada amb material proteic (cola) per augmentar la seva capacitat d'adherència, alhora que un millor enduriment: aquest és el material dels encintats de la columna central del porxo i el d'acabat dels volums decoratius abans esmentats.



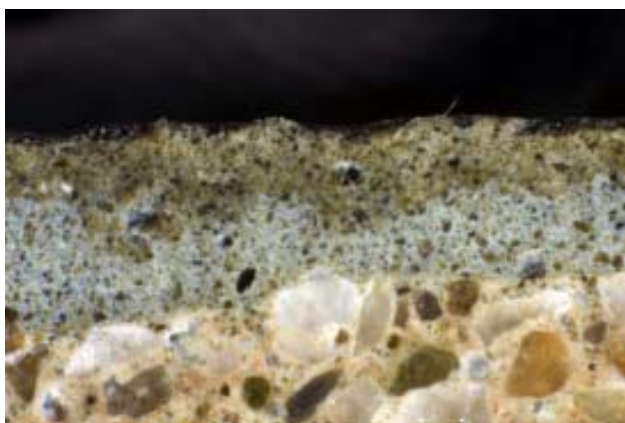
Calç aèria additivada formant el marc d'algunes finestres i els relleus decoratius.

Pel que fa a l'àrid, en la majoria d'aplicacions s'ha emprat la sorra silícica comunament utilitzada a la zona barcelonina al llarg de gran part de la història, molt probablement extreta de les platges del Maresme, per bé que no és l'únic origen possible per aquest material. És una sorra formada majoritàriament per grans de quars, juntament amb alguns feldspats i roques

metamòrfiques i, ocasionalment, alguna mica biotita. La morfologia sol ser subangulosa a causa del limitat transport des de l'àrea font (serralada Litoral) fins a la costa.

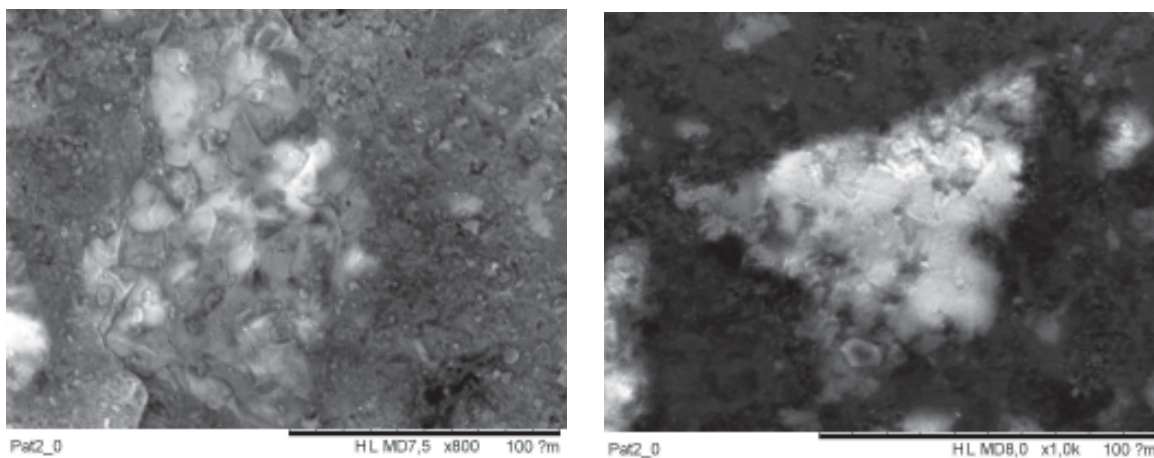
Per a la formació de morters de textura fina (com els revestiments d'acabat, per exemple) s'ha observat un àrid

molt fi, de mides inferiors a 100 micres, de color negre, en quina composició s'ha detectat fluorita, òxids de ferro i diversos silicats, com s'ha explicat en la descripció dels acabats lliscats. Es desconeix el possible origen d'aquest material, que no sembla natural sinó el subproducte d'algun procés industrial (possiblement



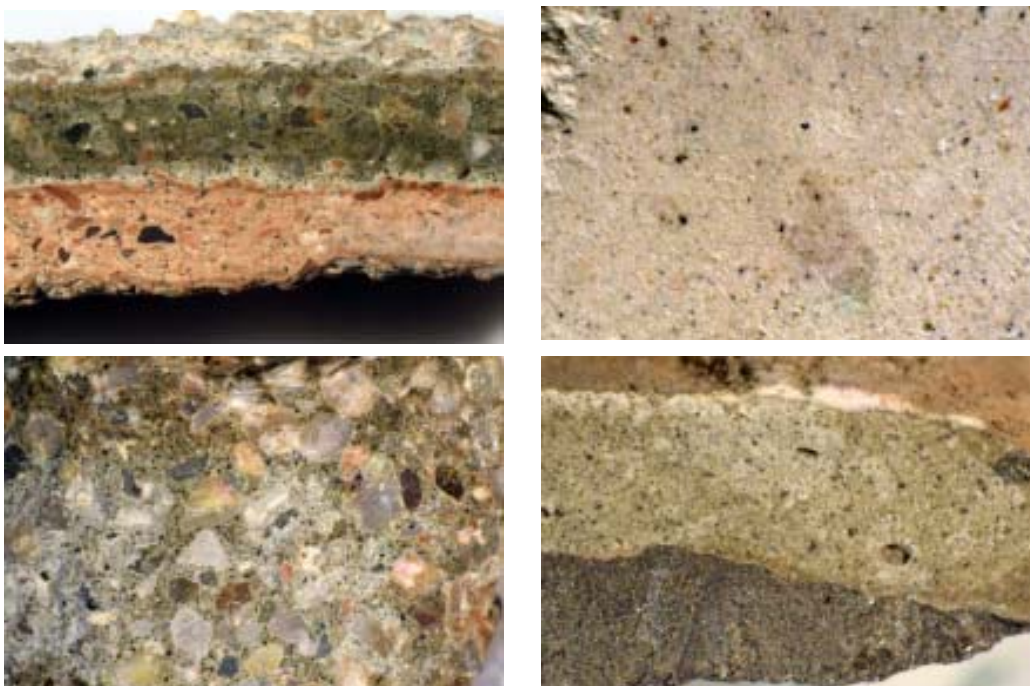
Imatge d'una capa fina de morter que només conté aquest àrid

metal·lúrgic), d'acord amb la morfologia granulosa i heterogènia dels grans que el formen.



Detalls dels grans que formen l'arid observats en microscòpia electrònica de rastreig.

Aquest material és present com a càrrega en els acabats lliscats de morter de ciment, però també se'l troba barrejat amb la sorra sílicia abans esmentada en altres morters, siguin de ciment o de calç dopada, com es pot veure en els següents exemples, on els granets diminuts es situen entre els de sorra de molt major talla, donant lloc a una granulometria amb dues mides dominants.



Sistemes constructius

Més enllà del que es pot apreciar des de l'exterior dels paraments, voltes, arcs i columnes, en aquest apartat es vol aprofundir en l'estructura de la construcció. Per això s'han dut a terme exploracions no invasives amb magnetòmetre i amb georadar d'impulsos (GPR Ground penetrating radar). El primer permet la detecció de metalls en profunditat, embeguts o no en l'estructura, mentre que el radar analitza un perfil fins a certa fondària (depenent de la freqüència emprada) que permet diferenciar masses amb diferent comportament dielèctric. Amb les dades d'ambdues tècniques combinades, juntament amb les anàlisis efectuades de diversos materials, les inspeccions que s'han dut a terme i la lògica constructiva, es formulen algunes hipòtesis sobre l'estructura dels paraments, voltes i columnes, així com del sistema constructiu en general.

Paraments

La cara exterior dels paraments mostra una fàbrica



relativament regular de totxo ceràmic, que es transforma en paredat força irregular en les zones amb fragments d'escòria. Per la cara interior es percep fàbrica de totxo similar a l'exterior combinada amb zones de paredat de pedres, en les que la franja

inferior està arrebossada amb el morter lliscat abans esmentat.

S'han fet tres perfils de radar horitzontals als paraments, a una alçada aproximada d'un metre (per tant en la zona arrebossada), un de 5 m de llargària al costat de l'epístola i dos pràcticament seguits al costat de l'evangeli, com es pot veure en la següent figura. Aquests perfils s'han fet amb una antena de 400 MHz, que permet assolir entre 2 i 3 m de profunditat, el que supera de llarg el gruix dels murs, que oscil·la entre 70 i 120 cm a l'alçada a la que s'han fet els perfils.



En els tres casos, es detecta una capa d'uns 40 cm massiva i uniforme, seguida d'una altra més heterogènia fins assolir el total del gruix dels paraments. Aquesta dada és coherent amb el que es pot observar en la perforació amb corona cilíndrica que es va fer anys enrere en un punt del mur interior fins una fondària d'uns 35 cm, a través del qual es veu una massa de formigó relativament uniforme. El testimoni extret

l'any 2002 mostra que darrera una capa d'arrebossat de morter de ciment, hi ha formigó, igualment de ciment, que engloba fragments informes de material ceràmic passat de cuita. Aquesta massa homogènia és la capa de 40 cm aproximadament detectada amb els perfils de radar. És probable, que la resta de gruix dels murs sigui la zona de materials que es poden veure des de l'exterior: paredat amb material heterogeni amb morter entremig.



És a dir, els murs tenen la tradicional estructura de tres fulles en les que les dues exterior i interior actuen pràcticament d'encofrat perdut del reblert, que en aquest cas és de formigó de ciment pòrtland.

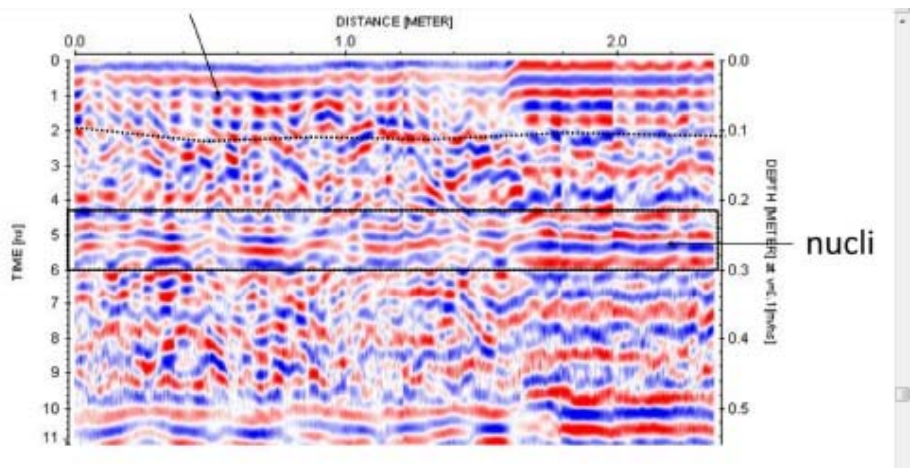
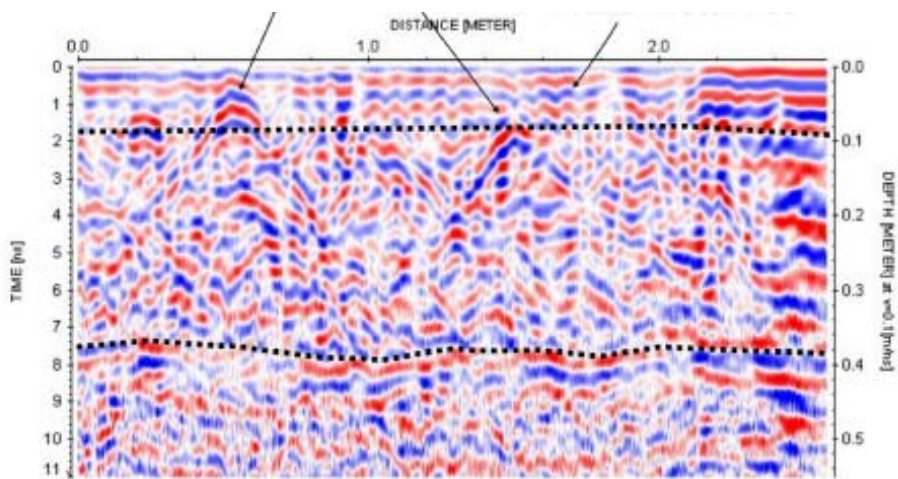
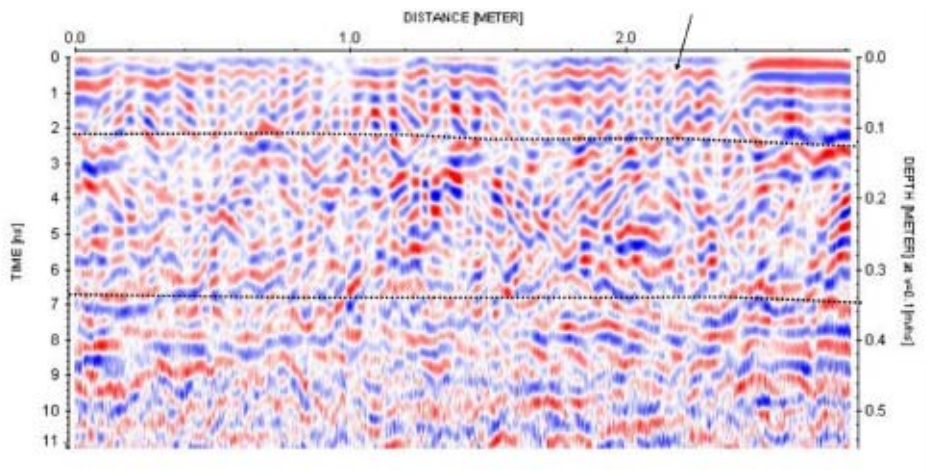
Columnes

Similarment a les inspeccions fetes en els murs, s'han realitzat perfils verticals de georadar en cada una de les diferents tipologies de columnes existents al porxo, atri i interior de l'església. En aquest cas s'ha usat una antena de 1.600 MHz, que assoleix menor fondària, uns 50 cm, amb una major resolució. Els perfils s'han fet verticalment, seguint la direcció



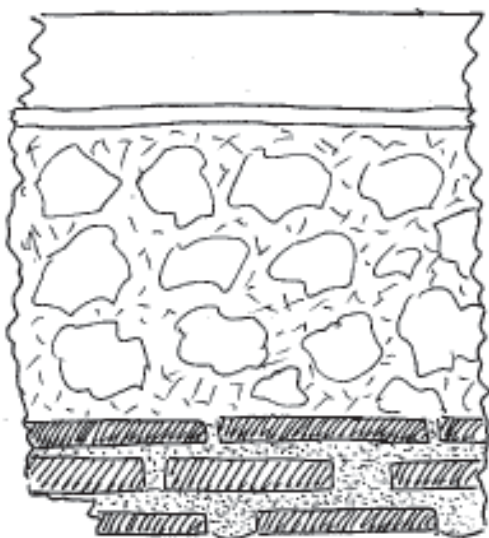
de l'eix de les columnes, des de baix cap a dalt. Les columnes analitzades es poden veure en la planta adjunta. Per raons òbvies, les columnes de peces de basalt no van ser inspeccionades, atesa l'evidència de la seva estructura.

De les columnes interiors de fàbrica de totxo parcialment arrebossades fins a certa alçada, s'han fet inspeccions a dues d'1 m de diàmetre i una de 70 cm, així com una de l'atri de totxo vist de 60 cm de diàmetre. En les de 60-70 cm es detecten discontinuïtats cada 10-12 cm, el que suggereix la presència de peces de totxo de gruixos d'aquest ordre, probablement disposades en plans a trencajunt. En diversos dels radargrames (Nos. 4, 5 i 6), a més, es detecten irregularitats de poca profunditat que semblen correspondre a les juntes entre els plans de peces ceràmiques. Aquestes dades suggereixen que aquestes columnes estan fetes de fragments de totxo ceràmic adequadament tallats per tal de configurar un perímetre circular el més continu possible.



Voltes

Es disposa d'informació de les voltes de l'atri, en les que es va obrir una cala l'any 2000 aprofitant el forat de pas de la xemeneia d'una antiga cuina que es va col·locar en aquest espai durant la guerra civil. Les dades assolides permeten proposar la seva extrapolació a la resta de voltes del mateix atri i del porxo, i amb algun dubte, a les de la nau de l'església.



Seqüència constructiva de les voltes de l'atri, imatge extreta de l'informe del mateix equip de recerca d'abril de 2000.

La cala oberta i les anàlisis dels materials extrets van permetre establir que les voltes estan fetes de tres fulles de rajola plana agafades amb morter de ciment portland (similar disposició que les tradicionals voltes de maó de pla). En aquest cas, la col·locació de la primera fulla es devia fer sobre les generatrius rectes dels paraboloides hiperbòlics. Sobre aquest nivell de tres gruixos hi ha una capa de formigó i damunt d'aquesta, la coberta, actualment modificada per la col·locació de les làmines de zinc.

Volums decoratius

En diversos punts hi ha volums afegits que formen part de la decoració interior o exterior, alhora acabats amb trencadís de ceràmica i/o vidre o morter lliscat.

En els casos de les alfes, omegues, peixos i creus que decoren l'exterior, la forma del volum està aconseguida amb morter hidràulic de calç, probablement equivalent a un ciment

natural o ràpid, per damunt del qual es va disposar una capa de morter de calç aèria additivat amb material proteic (cola animal), sobre el qual encara tendre s'hi van anar adherint les peces de vidre que dibuixen les formes citades, amb cola disposada en la seva cara posterior (en contacte amb el

morter). La pressió exercida al col·locar aquestes peces sobre el morter encara tendre va fer que aquest desbordés lleugerament per les juntes entre vidres. D'aquesta manera, cada peça quedava fixada químicament per la capacitat adherent de la cola, alhora que mecànicament pel morter que desborda les juntes.



En els casos dels arcs del porxo i atri i els nervis de la nau, els volums estan fets indistintament amb morter de calç hidràulica com el que s'ha esmentat en la paràgraf precedent o amb morter de ciment pòrtland. És possible que hi hagués una evolució d'un material a altre, com s'ha constatat pels acabats (emmarcaments) de les fines exteriors d'un i altre costat de l'església. En aquest sentit, s'ha comprovat que els volums dels nervis interiors són sistemàticament de ciment,

mentre que els de l'atri i porxo són de calç hidràulica posteriorment revestida d'una capa molt fina de morter de ciment.

Sistemes de desguàs

En aquest apartat s'analitza els sistemes de recollida i expulsió d'aigua, tant de la que cau directament en esdeveniments de pluja, com la d'escolament del terreny.

Recollida d'aigües pluvials

L'església, en tant que inacabada, no disposa d'una coberta pròpiament dita i en canvi, té una terrassa en la part superior construïda sobre un forjat sanitari amb cambra d'aire. D'altra

banda, els paraments de façana són murs inclinats amb un fort pendent que, segons els dibuixos de Gaudí, haurien tingut continuïtat fins formar una coberta de forma contínua. Així doncs, la major part de les aigües pluvials impacten directament a la terrassa, des de la qual s'avoquen a diverses gàrgoles que, alhora, llencen l'aigua a un canal que recorre el perímetre nord de l'església. S'ha detectat alguna gàrgola, com la que es mostra en la fotografia adjunta, quina vertical va al peu del parament i per tant, mulla parcialment la base d'aquest. D'altra banda, la pluja que cau a la part davantera, sobre les antigues escales, el porxo



Canal de desguàs al perímetre nord de l'església.

o l'atri, es conduïda cap a la part inferior aprofitant les cobertes de zinc que cobreixen aquestes zones.



Atesa la geometria dels paraments, resulta evident que part de l'aigua de pluja impacta sobre aquests. La fàbrica que els forma és un material porós, especialment les juntes de morter, de manera que una part de l'aigua que escola per la seva superfície és absorbida per capilaritat a través de les juntes (en aquest procés, ni l'escòria ni la ceràmica participen significativament). Cal assenyalar que els murs tenen un gruix notable, probablement reblert de formigó i és probable que la idea de Gaudí pel que fa a l'aigua de pluja fos que, tot i penetrar a l'interior dels murs, el seu enorme gruix n'absorbiria una bona part i difícilment arribarien a la cara interna, sinó que s'evaporaria abans d'assolir l'interior. Tot i això, si

arribés a la superfície interna, el morter de l'arrambador està allisat i recobert de cera i per tant, la seva porositat és pràcticament nul·la, de manera que en cas de contingència, encara hi hauria el morter d'acabat interior com barrera física per a l'aigua que hi arribi.

Recollida d'aigües d'escolament

L'església està situada en un terreny amb un lleuger pendent, que a les zones nord i oest aboca l'aigua d'escolament cap a l'edifici. Al costat est hi ha la rampa i les escales actual d'accés a la terrassa i el sud està protegit pel porxo i les antigues escales amb coberta de zinc i el paviment de la zona d'entrada.

La zona de recepció nord i est és un terreny argilós amb poc pendent. Tot i això, en cas de pluja intensa, deu escolar aigua vers els paraments de l'església. La zona nord aboca l'aigua al canal que recorre el perímetre de la nau (assenyalat en carabassa en la figura - vegeu pàgina següent) i aquest sembla prou profund i impermeabilitzat com per recollir i conduir les aigües adequadament. Nogensmenys, el costat oest (en groc a la figura - vegeu pàgina següent) condueix l'escolament a un canal ampli i molt poc profund, en contacte amb la base del parament de l'església (vegeu imatge superior dreta en la figura - vegeu pàgina següent). L'aigua



arriba a contactar amb el mur i filtra cap a l'interior: de fet es veu una intensa colonització d'algues a la cara exterior i evidents filtracions i sals a la cara interna. Prova evident de la disfunció d'aquesta zona. La banda inferior del costat oest queda protegida per una escala (en blau a la figura - vegeu pàgina següent) prou separada dels paraments com per permetre que l'aigua d'escolament hi arribi. En tot el costat est i nord-est hi ha l'escala construïda el 2002 per accedir a la terrassa, que per la part inferior enllaça amb el paviment de lloses de basalt situat al teu del campanar.

Disfuncions i problemes detectats

Els sistemes de recollida d'aigües pluvials, amb algunes fallades puntuals, funciona raonablement bé, tot i que cal un manteniment constant dels embornals per l'acumulació de pinassa dels pins que hi ha al voltant. També aniria millor si





algunes de les gàrgoles fossin 20 cm més llargues, de manera que ni els esquixos arribessin als paraments. Tanmateix, es detecta un punt en l'actual zona d'accés a la terrassa, en que el desguàs mulla el mur en no disposar de gàrgola ni de goteró. I finalment, en esdeveniments de pluges de certa importància s'acumula aigua al paviment del campanar, que podria filtrar cap a l'interior. En aquest sentit, es podria millorar la impermeabilitat de la part superior de les finestres, actualment arrebossada amb morter, que pot arribar a filtrar cap a l'interior.



Pel que fa a l'aigua d'escolament, cal fer especial esment de la zona oest, on el canal passa soterrat i la recollida superficial és força deficitària degut a l'amplada i poc pendent de la zona amb morter que, a mode de canal, recull l'escolament.



La diferència de cotes entre la part superior d'aquesta àrea i l'embornal inferior permet la formació d'un canal de certa fondària, raonablement separat del parament i correctament impermeabilitzat.



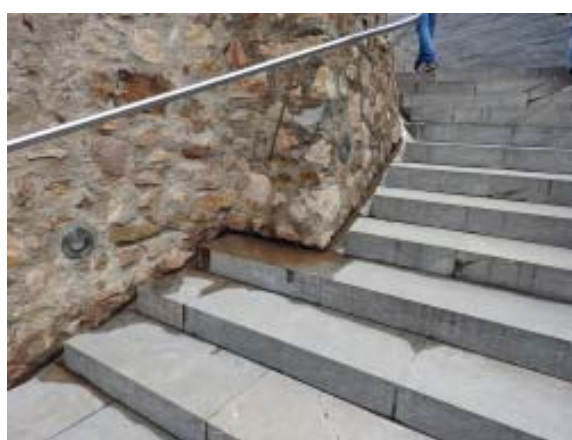
Per altra banda, la inspecció duta a terme el dia després d'unes pluges relativament intenses va posar de manifest diversos punts on l'aigua no s'evacua correctament, queda retinguda a tocar del parament i filtra a l'interior de l'església a causa de la diferència de cotes entre l'exterior i l'interior. Se'n mostren diversos exemples amb les corresponents fotografies.



Superfície exterior i intradós de l'escala que permet accedir a la zona posterior de l'església. Noteu que després de més de 12 hores de la darrera pluja, els graons mantenen aigua que no ha escolat cap a l'embornal que hi ha al peu de l'escala.

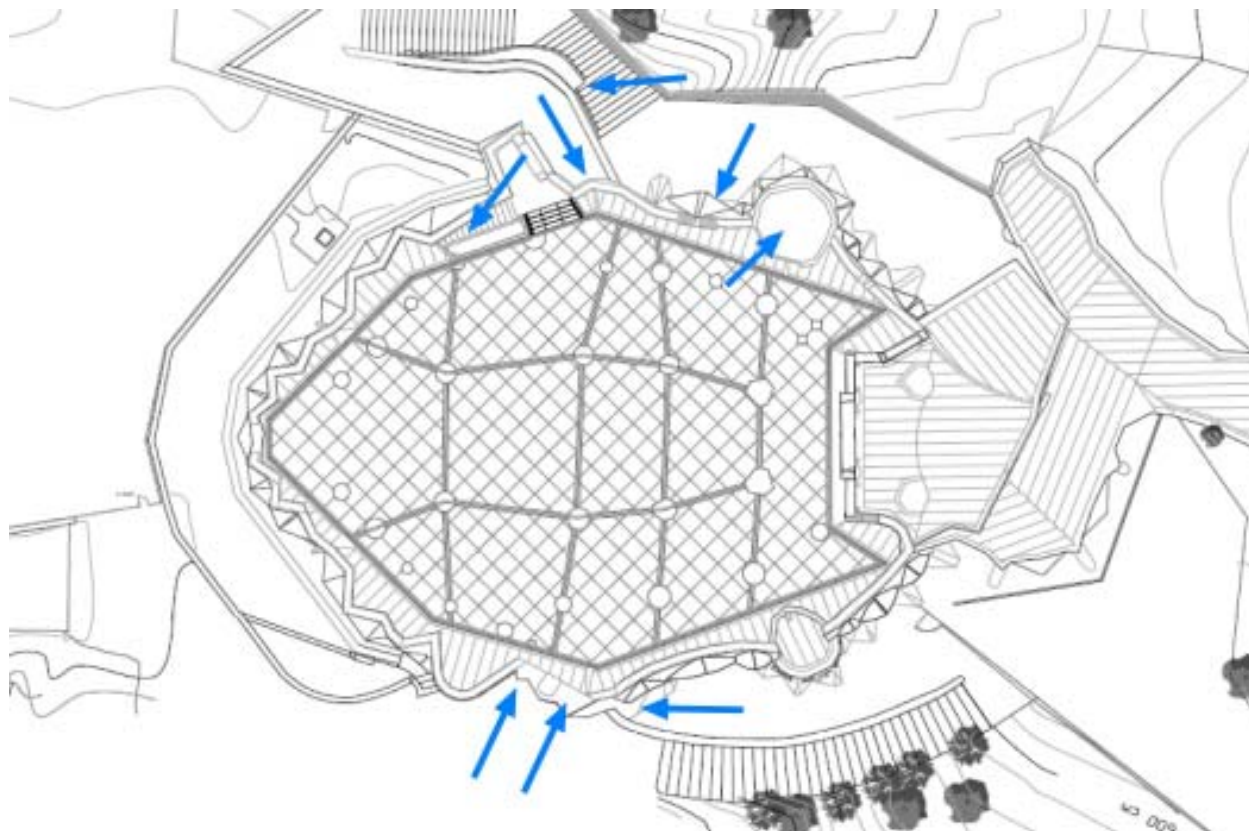


Les escales que voregen l'església per accedir a la terrassa tenen un canaló de desguàs adossat al mur. Part de l'aigua que escola per aquest penetra en el mur absorbida pel sistema porós dels materials del parament; noteu l'ascensió capil·lar que es pot veure al peu del mur. A més, en arribar a un canvi de pla, l'aigua es queda retinguda en el replà més ample i segueix mullant el parament.



Similarment passa amb el paviment pla que connecta l'atri amb les dites escales. Per la raó que sigui (però molt versemblantment pel pendent vers el parament), l'aigua s'acumula a tocar del mur i és absorbida per la capil·laritat del sistema porós del morter de junta.

En la planta de cobertes que podeu veure a la pàgina següent s'han assenyalat en blau les punts que s'han detectat com a problemes pel que fa a l'entrada d'aigua ocasional. Val a dir que aquests punts que s'han assenyalat com potencials entrades d'aigua des de l'exterior tenen una perfecta correspondència amb humitats i/o sals a la cara interna de l'església.



Planta de cobertes on s'han assenyalat en blau els punts que s'han detectat com a problemes pel que fa a l'entrada d'aigua ocasional.

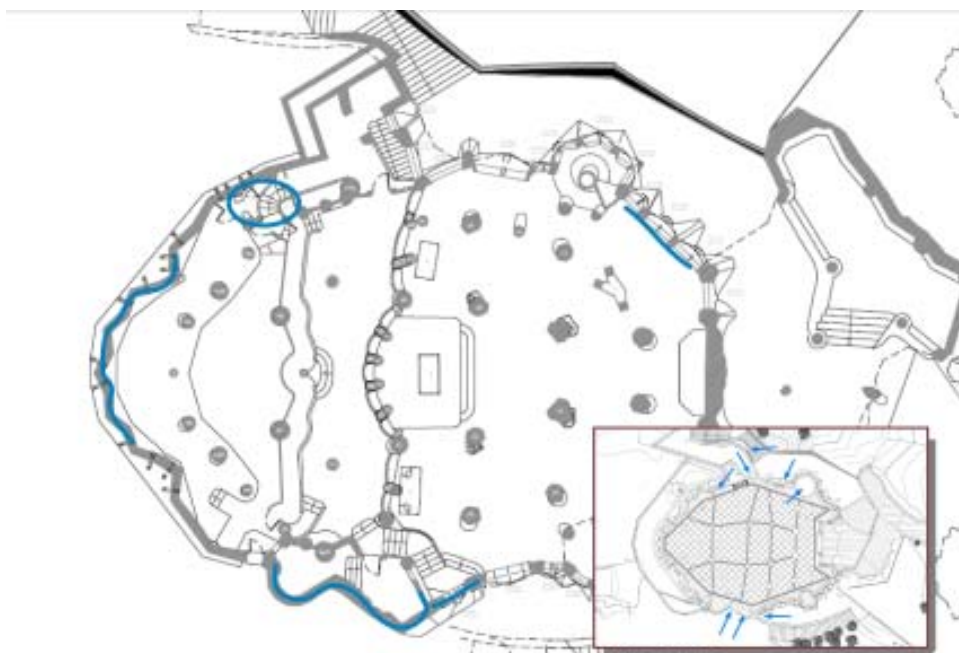
Danys observats

L'església presenta alguns danys i patologies, en part relacionats amb filtracions d'aigua incontrolades, en part per envelliment d'alguns dels materials de restauració emprats. Altres són de caire estructural. En aquest apartat es presenta una relació dels danys observats, amb les anàlisis necessàries per a la correcta interpretació, quan calgui i els comentaris pertinents en cada cas.

Humitats

Una inspecció superficial de l'interior de l'església posa clarament en evidència que hi ha, o hi ha hagut, entrades d'aigua que han causat problemes diversos, com les eflorescències de sals que es comentaran en el següent apartat. Les mesures d'humitat continguda en els paraments efectuades 12 hores després de pluges intenses (6 de novembre), mostren un lleuger increment d'aquest valor en les zones afectades respecte de les aparentment seques: 18% vs 10-12%. Això suggereix que, probablement, la humitat que filtra a través dels murs triga hores en assolir l'interior, si és que hi arriba. Podria ser que només afectés la cara interior en ocasions de pluges molt més persistents que les de primers de novembre d'enguany.

La distribució de les zones amb evidents humitats s'ha reflectit en la planta que es mostra en la figura adjunta, excepte les filtracions des de la coberta en la zona d'entrada,



en curs de solucionar amb una intervenció puntual en aquesta zona. Resulta il·lustrativa la coincidència de les zones amb humitats interiors amb els punts de filtració des de l'exterior que s'han comentat en apartats anteriors, que en la figura es mostren en un petit requadre.

Eflorescències



La presència de sals creixent en els paraments interiors es fa palesa en diversos punts en totes en las zones indicades en la figura anterior. Aquestes es relacionen amb la filtració d'aigua vers l'interior, que en assolir la cara interna dels murs, té lloc a través de les fissures del revestiment de morter de ciment; en la figura següent es poden veure aquestes fissures humides (més fosques) i la cristal·lització de sals en el perímetre dels polígons irregulars definits per les dites fissures.





Aquestes fissures, la geometria de les quals permet assegurar que són de retracció, són originalment imperceptibles, però el pas de l'aigua i, sobretot, la cristallització de sals, les eixampla fins produir el despreniment de part de morter a causa de la pressió de cristallització.

S'han recollit mostres de diversos punts on apareixen eflorescències, les quals s'han analitzat per difracció de raigs X i en tots els casos, las fases presents han estat les següents:

trona	- $\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -
afitalita	-(K, Na) $_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$ -
thenardita	- Na_2SO_4 -
mirabilita	- $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ -.



Aquestes fases són les mateixes que es van identificar en l'estudi que es va fer el 2001, tot i que aleshores es van recollir de zones diferents (com les voltes del porxo o de l'atri), actualment exemptes de sals amb alguna excepció.

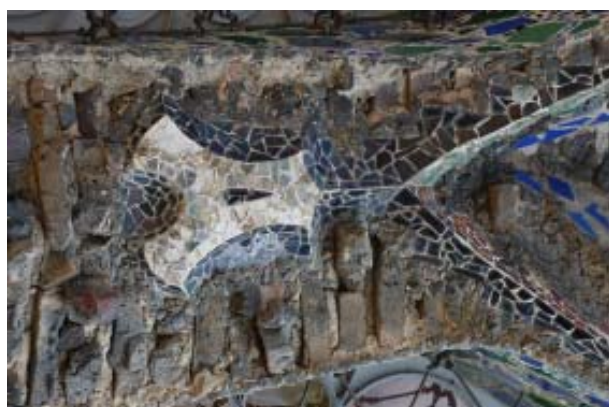
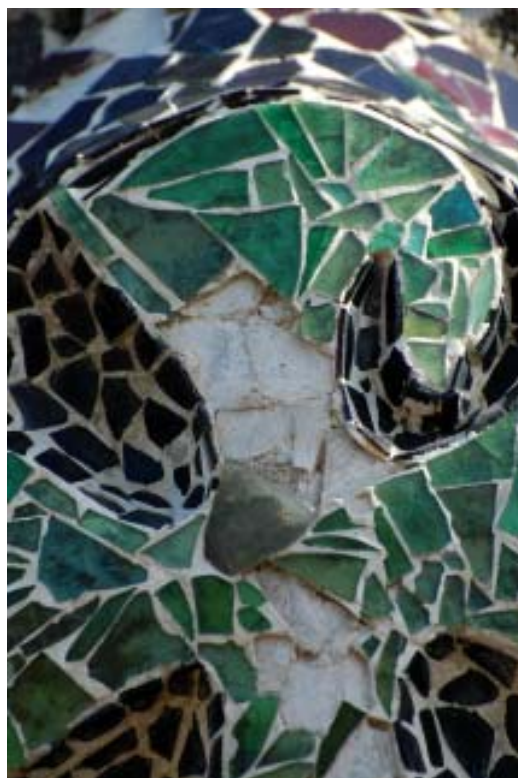
Majoritàriament es tracta de sulfats alcalins (sodi i potassi), l'origen dels quals no pot ser altre que la lixiviació d'aquests elements del ciment pòrtland emprat en la construcció de l'església. L'aigua filtra a través dels paraments i lixivia alcalins del ciment, els quals es transformen espontàniament en carbonats i sulfats (amb els anhídrids carbònic - CO_2 - i sulfurós - SO_2 - atmosfèrics). Aquestes fases són molt solubles en aigua i per tant, són transportades amb la humitat fins allà on l'aigua evapora i cristal·litzen. Es dona el cas, a més, que el sulfat de sodi passa

de la forma anhidra (thenardita) a la decahidratada (mirabilita) en l'interval d'oscil·lació diària de les condicions ambientals, amb el corresponent increment de volum d'una respecte de l'altra. En aquest sentit, aquesta és una sal molt patògena.

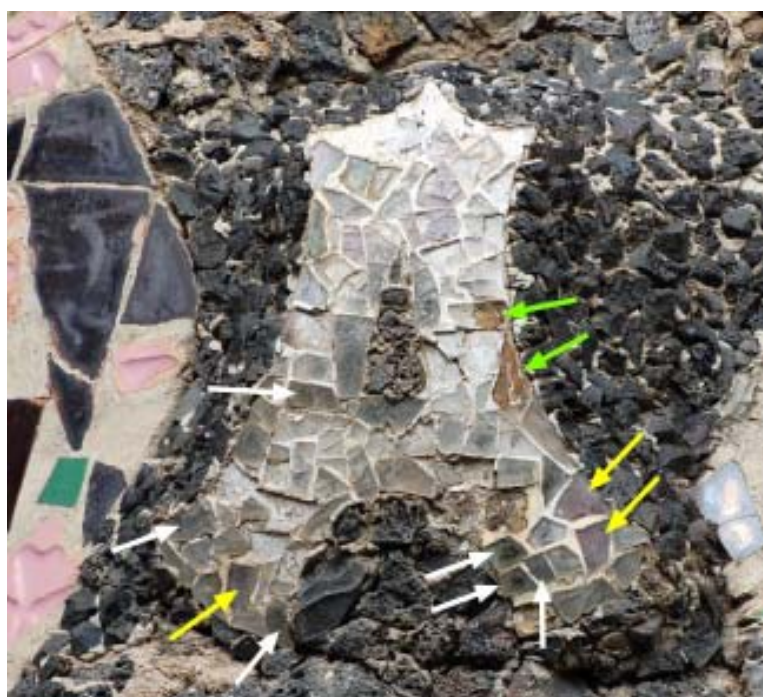
Despreniment de tesselles de vidre

En diversos dels relleus de les alfes, omegues, peixos i creus es detecten despreniments de les tesselles de vidre que els formen. Aquestes pèrdues són molt més accentuades en les que es van adherir en el decurs de l'anterior restauració l'any 2002. En aquests casos es constata un enfosquiment important del material adhesiu emprat, que a més, està fortament degradat, el que li fa perdre capacitat adherent. Les anàlisis efectuades en mostres extretes d'aquest material evidencien que es tracta de resina epoxídica, probablement Araldit®.

Nogensmenys, també es detecten despreniments de tesselles no afectades per la restauració anterior. Les raons són bàsicament dues: per una



banda la degradació de la proteïna emprada per a l'adhesió en el seu moment (procés de desnaturalització) i per altra, la biocolonització de la cola, que s'incorpora a la cadena tròfica de bacteries i fongs, com es pot veure en les següents imatges.



Imatge d'un dels relleus en la que es veuen les marques de vidres que s'han perdut, també es veuen les restes degradades de l'adhesiu de restauració del 2002 -fletxes verdes-, altres biocolonitzades sota el vidre .fletxes blanques- i alguns vidres liles -fletxes grogues- que es comenten en el text.

En algun cas, s'observen alguns vidres que per la posició en conjunt haurien de ser incolor i, en canvi, es veuen liles. És possible (tot i que no s'ha analitzat per no desprendre'ls) que es tracti d'un aclariment sobrevingut a causa de la radiació solar (ultraviolada) o la còsmica (raigs gamma). En tot cas, quan els vidres es desmuntin per a ser restaurats, es proposa fer-ne una anàlisi no destructiva per estudiar aquest possible fenomen.

Acumulació de pols

En gran part de les superfícies exteriors, i especialment als racons, es percep acumulacions de pols atmosfèric poc o gens adherit al substrat. Es tracta de pols que arrossega el vent, majoritàriament format per argiles, quars i calcita, que són les partícules habituals en zones rurals. La incidència del particulat urbà en l'àmbit de la colònia Güell és mínima, atesa l'escassa circulació rodada immediata.

Crostes negres

En zones exteriors protegides, com el marc del que havia de ser la porta d'entrada a la nau superior mai construïda, es detecten ennegriments que en part es deuen a biocolonització

de fongs negres i en part, a la formació incipient de crostes negres de guix, probablement també d'origen biològic. L'afectació al substrat de pedra és mínim i es pot considerar que el seu efecte és, gairebé exclusivament, estètic.



Biocolonització

Les zones poroses, especialment aquelles de geometria propera a l'horitzontal, un cop carbonatades el lligant dels morters superficials, esdevenen força bioreceptives. Això i la disponibilitat d'aigua faciliten la instal·lació de colònies de microorganismes com les que es mostren en les fotografies



adjuntes. En general, es tracta de fongs negres i líquens, tot i que apareixen algues verdes i fins i tot molses en les àrees que permeten una elevada retenció d'aigua.

La seva incidència en l'estabilitat dels materials afectats és pràcticament nul·la perquè, en la majoria de casos, es tracta de morters d'elevada duresa i resistència a l'atac



químic, de forma que la degradació que pateixen és menyspreable a efectes de conservació material. Altra consideració pot ser l'efecte estètic que la colonització produeixi.

En el capítol dels danys ocasionats per la biocolonització, caldria afegir-hi els efectes sobre l'estabilitat dels mosaics de trencadís de fragments de vidres, molt especialment aquells que no estan protegits de l'aigua de pluja. Tant els originals com els que es van recol·locar en la restauració de l'any 2002, com s'ha comentat en apartats anteriors. En aquests casos la colonització és molt més intensa a causa de la presència de material orgànic que es pot incorporar a la cadena tròfica d'organismes molt simples com els bacteris i els fongs.

Tant originalment com recentment s'han emprat substàncies orgàniques (proteïnes o resina sintètica, respectivament), que es van aplicar en la interfase entre el vidre i el morter d'adhesió. Com que, a més, els vidres són transparents, la llum arriba a aquesta interfase, permetent el desenvolupament d'organismes fototròfics. Si a això s'hi afegeix la potencial retenció d'aigua en la zona de contacte vidre-morter, la facilitat de colonització és molt més elevada. Aquesta situació ha



donat lloc al creixement de colònies sota les làmines de vidre aprofitant els nutrients que s'hi acumulen, la qual cosa ha causat la desnaturalització del material adhesiu, alhora que el creixement ha exercit pressió contra el vidre, facilitant-ne el despreniment. En aquest sentit, caldria considerar la revisió de la totalitat de vidres en aquestes condicions.



Despreniment d'acabats de morter

Hi ha punts, tant interiors com exteriors, en els que es detecta el despreniment de la capa fina de morter de ciment que fa d'acabat, com s'il·lustra en les fotografies adjuntes. Les raons poden ser diverses, des de l'entrada d'aigua afavorida per una fissura estructural (cas de la segona foto), fins a manca d'adhesió entre capes de morter per una execució deficitària (probablement és el cas de la primera imatge) en disposar la segona capa sobre la primera sense mullar suficientment.



Fissures estructurals

En diversos punts de les voltes s'aprecien fissures que, probablement, trenquen una bona part dels gruixos de rajola i morter que les forma. Aquestes esquerdes semblen estables, en el sentit que no progressen en els darrers anys (vegeu informes de Cotca corresponents al seu seguiment els anys 2019 i 2020). En qualsevol cas, la major part d'aquests danys van ser registrats en el decurs de l'estudi estructural que es va dur a terme durant els anys 2000 a 2002, on probablement, s'analitzava el seu possible origen i la seva evolució en l'estat actual de l'edifici (inacabat).



Propostes de restauració i conservació

Criteris de restauració

Els principis que inspiren els suggeriments que es formulen en els propers paràgrafs es basen en el coneixement dels materials de formació i acabats de l'església, així com en les inspeccions efectuades en el decurs d'estudis anteriors i al llarg d'aquest. Per això, i considerant l'extraordinària vàlua

del monument, els criteris de restauració que es proposen tracten de mantenir l'aspecte, volums i acabats de l'estat actual, tot millorant-ne les condicions de conservació, especialment en el que referència a l'entrada d'aigua a l'edifici. Per això, no es proposen materials aliens o incompatibles amb els existents i es justifica l'ús de productes o processos d'intervenció quan es consideri necessari.

Suggeriments d'intervenció

Per assolir els objectius esmentats es proposen les següents accions de restauració o millora de l'església i el seu entorn immediat.

Neteja general

Exceptuant les zones amb eflorescències salines (que es consideraran separatament), la resta de paraments, tant exteriors (protegits o no), com a l'interior no presenten problemes greus d'embrutiment, tot i que puntualment s'hi detectin petites àrees amb acumulació de brutícia o fongs.

Interior

En moltes àrees dels paraments interiors s'hi ha acumulat pols, normalment, poc o gens adherida. La seva neteja es pot fer per aspiració amb l'ajut de raspalls de cerres no metàl·liques de mides i formes adients a cada racó. Òbviament, aquesta operació de neteja superficial afectarà també a les sals, que hauran de eliminar-se superficialment al mateix temps que la pols. Més endavant es parlarà específicament d'aquest problema.

Exterior

Les recomanacions que es proposen per a l'exterior abasten els paraments, emmarcaments de les finestres, columnes, voltes, arcs, etc., deixant fora els mosaics de vidre o ceràmica, dels que se'n parlarà explícitament en un altre apartat. En aquests casos, similarment a l'interior, caldrà l'eliminació de la pols poc o gens adherida per aspiració i raspallat amb cerres vegetals o plàstiques. Però hi ha racons que precisaran un tractament especial, sigui per que han estat colonitzats o perquè la pols s'ha adherit en forma de crosta.



En les zones biocolonitzades es proposa el tractament preliminar amb aigua oxigenada (30 vol o superior), deixar assecar i eliminar les restes de microorganismes amb aigua, detergent i un raspall de cerres no metàl·liques. És possible que amb un sol tractament biocida no sigui suficient, en quin cas caldria reiterar l'aplicació d'aigua oxigenada.



En les zones ennegrides amb formació d'una crosta adherida al substrat, un cop eliminada la pols o els organismes vius que hi pugui haver, es recomana la neteja puntual d'aquestes àrees per projecció de partícules de silicat d'alumini a baixa pressió (~2-3 atmosferes), treballant amb la pistola a uns 20 cm de la superfície a tractar, eventualment modificant l'angle de projecció per a un millor control.

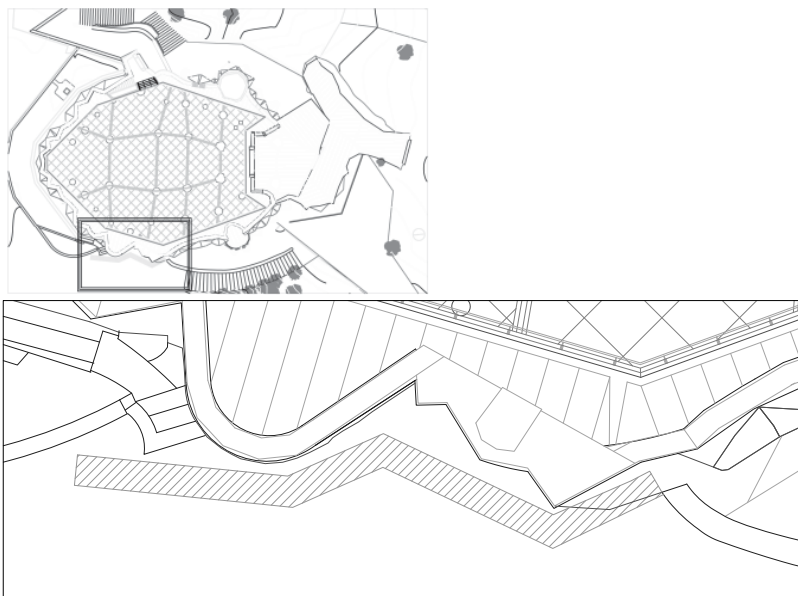
Tractament de les humitats: arranjament exterior

Com s'ha comentat, una part de les humitats provenen de l'escolament de l'entorn immediat. Com que la geometria de les diferents zones no és la mateixa, en aquest apartat s'aborda cada àrea separadament.



Zona A. Recull l'escolament d'una zona del terreny, el qual arriba al parament de l'església i el mulla. Atès que la diferència de cotes ho permet, es proposa la formació d'un canal d'una secció de 20x20 cm aproximadament, amb el recorregut que es mostra en el plànol i la fotografia adjunts. Atesa la seva ubicació en la cota de circulació, es suggereix recobrir-lo amb tramex o una protecció similar, així com arbitrar alguna solució per la caiguda d'aigües des de la cota

inferior del canal proposat fins el terreny inferior (un baixant, per exemple).



Zona B. En aquesta part del perímetre hi ha un canal suficientment dimensionat, el recorregut del qual està per sota de l'arrencada dels paraments. No obstant això, alguna de

les gàrgoles arriba a degotar molt a prop o sobre de la base del parament, de forma que es podria considerar suplementar algun d'aquests elements uns 20 cm. En les inspeccions efectuades no s'hi han detectat fuites, però valdria la pena fer-ne alguna altra posteriorment a algun esdeveniment important de pluja. Eventualment, es podria millorar la impermeabilitat de la part inferior de canal.



ZONA B



Zona C. Abasta l'escala d'accés a l'actual terrassa i l'escala i rampa (canal) de baixada a una de les entrades posteriors de l'església (zona del cor). La inspecció feta el dia després d'una pluja moderada va permetre constatar la retenció d'aigua en els graons i la filtració a la part inferior (interna) de l'escala, probablement a través de les juntes, atesa l'escassa porositat de la pedra.

En aquest cas es recomana el segellat de les juntes amb un morter hidropel·lent, eventualment reforçat amb la hidrofugació sistemàtica de les escales i les juntes de cada graó, potser repassant-les anualment i reposant el producte, si cal.



ZONA C



Zona D. En tot el perímetre d'aquest costat, com s'ha esmentat anteriorment, s'hi acumula l'aigua després de cada pluja, tant a les escales com al pla de la cota inferior. Les propostes que es formulen es basen en evitar (o si més no, minimitzar el possible) que l'aigua d'escolament d'aquesta zona accedeixi al sistema porós de la base dels murs i hi romangui un temps relativament llarg.



En la zona plana es suggereix la formació d'una rasa resseguint la base dels paraments, d'uns 20 cm de fons, amb la paret immediata a l'església i el fons impermeables, de forma que l'aigua que hi



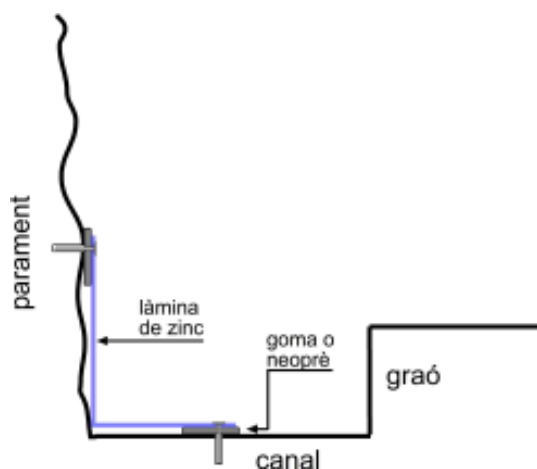
arribi quedi retinguda i filtri en una zona lleugerament distant dels fonaments. Aquesta rasa hauria d'estar plena de grava i protegida per una retícula tipus *tramex* o similar. La idea és minimitzar l'aigua de pluja que actualment entra en contacte amb la base dels paraments.

En el cas de les escales la solució sembla necessàriament més complexa perquè no és possible la formació d'una rasa com la que



s'ha proposat per a les zones planes, ni tampoc la formació d'un canal de plom o zinc, atesa la complexa geometria que es genera a causa de la forma dels graons. Com a possible solució es proposa disposar una planxa de zinc en forma d'L collada a la paret i al centre de l'actual canal de pedra,

eventualment amb una làmina de goma o neoprè entre el metall i la pedra o la paret (vegeu figura adjunta).



Eventualment, i atesa la complexa geometria d'aquest punt, es pot optar per hidrofugar el canal i el parament (que per altres raons ja es recomana en aquest mateix document) i observar l'evolució de les humitats interiors en aquest costat al llarg d'un cicle anual (com a mínim).

Tractament de paraments exteriors

No es recomana explícitament el segellat de juntes perquè, tot i que el morter deixa alguns espais de petita mida sense tapar, el conjunt mostra una textura, color i irregularitat molt característiques, que en tot cas són les que Gaudí va acceptar en el seu moment. No obstant, el que s'ha dit de la textura afecta només als paraments exteriors amb voluntat de ser-ho. A l'actual terrassa, que havia de ser la nau principal de l'església, hi ha paraments mal acabats que mai havien estat pensats per a ser exteriors, sinó que formarien part de la fulla exterior dels murs mai construïts. Aquests, per la seva cara interior mostren un acabat molt irregular amb forces espais buits per on pot entrar l'aigua: en aquest cas és aconsellable la col·locació de morter per col·laborar en la mesura del possible a l'estanqueïtat dels paraments (sobretot els inferiors, per sota d'aquests). Per això es proposa l'ús de morter similar a l'existent, en base a ciment pòrtland i amb àrid de sorra silícia de quars i feldspats, amb una mida màxima de 2 mm (les juntes són força gruixudes), una granuometria variada entre aquesta i mides submil·limètriques i una dosificació de l'ordre d'1:3.

El sistema constructiu d'aquesta església dona lloc a uns paraments exteriors inclinats que, segons sembla en les dades documentals de Gaudí, havien de tenir continuïtat amb la coberta formant una superfície contínua. Això implica que, tot i no estar completament construïda l'església, els paraments reben aigua de pluja, en part d'escolament, en part directament. Els materials que formen la cara exterior són relativament porosos (sobretot els morters de junta), de manera que resulta inevitable que part de l'aigua de pluja penetri a l'interior dels murs.

Com s'ha comentat anteriorment, és probable que Gaudí considerés que l'aigua no assoliria tot el gruix del mur i que, un cop mullada la zona més externa, ja s'assecaria acabat el esdeveniment de pluja. I en tot cas, originalment existia un revestiment interior (l'arrambador) de morter fi, molt compacte, allisat i amb un acabat amb cera (per tant impermeable) que, en cas que hi arribés l'aigua, l'aturaria. El sistema té els seus problemes perquè els murs reben aigua del terreny, la qual cosa complica la seva evacuació i evaporació i, a més, l'inevitable fissuració per retracció del revestiment interior, facilita el pas d'aigua en algunes circumstàncies.

En qualsevol cas, tot i els problemes esmentats, el sistema ha funcionat raonablement bé i l'aigua que accedeix a l'interior és relativament poca i, com s'ha comentat en apartats anteriors, molt freqüentment associada a entrades excepcionals degut a disfuncions del sistema d'evacuació extern. La intervenció de restauració no pot alterar el sistema constructiu ni la textura dels paraments, per tant, cal conviure amb la geometria i els materials i acabats existents.

No obstant això, per tal de millorar el comportament hídric dels paraments exteriors, es recomana l'aplicació d'hidrofugant en tota la seva superfície, preferiblement un producte basat en nanopartícules de silici embolcallades amb parafina. D'aquesta manera es reduirà significativament (pràcticament a zero) l'entrada d'aigua a través del sistema porós dels materials de façana.

Tractament de les eflorescències

Les sals que afloren a l'interior es generen en mullar-se el ciment que forma el formigó i els morters dels murs, es lixivien elements alcalins i es formen sulfats i carbonats d'aquests.

Atesa la massa dels murs (gruixos entre 60 i 90 cm), qualsevol intent de dessalar aconseguirà l'extracció parcial de sals en els pocs centímetres propers a la superfície, però no afectarà les sals existents en els porus del gruix dels murs. Per tant, és molt probable que aquestes tornin a sortir aprofitant l'estació càlida, que facilitarà la migració d'humitat cap els fronts d'evaporació (interior i exterior).

Si, com es planteja en aquest estudi, es minimitza radicalment l'entrada d'aigua als murs (hidrofugant la cara externa i actuant en les filtracions d'escolament), es pot assegurar que la generació de sals, si no esdevé nul·la, es reduirà significativament. Si no se'n formen més, la migració a l'estiu farà migrar les existents, però el procés tendirà assímtòticament a zero.

Per aquestes raons no es planteja el dessalat dels paraments interiors sinó únicament l'eliminació de sals superficials, tot i sabent que -probablement- tornaran a aparèixer. Davant d'aquest procés, es recomana el seu raspallar a mida que vagin aflorant, sabent que el procés tendirà lentament a desaparèixer en tant es mantingui limitada l'entrada d'humitat.

Relleus amb trencadís de vidre

Com s'ha comentat anteriorment, el despreniment de peces de vidre es deu a dos factors: la desnaturalització de la cola



que els mantenia originalment adherits i la colonització de la interfase vidre-morter, afavorida per l'entrada d'aigua i la colonització de la cola existent. Aquest efecte resulta més dramàtic en les substitucions fetes en la restauració del 2002 perquè, a més de degradar-se l'adhesiu emprat, els espais per

entrar aigua són més importants que els originals en no ajustar-se les peces al motlle existent en el morter de base.

Per això es planteja una revisió de la totalitat de vidres existents en aquests relleus (exceptuant els protegits pel porxo, que estan en bon estat de conservació) i l'extracció dels vidres poc adherits o que presentin biocolonització en la interfase (òbviament, numerant i emmagatzemant les peces per a la seva posterior recol·locació). Un cop retirades, caldrà procedir a la seva neteja amb aigua lleugerament acidulada (pH ~ 6,5) i sabó, evitant cap acció mecànica o raspallat que pugui arribar a ratllar els vidres, ni que sigui imperceptiblement. La raó és que la majoria de vidres analitzats són alcalins i un pH bàsic o fins i tot neutre, podria propiciar la seva degradació.

Per a la reposició, tant de les peces extretes com de les recreacions de les que manquen d'una mida i forma el més similar possible al seu allotjament, es proposa la seva adhesió amb cianocrilat sobre el morter ben net. Un cop assecat i estable l'adhesió del vidre, per tal d'evitar l'entrada d'aigua a la interfase amb el morter i la seva colonització, s'aconsella el segellat de les vores amb morter de calç aèria dopat amb un 5% de nanopartícules d'òxid de titani (anatasa), que tenen una acció fotocatalítica que dificulta la instal·lació de microorganismes. Posteriorment, es pot hidrofugar el conjunt per a major seguretat.

Ceràmiques vidriades

Hi ha peces ceràmiques vidrades que formen part diverses decoracions de trencadís que han perdut parcialment la capa de vidre. Això passa majoritàriament en aquelles que tenen

una engalva entre la pasta i el vidre, el que -de vegades- dificulta l'adhesió d'aquest.



En aquests casos no es recomana la substitució de la peça perquè aquesta operació produiria un dany significatiu en la decoració. Per tant, es suggereix la restauració *in situ* amb una aplicació d'una capa de poliuretà adequadament carregada i acolorida per imitar el color del vidriat a restaurar. Prèviament caldria netejar la superfície de les zones amb pèrdues i eliminar la part d'engalva que sigui pulverulenta o poc adherida. També és important especificar que tant les càrregues com els pigments han de ser inorgànics i estables a la llum, pel que es recomana tenir-ho en compte en el control de qualitat de la intervenció.



Despreniments de revestiments

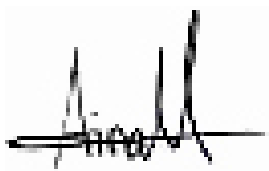
Hi ha algun punt que, associat a una fissura, s'ha produït despreniment parcial del revestiment d'alguns elements. Segons el grau de separació es pot plantejar la injecció de morter hidràulic força líquid per tal de

recuperar la continuïtat de les capes existents i, en el cas de despreniment total o pèrdua material, es pot restituir amb un morter de similars característiques, aconseguint les textures i colors originals.

Barcelona, gener de 2021



Pilar Giráldez



Aina Mallafrè



Aleu Andreazini



Lorena Merino



Màrius Vendrell