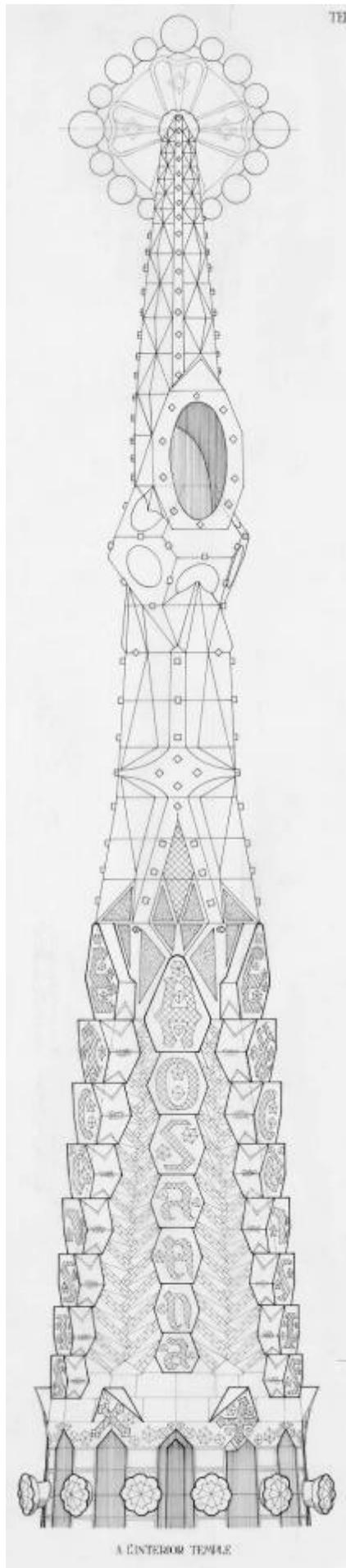


**Geometria i forma dels pinacles de la
Sagrada Família, d'Antoni Gaudí**

ANNEXOS

Genís Àvila Casademont



Geometria i forma dels pinacles de la Sagrada Família, d'Antoni Gaudí

Genís Àvila-Casademont

Departament d'Expressió Gràfica (EGAI),
Centre d'Aplicacions Informàtiques en la
Representació d'Arquitectura i Territori
(CAIRAT), Escola Tècnica Superior
d'Arquitectura del Vallès (ETSAV),
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC),
Campus Sant Cugat del Vallès,
c. Pere Serra 1-15, 08--- Barcelona, Spain

Director
Joan Font Comas
Co-director
Isabel Crespo

Programa de doctorat
Comunicació Visual en Arquitectura i Disseny
Departament d'Expressió Gràfica
Arquitectònica I
ETSAV-UPC

ETSAV (UPC)

Sant Cugat del Vallès, Gener 2013

Tesi presentada per obtenir el títol de Doctor
per la Universitat Politècnica de Catalunya

ANNEXOS 7

| | |
|--|-----------|
| 1. Cossos pabòdics..... | 8 |
| 2. Matthäus Roriczer, mestre d'obres..... | 13 |
| 1.1.1 Traçats geomètrics de Roriczer..... | 13 |
| 1.1.1.1 CÀLCUL DE LA LONGITUD D'UN CERCLE SEGONS ELS APUNTS DE RORICZER (Nº9 .FOL.3 ^V .FIG.32).... | 13 |
| 1.1.1.2 CONSTRUCCIÓ DE DOS SEGMENTS ORTOGONALS ENTRE ELLS. (Nº 1. FOL. I FIG 24)..... | 14 |
| 1.1.1.3 CONSTRUCCIÓ D'UN PENTÀGON SEGONS ELS MÈTODES DE RORICZER. (Nº 4. FOL. 2 FIG. 27)..... | 14 |
| 1.1.1.4 CONSTRUCCIÓ D'UN HEPTÀGON SEGONS ELS MÈTODES DE RORICZER. (Nº 6. FOL. 2 FIG. 29)..... | 15 |
| 1.1.1.5 CONSTRUCCIÓ D'UN OCTÒGON SEGONS ELS MÈTODES DE RORICZER. (Nº 8. FOL. 3 FIG. 31). | 16 |
| 1.1.1.6 LOCALITZACIÓ DEL CENTRE D'UN ARC QUALSEVOL (Nº 10. FOL. 4 FIG. 33). | 16 |
| 1.1.1.7 CONSTRUCCIÓ D'UN QUADRAT I UN TRIANGLE EQUILÀTER D'IGUALS ÀREES. (Nº 11. FOL. 4 FIG. 34)..... | 17 |
| 1.1.2 Construcció d'un pinacle seguint les tècniques correctes de proporcions establertes pels mestres d'obra, segons Roriczer..... | 18 |
| 3. Fotografia del dibuix de la Façana de la Catedral de Barcelona de Martorell, passat a tinta per Gaudí..... | 21 |
| 4. Plantes de les torres sobreposades..... | 23 |
| 5. Remats dels pavellons d'accés al Park Güell..... | 24 |
| 6. Pinnacle de la Façana de la Passió..... | 26 |
| 1.1.1 El tronc..... | 27 |
| 1.1.2 El poliedre de la Façana de la Passió..... | 29 |
| 7. Poliedre del Pinnacle dedicat als Evangelistes..... | 35 |
| 8. Revista el propagador. Línies dedicades a la construcció del temple. | 39 |
| 1915 – Maig(pag 101-107)..... | 39 |
| 1918 – Abril(pag 101-107) i Juliol..... | 40 |
| 9. Revista “El Temple”..... | 43 |
| Gener/Febrer 1978..... | 43 |
| Setembre/ Octubre 1983. Explicacions geomètriques dels cossos pabòdics segons Cardoner a la revista “Temple”. | 44 |
| Gener/ Febrer de 1991. Article sobre construcció de Joan Bassegoda Nonell “La construcció tradicional a l'arquitectura de Gaudí”..... | 52 |
| 10. Fitxes catalogació de peces del taller de maquetes de la Sagrada Família..... | 64 |
| 1. Peça R88 S'aporta la documentació original trobada en diferents llocs referida a aquesta peça. | 64 |
| 2. Peça 848/846M Pinnacle de la Passió..... | 67 |
| 11. Articles, notes i estudis relacionats amb la tesi..... | 68 |

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Pinacles Palau Güell (Revista “informes de la construcción” n° 408). | 69 |
| 2. | Plànols Francisco de Paula del Villar. Article de 1968 a la Vanguardia de Joan Bassegoda Nonell..... | 81 |
| 3. | Article de Claudi Alsina a la revista el temple (octubre de 2010) | 82 |
| 12. | Articles, i estudis resultat de la tesi doctoral | 84 |
| 1. | Escoles de la Sagrada Família..... | 85 |
| 2. | “Animation to Explain Constructive Geometry“..... | 94 |
| 3. | "L'ànima geomètrica dels elements pinaculars en l'arquitectura gaudiniana" | 95 |
| 4. | "La tercera directriz: la equi-distribución. Parametrización de superficies regladas en la arquitectura." | 96 |

ANNEXOS

Es presenten com a annexos el seguit d'estudis paral·lels a la tesi, que s'han realitzat seguint metodologies similars.

També acompanyen aquest document, aquells articles, apunts o fotografies que ajuden a comprendre i contextualitzar els motius d'algunes decisions en la construcció del model tridimensional del pinacle dedicat a Sant Bernabé.

1. Cossos pabòdics.

Segurament aquests són els cossos menys coneguts de tots els vistos fins ara, la seva geometria basada en el paraboloides dóna formes sorprenents. Aquesta sèrie de cossos els estudià a fons el senyor Cardoner i fins i tot publicar algun article ¹ referit als mateixos. Aquests elements no són fruit del treball de Gaudí sinó que són una reinterpretació d'un dels seus deixebles.

En essència juga amb les geometries dels poliedres regulars aplicant-hi girs i talls però a diferència dels poliedres que Gaudí utilitzà, Cardoner afegeix la component de les superfícies reglades, substituint les cares planes per superfícies guerxes. Tal i com anomena Cardoner en la presentació de la Geometria Gaudiniana, Gaudí havia utilitzat moltíssim les superfícies reglades a la Colònia Güell, però el que desconeixem és si Gaudí n'havia fet un tractament tan "teòric" com el que fa Cardoner a la revista "Temple".

Tot i els diversos estudis realitzat per Cardoner, la única peça construïda dins el conjunt arquitectònic de la Sagrada Família, fou la macla dels pinacles de la Façana de la Passió i alguns elements d'estudi exposats al museu de la Sagrada Família.

Gaudí havia estudiat solucions per aquest pinacle de la passió, del qual sabem que la base de treball era el número 4 i per tant el quadrat com a figura plana. Però cap de les solucions conegudes introdueix el concepte de pabòdic a la macla.

En el capítol VI.4 d'aquesta tesi se'n descriu la base geomètrica sobre la qual està dissenyada la peça de la macla del pinacle de la façana de la passió.

1. GEOMETRIA GAUDINIANA

per F. Cardoner i Blanch

Presentació

L'arquitecte Antoni Gaudí i Cornet va enriquir la geometria de l'espai en descobrir l'aplicació en arquitectura d'unes formes geomètriques que fins llavors havien quedat relegades a segon terme. Aquestes formes geomètriques avui encara són poc estudiades i per això també poc conegudes; potser ho són per la dificultat de copsar-les a primer cop d'ull, realitzar-les i fins i tot definir-les. L'arquitecte de la Sagrada Família, però, va emprar-les amb gran profusió i encert, en especial, a partir de la Colònia Güell en l'any 1905 aproximadament i en els últims estudis de la Sagrada Família. L'arquitecte col·laborador d'ell i gran geòmetre Francesc de P. Quintana és el que va parlar-ne per primera vegada quan descriu les formes guerxes de Gaudí, paraula aquesta molt gaudiniana i molt adequada ja que les seves superfícies s'obtenen en l'espai de tres dimensions; són torçades.

La campanya de divulgació que iniciem avui és per donar-les a conèixer a tots, fins als petits, perquè com podrem veure, dins de la seva complexitat són formes simples però més riques tan en llum com en la forma dels corrents doncs, com s'ha dit la seva superfície no és plana malgrat que s'obtenen per mitjà de línies rectes.

Són les dues famílies més importants la dels paraboloides i la de les hiperbòliques.

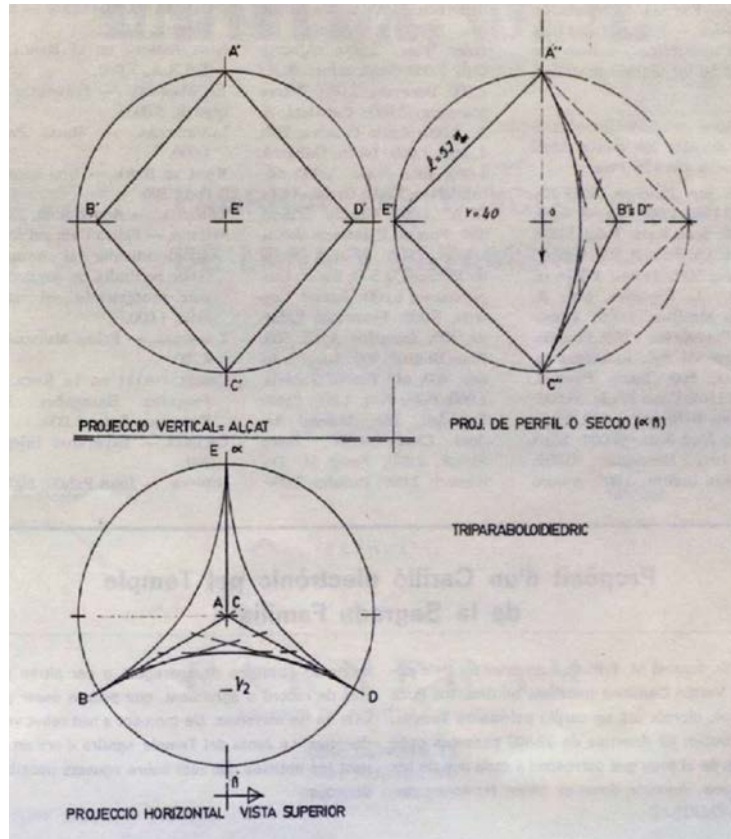
El paraboloides hiperbòlic és la primera de les formes reglades emprades per Gaudí i és la característica del seu segon període plàstic. En el tercer període emprà ja amb preferència l'hiperboloides, període que sols realitzà en el Temple.

Iniciarem l'estudi parlant de les formes polièdriques tancades i de les més simples, que és podem obtenir amb les cares que són paraboloides hiperbòliques.

De les més regulars describim dins del possible la seva llei geomètrica que les forma per comprovar finalment que algunes han estat aplicades en la façana de la Passió.

1-1 Introducció a les formes guerxes de Gaudí segons Cardoner (revista el Temple 1982).

¹ Revista "Temple" números de maig-abril 1983/setembre-octubre 1983/ juliol-agost 1983/ setembre-octubre 1984

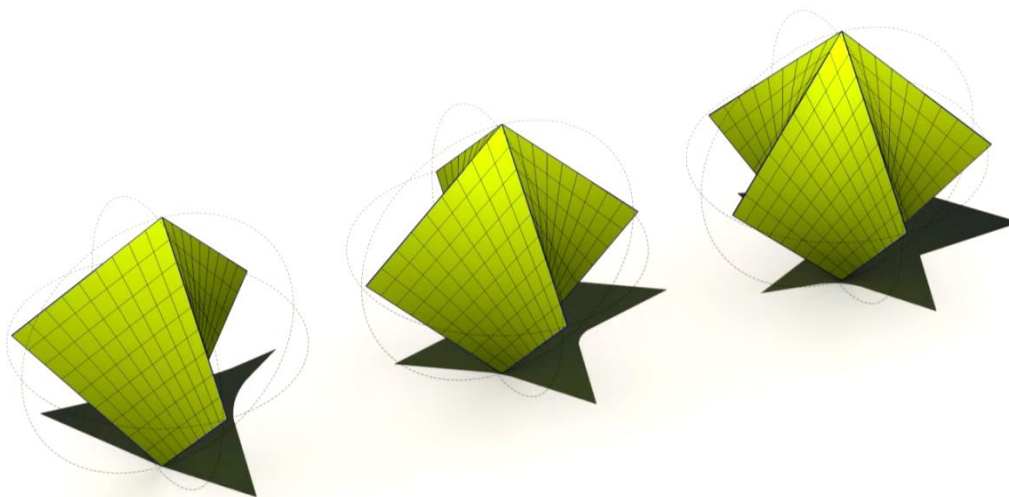


Il·lustració 1-1 Traçat d'un Tripabòdic(TRIPARABOLOIDIEDRIC) segons Cardoner

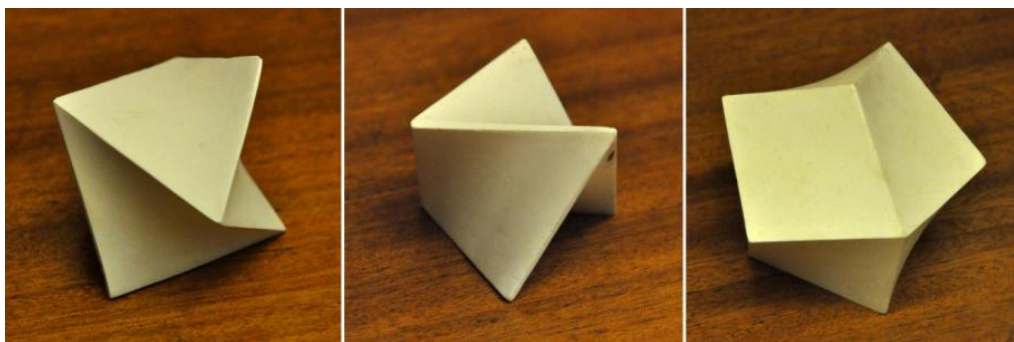
Per tal de recuperar aquestes formes i fer-ne una actualització amb els mitjans de què disposem avui, els representem en dues dimensions² amb els mateixos criteris gràfics que utilitza Cardoner. El procés que seguim, és modelar en 3 dimensions la figura i a continuació generar la làmina amb les vistes corresponents referides al model tridimensional. La visualització de les referències un cop col·locades a la làmina, té molts tractaments possibles. Per tal de fer-les més comprensibles solaparem dos conceptes, el de línia, i el d'imatge. En el primer cas definim amb contundència la geometria i en el segon reforçem la volumetria de la peça a través de la il·luminació. A banda, i a partir del model tridimensional generem un petit vídeo explicatiu de la mateixa peça.

[VIDEOS\II37pabòdics.wmv](#)

² Làmines II.3.6.8-01, Cossos Pabòdics segons Cardoner



Il·lustració 1-2 TRI_pabòdic TETRA_pabòdic PENTA_pabòdic Síntesi de les quatre figures essencials basades en el tres, quatre i cinc paraboloides.



Il·lustració 1-3

Models de guix a base de pabòdics exposats al museu de la Sagrada Família, corresponents a l'etapa on Cardoner n'era director de les obres.

Els pabòdics exposats en aquesta darrera il·lustració II-10 fan un pas més en la geometria essencial que compon les diferents cares, enlloc que els diferents paraboloides tinguin dos vèrtex comuns els provoquen una rotació, generant una volumetria absolutament diferent als diguem-ne regulars³, amb una resposta davant la llum totalment màgica on els degradats i contrastos entre les diferents cares en determinen l'aspecte.

³ Làmines II.3.6.8-02, Cossos Pabòdics segons Cardoner

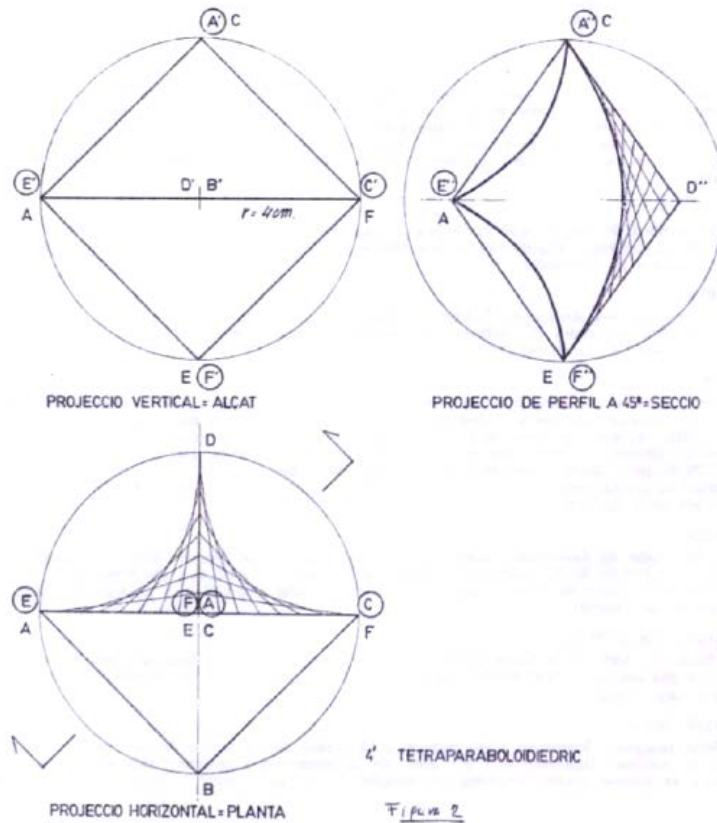
TETRAPABÒDIC, 2

Descripció

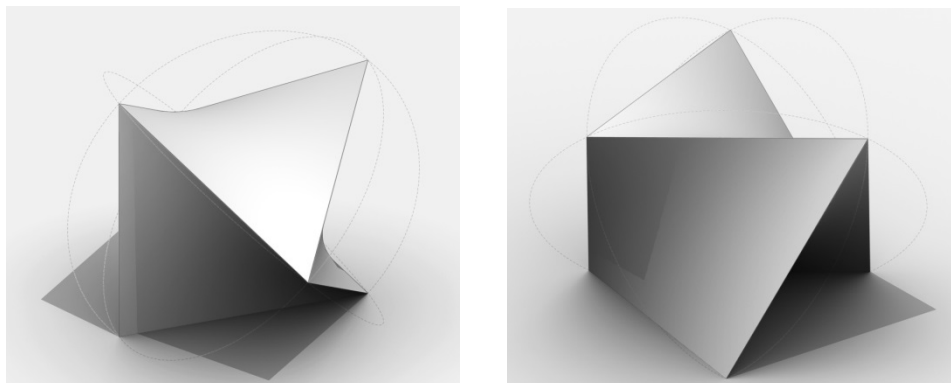
Es una variant, l'única possible, del tetraparaboloidièdic en el que dos dels paraboloides fan un gir de 90° respecte a un dels eixos quaternaris. Si considerem la figura presentada en el número anterior i agafem l'eix perpendicular al pla del quadre i fem girar els dos paraboloides més pròxims tindrem la figura nova.

Com dibuixar-la

Farem tot, inicialment, com en la figura anterior del 4.1. sols que al dibuixar els paraboloides complets de les dues cares anteriors, agafem com s'ha dit l'eix perpendicular al pla del quadre DB, fem girar els dos paraboloides anteriors sobre l'eix i desplaçant-se sobre el pla AEFC perpendicular a l'eix, 90° de forma que les projeccions del punt A passen al E, les del E passen al F, les de l'F passen al C i finalment les del C, al A, tal com marca el plànol, on hi són representades les tres projeccions en diedre, però la de perfil, perquè sigui més comprensible, en la secció senyalada en el plànol.



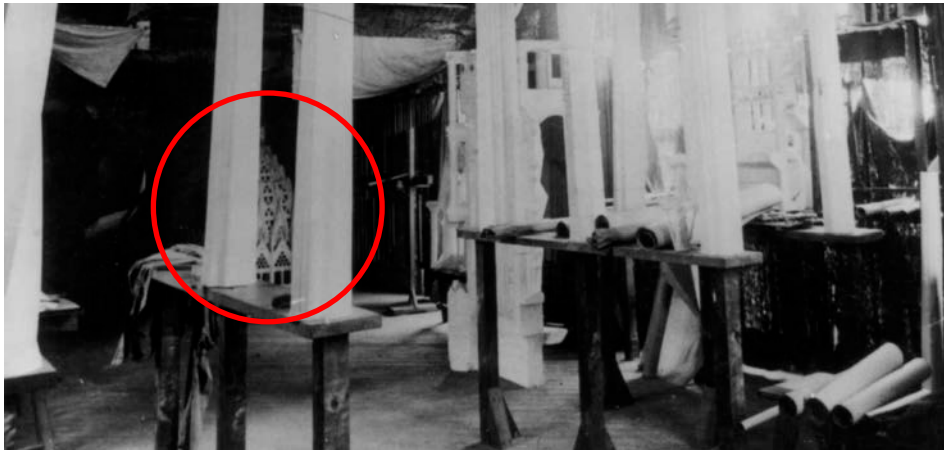
Il·lustració 1-4 Imatge presa de la revista el Temps, article de F. Cardoner i Blanch



Il·lustració 1-5 Alteració de la geometria bàsica d'un cos pabòdic.
TETRAPARABOLOIDRIÈDIC

<VIDEOS\tetra-paraboloide90.wmv>

Tot i el monogràfic que existeix en quan a documentació i maquetes amb aquest tipus de cossos⁴, la seva utilització en el Temple de la Sagrada Família per part de Cardoner es redueix a la macla dels pinacles de la façana de la Passió (veure capítol VI.4). Alguns elements decoratius com les balconades situades a les torres de la Façana de la Passió podrien haver-se concebut a partir d'aquesta geometria, basada en la col·locació radial de paraboloides hiperbòlics. Sense dubte però, que l'estrella i element definitiu ja dissenyat pel mateix Gaudí és la cúpula de les Sagristies formada per 12 paraboloides disposats radialment. Existeixen fotografies a l'obrador de Gaudí on hi apareixen maquetes d'aquest element.



Il·lustració 1-6 Fotografia parcial de l'interior de l'obrador on es veu la maqueta de la sagristia dissenyada per Gaudí. Arxiu Sagrada Família.

⁴ Revista el temple, Setembre-octubre 1983

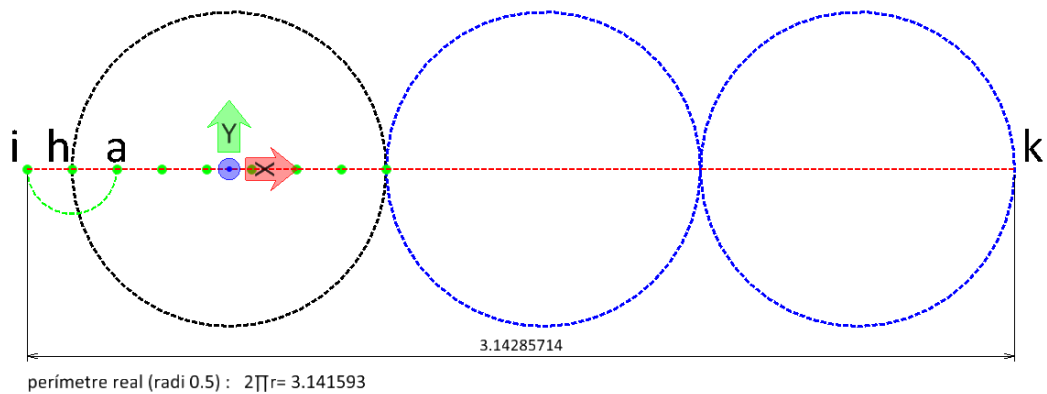
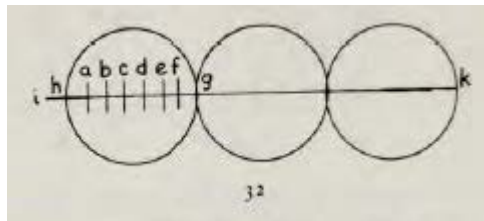
2. Matthäus Roriczer, mestre d'obres.

Nascut a Regensburg l'any (1430/40) i mort (1492/95) Matthäus Roriczer és fill d'una família on els oficis de paletaria, escultura i imaginaria tenen una tradició molt arrelada. La família Roriczer és present en la construcció de la catedral de Regensburg en més d'una generació. El gremi de Regensburg tenia influència a la regió del Haustein del Surest i també a les regions de la suabia i bàviera. Aquest gremi tenia una relació molt estreta amb els gremis d'Estrasburg i de Praga.

Les pràctiques de geometria que segueix Roriczer⁵ no tenen res d'innovador i són conegudes pel gremi abans que ell neixi, el que té de novedós és que Roriczer publica per primera vegada a la història aquestes pràctiques, descobrint en part, els secrets del gremi.

1.1.1 Traçats geomètrics de Roriczer

1.1.1.1 Càlcul de la longitud d'un cercle segons els apunts de Roriczer (n^o9 .Fol.3^v .fig.32)



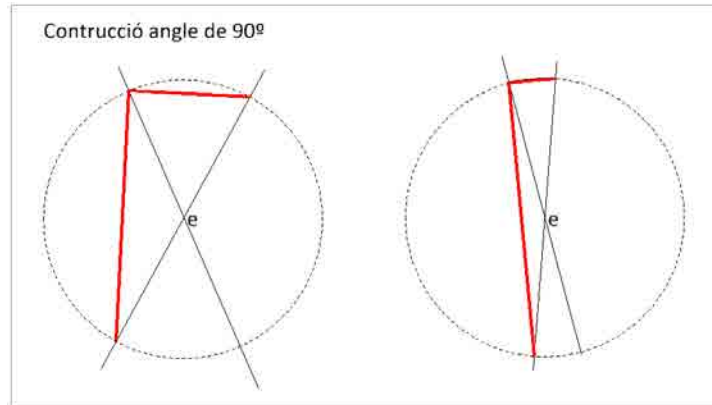
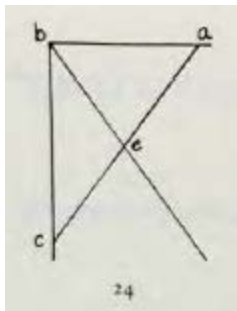
L'error que fa Roriczer alhora de calcular la longitud del cercle és d'un 0.0403%. La seva aproximació es base en el fet que el perímetre del cercle a calcular és igual a $44/7$ radi, valor molt proper a $2\pi R$.

⁵ (Presas i Puig, 1997)

$$6R+2/7R= 44/7R= 6.2857 \times \text{radi}$$

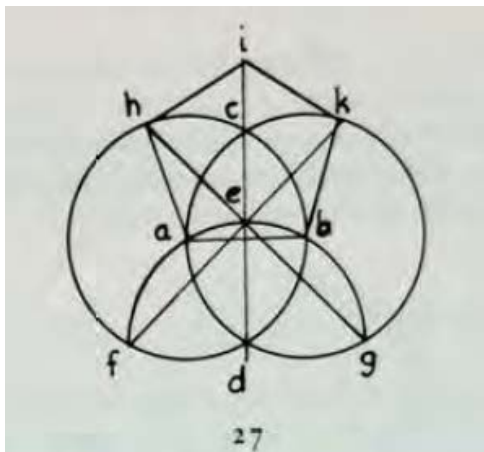
$$2\pi R= 6.2831 \times \text{radi}$$

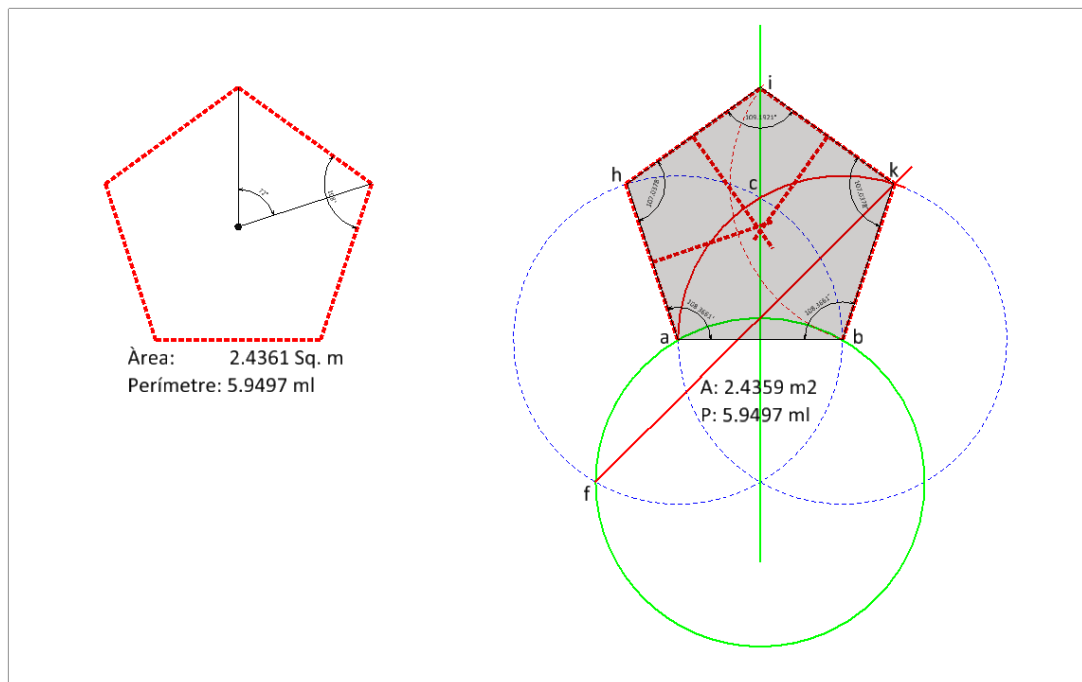
1.1.1.2 Construcció de dos segments ortogonals entre ells. (nº 1. Fol. I fig 24)



Per trobar dues rectes que formen un angle recte Roriczer parteix de dues rectes qualsevols que es tallen, i traçant un cercle amb centre en la intersecció de les dues rectes es troben els costats perpendiculars.

1.1.1.3 Construcció d'un pentàgon segons els mètodes de Roriczer. (nº 4. Fol. 2 Fig. 27).

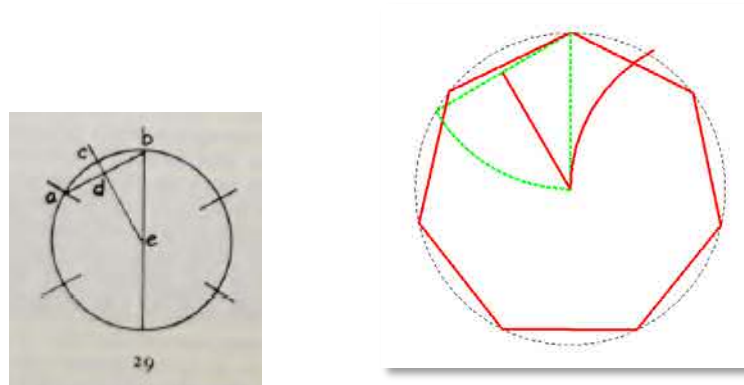




Existeix un error en l'angle que formen els costats del pentàgon, però en canvi l'error que hi ha entre el perímetre i l'àrea del Polígon Regular Exacte i aquesta construcció és pràcticament nul.

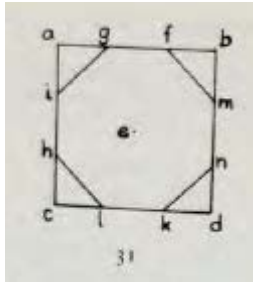
El percentatge d'error a l'àrea dels dos polígons és del 99,99% que posat en obra es pot considerar despreciable.

1.1.1.4 Construcció d'un heptàgon segons els mètodes de Roriczer. (nº 6. Fol. 2 Fig. 29).

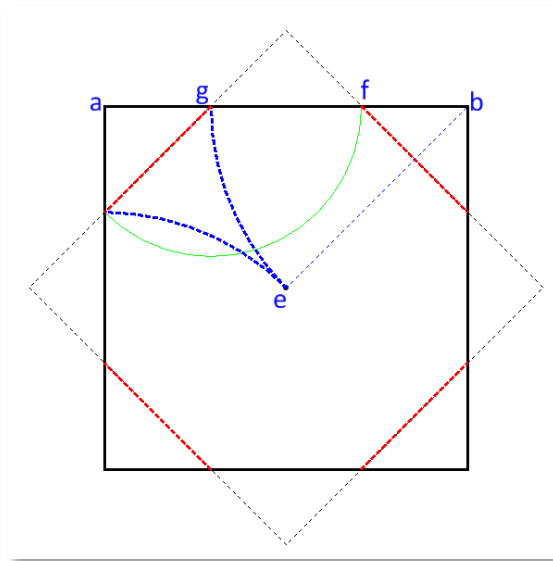


En la construcció de l'heptàgon l'error és important, i l'explicació no és prou clara.

1.1.1.5 Construcció d'un octògon segons els mètodes de Roriczer. (nº 8. Fol. 3 Fig. 31).



Imatge del fascímil publicat per Roriczer



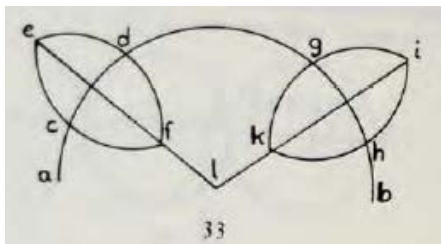
Imatge model informàtic

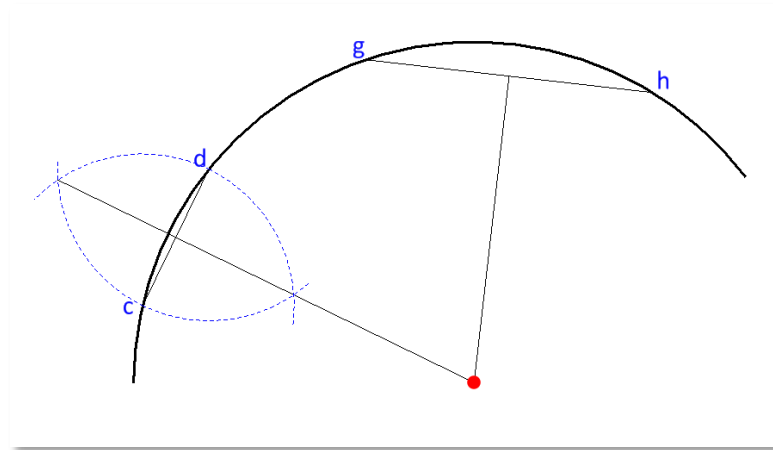
Explicació matemàtica

$$ab - ag - fb = gf$$

La construcció de l'octògon a partir d'un quadrat és molt senzilla si ens fixem amb les mitges diagonals del quadrat. Existeix una relació matemàtica entre el costat de l'octògon i el quadrat que el circumscriu, aquest traçat és exacte.

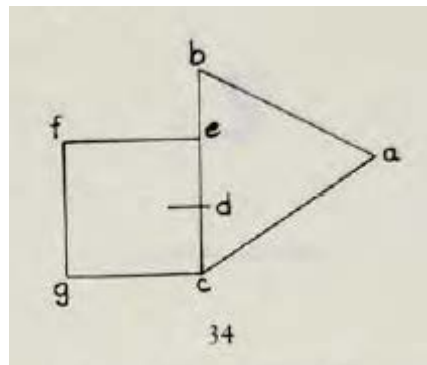
1.1.1.6 Localització del centre d'un arc qualsevol (nº 10. Fol. 4 Fig. 33).



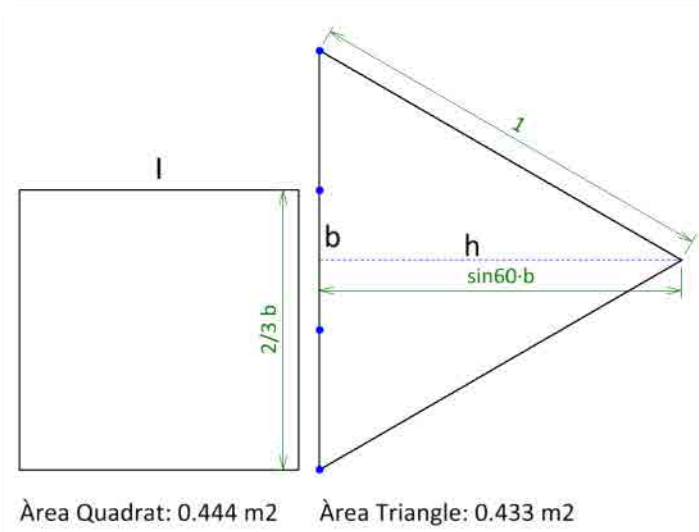


El que està fent Roriczer és trobar el centre de la circumferència a partir de dues cordes que li pertanyen.

1.1.1.7 Construcció d'un quadrat i un triangle equilàter d'iguals àrees. (nº 11. Fol. 4 Fig. 34).



Imatge del fascíml publicat per Roriczer



Imatge model informàtic

Fiabilitat en el resultat d'un 97,4278%

Si s'analitza la relació entre el costat del quadrat i el costat del triangle equilàter per què tinguin la mateixa àrea, s'observa que la variació entre el mètode pràctic de Matthäus Roriczer i el teòric s'acosten molt, fent que la fàcil posta en obra, sigui una molt bona alternativa en la majoria d'ocasions.

L'error que es fa seguint aquest traçat respecte el càlcul matemàtic exacte és el següent:

| | |
|---|--|
| $l^2 = \frac{b \cdot h}{2}$ | pitàgores a mig triangle |
| $l^2 = \frac{b \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}b}{2}$ | $h^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 = b^2$ |
| $l^2 = \frac{b^2\sqrt{3}}{4}$ | $h^2 + \frac{b^2}{4} = b^2$ |
| $l = \sqrt{\frac{b^2\sqrt{3}}{4}}$ | $h^2 = \frac{3}{4}b^2$ |
| $l = \frac{b}{2}\sqrt{3}$ | $h = \frac{\sqrt{3}}{2}b$ |
| $l = 0.658037b$ | |

Un cop aïllades les corresponents incògnites es poden comparar el traçat geomètric seguit per Roriczer, i la demostració matemàtica.

Segons Roriczer: $l = \frac{2}{3}b$ $l=0.666$

Segons demostració $l = \frac{\sqrt{3}}{2}b$ $l=0.658$

La fiabilitat del mètode és d'un 98.70 per cent.

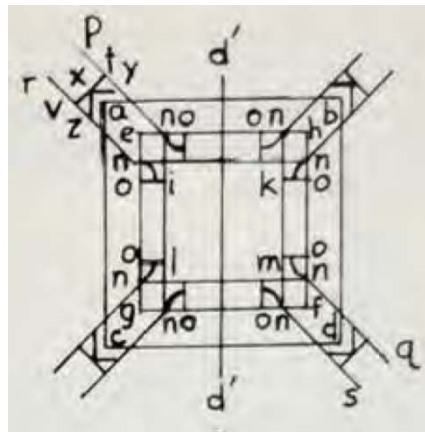
1.1.2 Construcció d'un pinacle seguint les tècniques correctes de proporcions establertes pels mestres d'obra, segons Roriczer.

Seguint els dibuixos exposats a continuació i les descripcions sobre ells s'obtenen les mides dels principals elements definidors d'un pinacle amb els criteris de Roriczer. De fet seguint aquests apunts, Roriczer realitzà els pinacles de diferents catedrals durant els segles XV. ⁶ Acompanyat dels textos de Lon R. Shelby la construcció pas a pas de la peça és relativament senzilla.

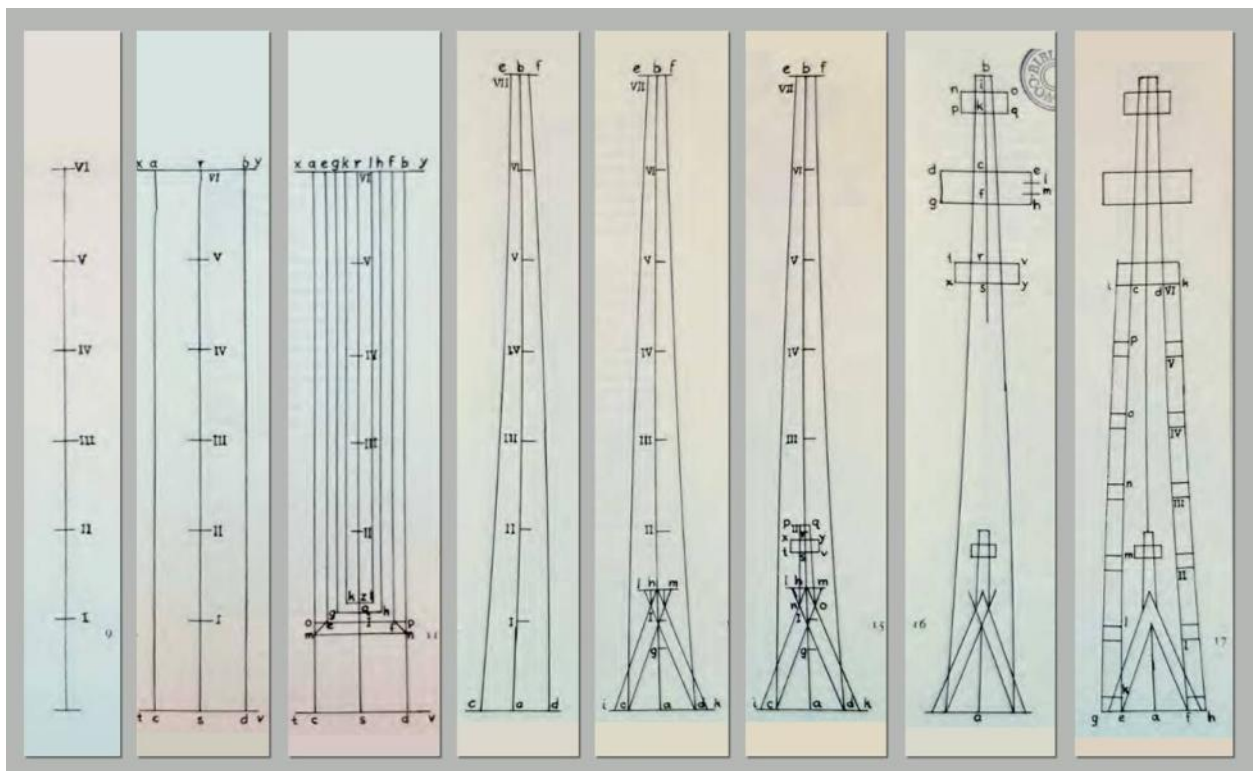
Aquests mateixos traçats són analitzats per José Antonio Ruiz de la Rosa, per tal de trobar els traçats bàsics dels pinacles de la catedral de Sevilla. ⁷

⁶ (Shelby) [Nº8. Fol.4^v FIG.7.] pag. 89

⁷ (Ruiz de la Rosa, y otros, 1996) pag. 37



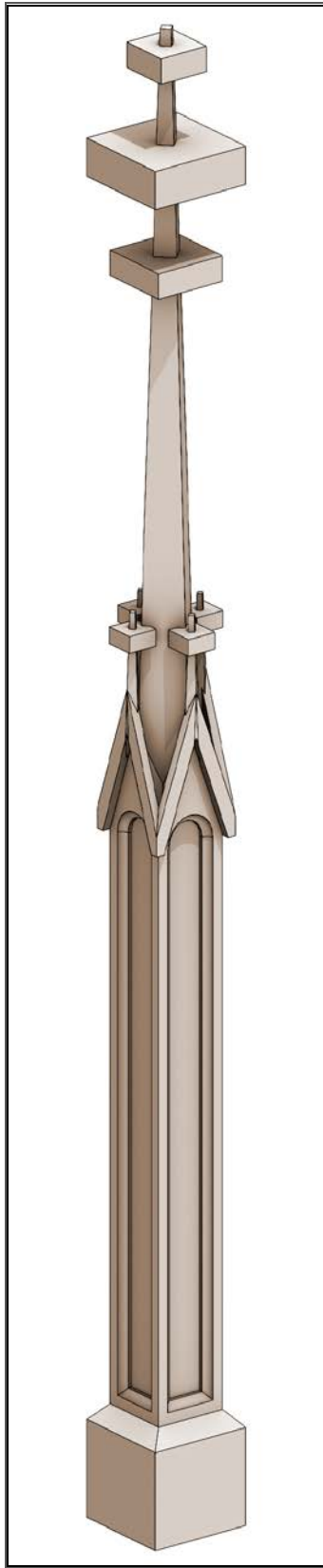
Il·lustració 2-1 Plànol base per obtenir totes les mides del pinacle



Il·lustració 2-2 - Seqüència traçat pinacle segons Roriczer ⁸

Successió de dibuixos fets per Roriczer que acompanyen les diferents explicacions en text.

⁸ RORICZER, M., Büchlein von der Fialen Gerechtigkeit,
 - [Nº 14. Fol. 7. Fig 10-18 -

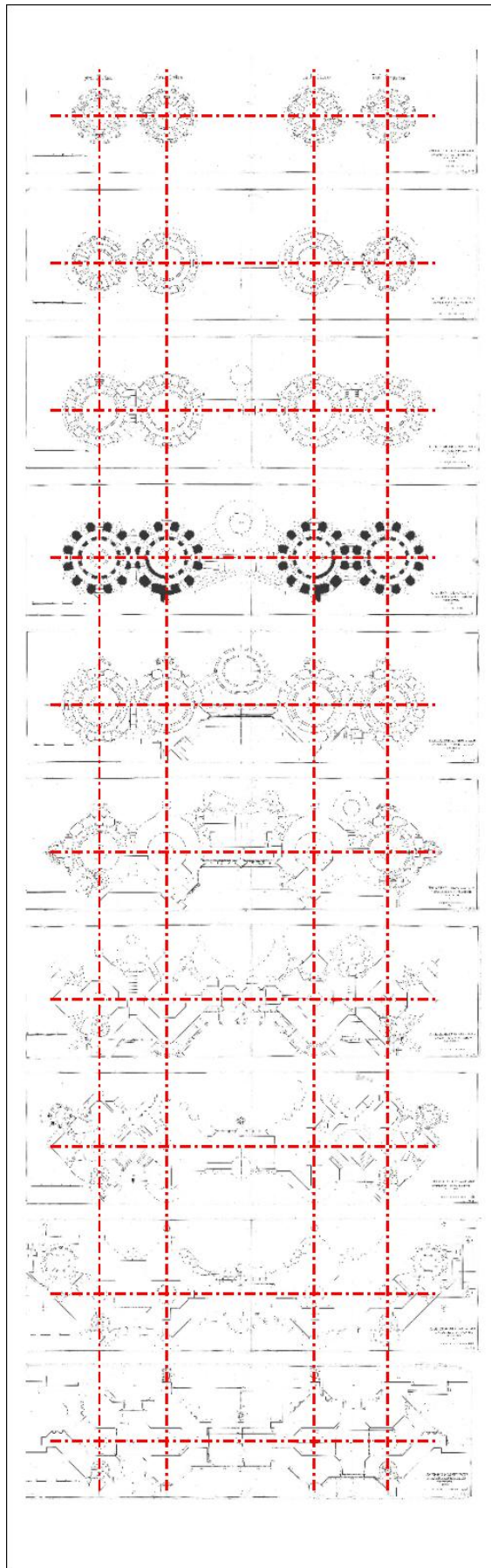


Il·lustració 2-3 - Model informàtic 3d del pinacle segons traçats de Roriczer

3. Fotografia del dibuix de la Façana de la Catedral de Barcelona de Martorell, passat a tinta per Gaudí

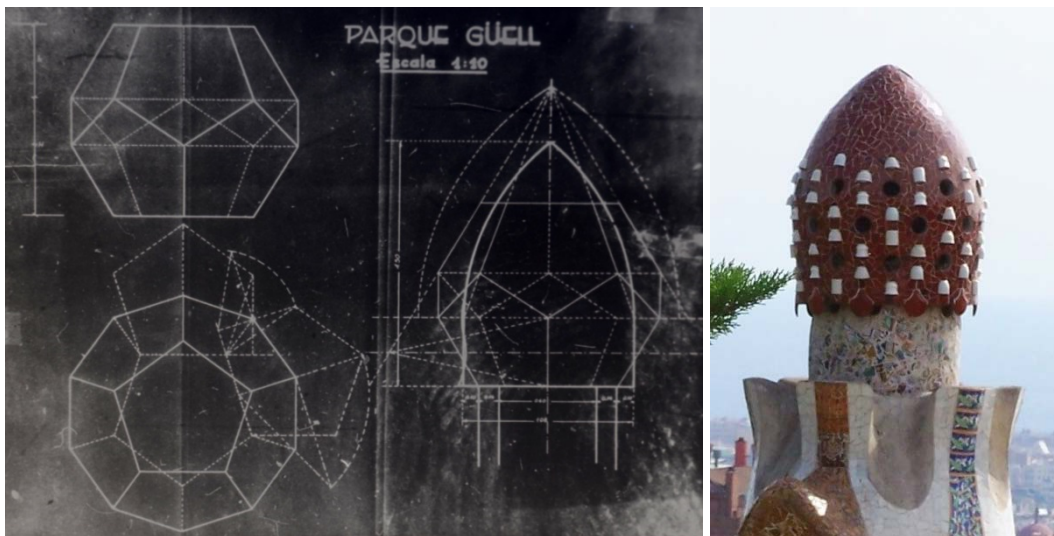


4. Plantes de les torres sobreposades

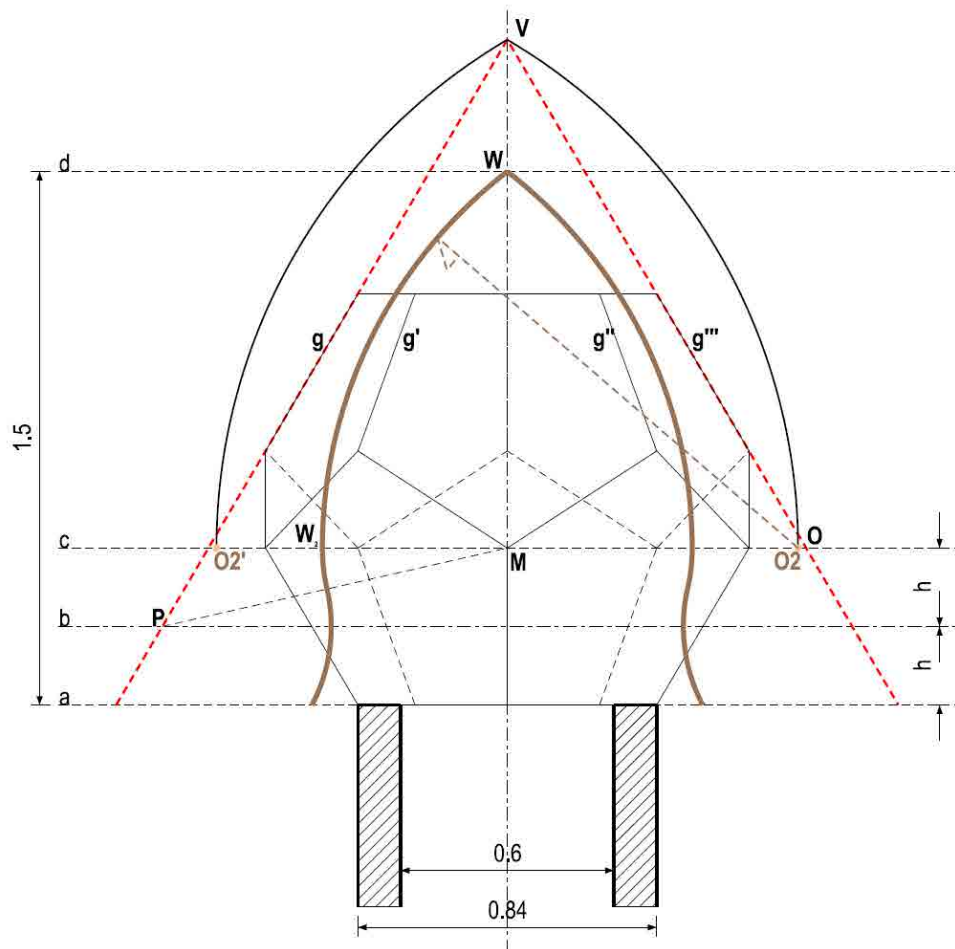


5. Remats dels pavellons d'accés al Park Güell

En els documents trobats a l'arxiu de Bassegoda, mentre estudiàvem aquesta torre, existeixen uns dibuixos de Puig Boada on es refereix a les cúpules dels altres dos elements terminals dels pavellons d'accés al Parc. En elles el traçat geomètric que segueix és molt interessant i tot i que no n'hem aprofundit en l'estudi, sí que hem volgut dedicar-hi un temps al seu anàlisi de traçat geomètric. En la primera imatge que presentem a continuació el traçat corbat de les anomenades "amanita muscaria" que corona la torre mirador de la casa del Guarda, es basa en la utilització d'un dodecaedre, possiblement jugant amb les proporcions aurees que el defineixen. A continuació en detalllem el traçat que segurament cal atribuir-lo a algun dels deixebles de Gaudí.



Il·lustració IV-1 Fotografia de la fotocopia original a l'arxiu Bassegoda



Amb l'alçat del dodecaedre col·locat sobre l'ampla de la xemeneia es troba el punt superior **V** allargant les arestes de la meitat superior del dodecaedre (g, g', g'', g'''). Aquestes arestes també s'allarguen fins a la base del dodecaedre determinant el punt **O**. Amb centre en **O** i radi **OV** tracem el primer arc fins a la recta **c** i el seu simètric.

La intersecció d'aquest arc amb **c** dona un nou centre **O₂** que amb radi fins a **W** determina el primer tros de contorn d'aquest barret (el punt **W** està situat a l'eix i a 1,5 metres respecte la base del dodecaedre. No hem trobat cap relació entre el 1,5 i la resta de mides del dodecaedre o xemeneia).

El tram de la corba de la part baixa està format per dos arcs: s'inicia en **W₂** amb centre en **M** fins a la recta **PM** on canvia l'arc per ser amb centre en **P** i arribar fins la recta **a**.

En essència la proporció de la curvatura del barret prové directament de les proporcions implícites en el dodecaedre, convertint una forma aparentment lliure en una forma perfectament geometritzada.

6. *Pinacle de la Façana de la Passió*

Els pinacles de la Façana de la Passió estan concebuts sobre la base del nombre 4, a diferència dels pinacles de la Façana del Naixement que es dissenyen amb la base del nombre 3. En un primer cop d'ull les diferències entre l'un i l'altre a nivell de proporcions són imperceptibles destacant la forma de la macla com a principal element diferent. La relació de parts que el componen, Torre, Corona, Fust, Macla i Creu es mantenen i fins i tot la coloració i simbologia són molt semblants.

Amb un anàlisi més acurat de seguida es veuen les conseqüències de la seva concepció sobre el número 4 i també de la seva generació a partir d'una planta el·líptica, condició que provoca amplades diferents en funció del punt de vista.

Donat que aquesta façana fou executada pels successors de Gaudí, i que existeix força documentació al respecte, no hem esmerçat temps en l'aixecament del seu estat final però sí en els textos i maquetes que Gaudí havia treballat pensant en els pinacles d'aquesta façana. En aquest annex s'analitza la macla, i part del tronc per reforçar el discurs ja plantejat en el capítol de la tesi "La macla" dedicada a Sant Bernabé.

En la següent fotografia d'una de les vitrines del museu de la Sagrada Família es pot veure el pinacle reconstruït, en part, corresponent a la façana de la Passió.



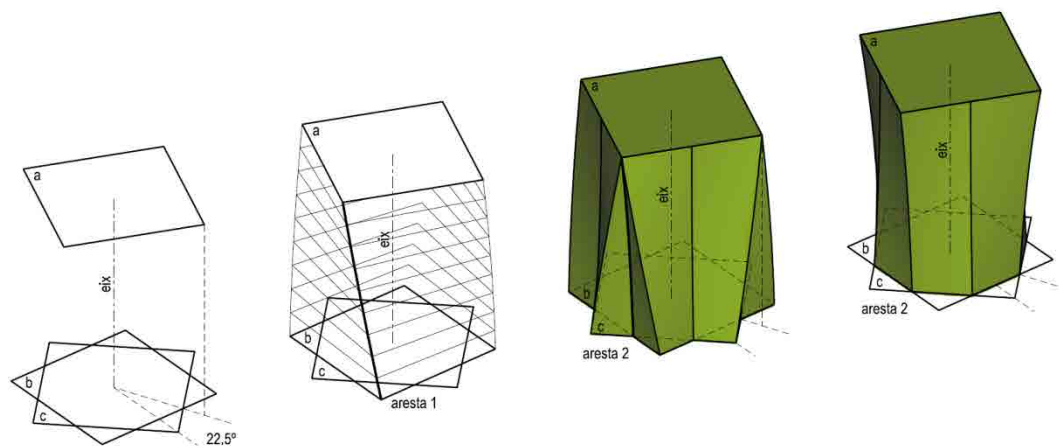


Il·lustració VI-1, estudis previs (vitrines museu Sagrada Família)

1.1.1 El tronc

La base compositiva és el número quatre i el tram que mostra la maqueta de la fotografia anterior correspondria als trams 3,4 i 5 vistos en el pinacle dedicat a Sant Bernabé, és a dir, tot el tram que queda per sobre les lletres Hosanna i Excelsis. Les principals diferències d'aquest pinacle estan en les seccions horitzontals, i en la forma de la macla. Compositivament l'alçat és exactament igual que el de Sant Bernabé.

És molt interessant el tros corresponent a la part inferior de la maqueta on es passa del nombre 8, basant-se en l'estrella de vuit puntes, al nombre 4 del polígon regular quadrat. Aquesta transformació és exactament la mateixa que s'utilitza en la resolució de les columnes del temple, conegudes com les columnes de doble gir. En realitat la part baixa on es passa de l'estrella de 8 puntes (o dos quadrats rotats 45°) al quadrat, correspon a la macla de la transformació, exactament igual que en la generació de la columna de doble gir, però allà, enlloc de quedar-nos amb la macla ens quedaríem amb el sòlid comú. La següent seqüència explica aquesta generació.



Començant per l'esquerra, l'esquema mostra els dos quadrats de la base (b i c) rotats 45°. Mentre que c i a roten 22,5° respecte la planta.

La segona imatge descriu la superfície de transició entre el quadrat inferior b i el quadrat superior a. Aquesta superfície correspon a un helicoide perquè les arestes són hèlix, però si la transició es fes sobre una aresta 1 recta, el resultat formal variaria molt poc, però la superfície seria un paraboloides hiperbòlic.

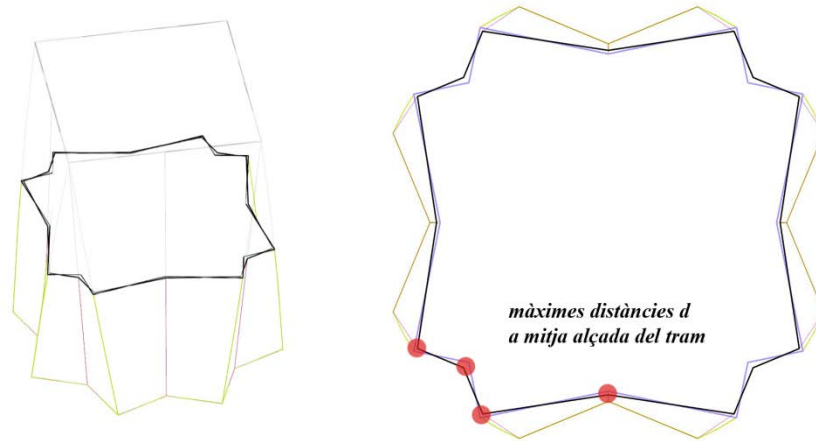
La tercera imatge mostra la macla fruit de la suma de les dues torsions, c amb a i b amb a. Apareixen noves arestes que són les interseccions entre les dues torsions.

La quarta imatge i final, és el sòlid comú entre les dues torsions, on només hi ha les arestes de les interseccions. Aquesta quarta imatge podria correspondre a un tram de la columna de "doble gir".

Geomètricament totes les arestes són corbes (hèlixs), però què passaria si fossin rectes? És clar, que les cares superior i inferior no canviarien, i també és clar que l'error entre una i altra fora molt petit, en canvi la seva construcció seria molt més senzilla perquè les arestes poden definir-se a partir dels vèrtex marcats directament sobre les dues seccions superior i inferior. A més les cares triangulars serien planes.

En l'estudi que fem sobre el model 3d, la diferència entre una secció (de generatrius hèlixs) i una altra secció (de generatrius rectes) és d'uns 9cm a la part central, prenent com alçada del tambor 1 metre. Per tal d'explicar-ho n'hem generat un vídeo.

[VIDEOS\passió-troncoriginal.wmv](#)



Il·lustració 8-1 Quadre extret del video explicatiu.

Per sobre d'aquest tram i amb la base del 4 un prisma de base quadrada s'enlaira fins la macla. Com en el cas del pinacle dedicat a Sant Bernabé, la macla està girada respecte la vertical per tal d'orientar-se amb la torre central. Aquesta torsió arrossega el prisma que seguint el mateix criteri que abans podria transformar les seves cares planes en helicoides o, sí les arestes fossin rectes, paraboloides.

1.1.2 El poliedre de la Façana de la Passió

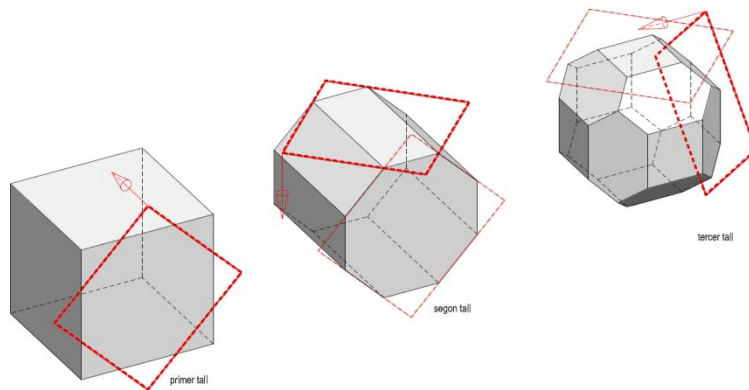


A la fotografia anterior feta a la vitrina del Museu de la Sagrada Família, on s'han restaurat part dels pinacles originals se'n pot veure una mostra, on el resultat de la macla no és el definitiu.

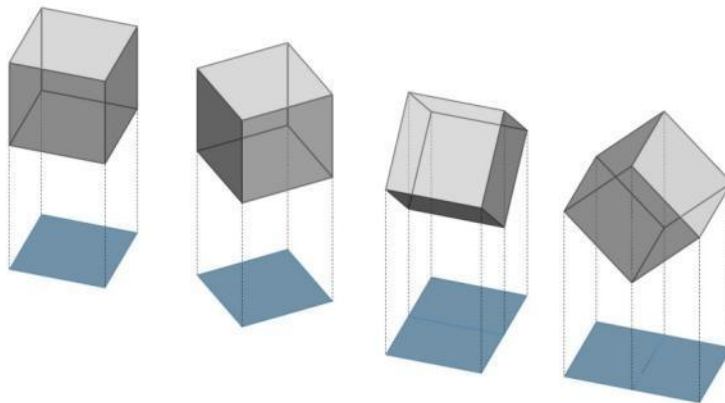
En els models, i centrant-nos en la macla de la façana de la Passió, Gaudí només treballa amb la peça del cub. La proporció entre la macla i la resta de pinacle continua essent la mateixa que en el model definitiu, en canvi, els elements que

defineixen la volumetria de la maqueta atribuïda a Gaudí i la forma final construïda, són molt diferents.

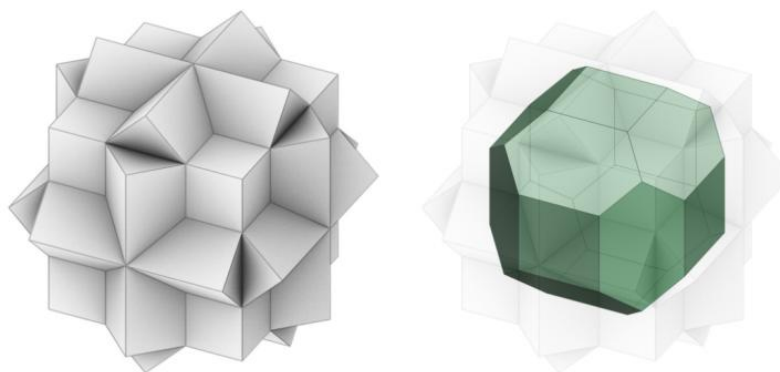
Si prenem un cub i el seccionem varies vegades obtenim la peça de la maqueta.



Una altra forma d'obtenir-la és a partir de tres cubs rotats a l'espai situats sobre el mateix centre geomètric. El sòlid comú d'aquestes tres cubs rotats 45 graus en cada un dels eixos XYZ donen la mateixa geometria d'abans.



Il·lustració VI-1, Posició del cub abans de col·locar-se sobre el mateix centre.

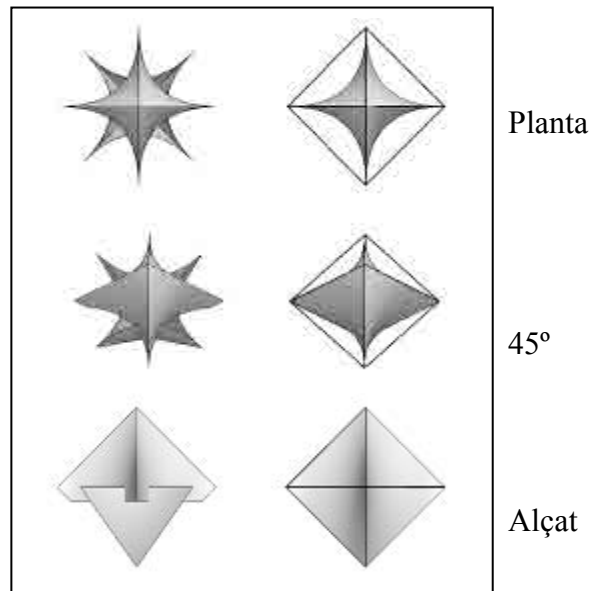


Il·lustració VI-2, Macla i sòlid comú de la suma dels 4 cubs de l'anterior imatge a aquesta.

Aquest sòlid és el resultat literal de la descripció que en fa Gaudí i que recull Martinell en els seus escrits, on manifesta explícitament:

EN ELS CAMPANARS DE LA PASSIÓ AQUEST NUS ÉS UN CUB, AMB ELS VÈRTEXS XAMFRANATS, I EN ELS CAMPANARS DE LA FAÇANA DE LA GLORIA SERAN PENTADODECAEDRES.

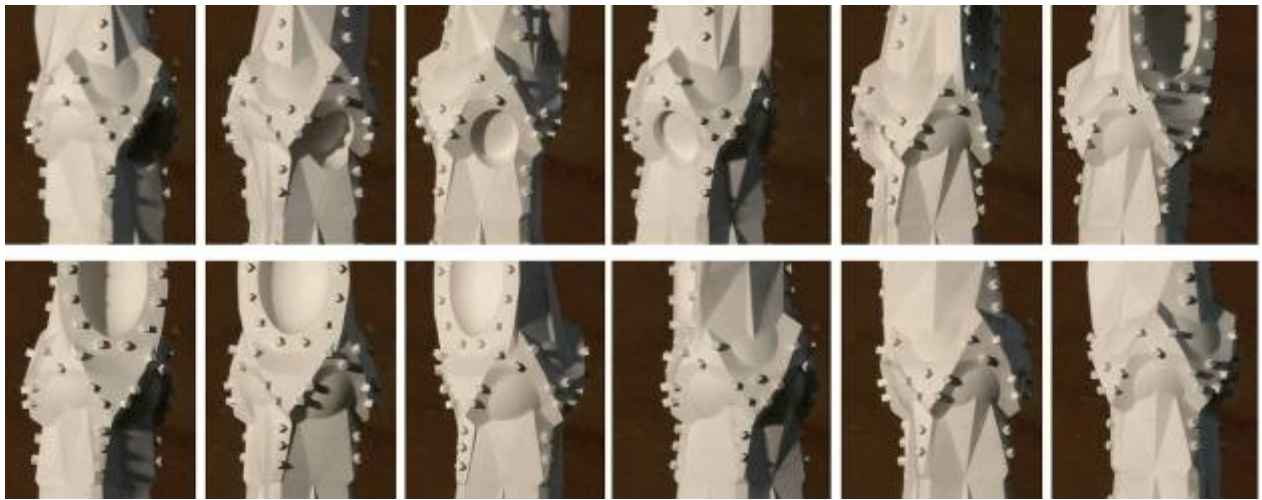
La macla definitiva dels pinacles de la Façana de la Passió i per tant la que es va construir no correspon únicament a Gaudí. La solució presa per Cardoner no té en compte (almenys aparentment) la proposta que Gaudí havia fet en les maquetes prèvies i de les quals en queden restes originals, de fet Cardoner introdueix un nou element en la definició d'aquesta macla, es tracta de la utilització de superfícies reglades per a la resolució de les cares dels poliedres. La macla que atribuïm a Cardoner, s'inicia amb la construcció de 4 paraboloides que després són tallats i manipulats fins a la peça final. Aquest tipus de geometria no és gens aliè a la figura de Gaudí però no manté, al nostre entendre, la concepció geomètrica original.



Aquesta seqüència mostra l'inici de la peça en planta i alçat, amb una vista intermitja, d'aquesta manera es comprèn la peça en la seva totalitat, abans de ser manipulada.

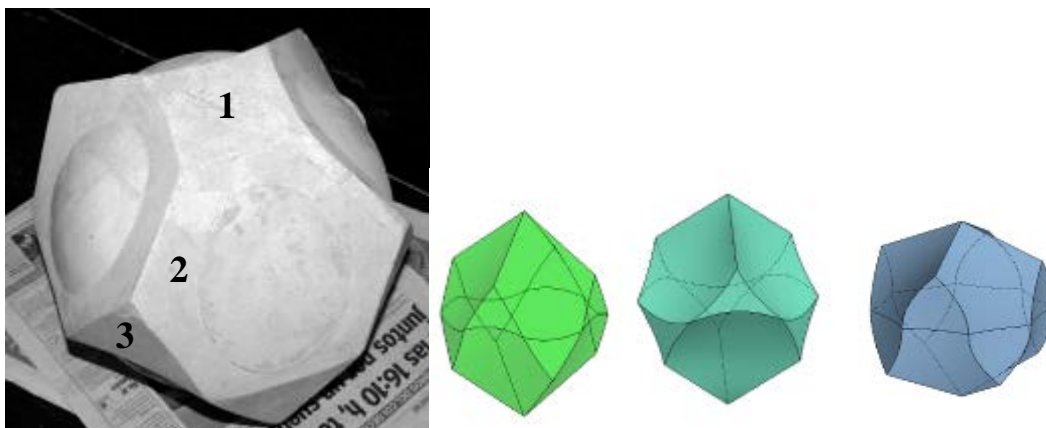
Un cop coneguda la geometria base de la peça es localitza en un dels informes d'obres del temple un petit tractat on s'explica la geometria gaudiniana. Concretament és Francesc de P. Cardoner, arquitecte successor en les obres del Temple qui explica les figures polièdriques anomenades Tripabòdic, Tetrapabòdic, Pentapabòdic⁹. Aquesta informació és importantíssima perquè consolida el treball desenvolupat fins el moment.

⁹ A l'annex 1 es pot veure un resum d'aquestes fitxes explicatives.



Il·lustració 4-2 Seqüència fotogràfica de la maqueta de guix que existeix al Temple de Sagrada Família del pinacle tipus de la façana de la Passió,

Com en els pinacles de la Façana del Naixement, aquí també existeixen maquetes originals i motlles on clarament es reflecteixen la forma de la macla. En aquest cas, en el taller de maquetes, també existeix la peça aïllada de la resta de pinacle, peça que ens ha permès treballar còmodament fins arribar a la seva definició geomètrica final.

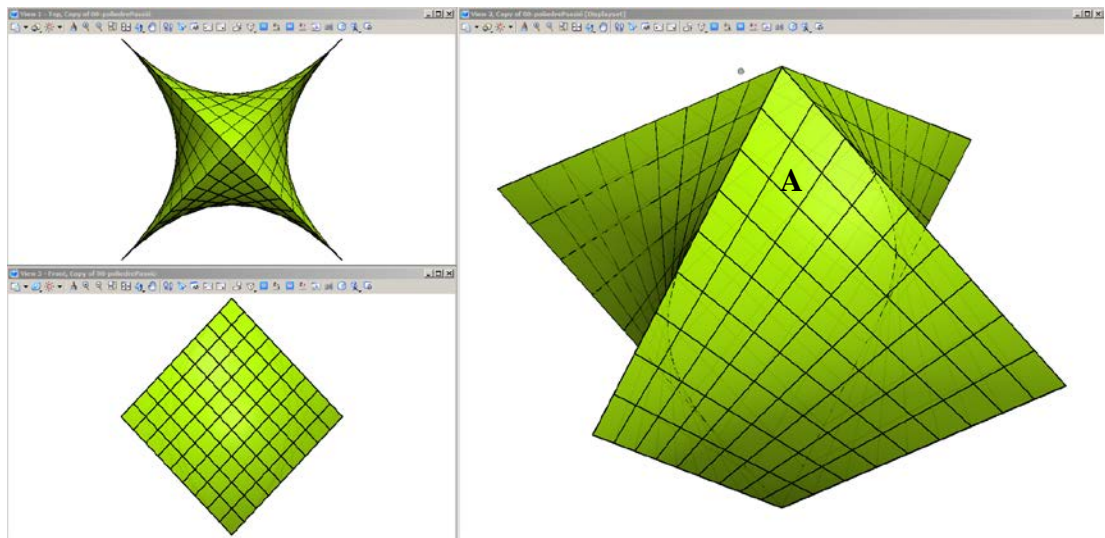


Il·lustració 4-3 Fotografia de la maqueta i algunes propostes evolutives de l'estudi.

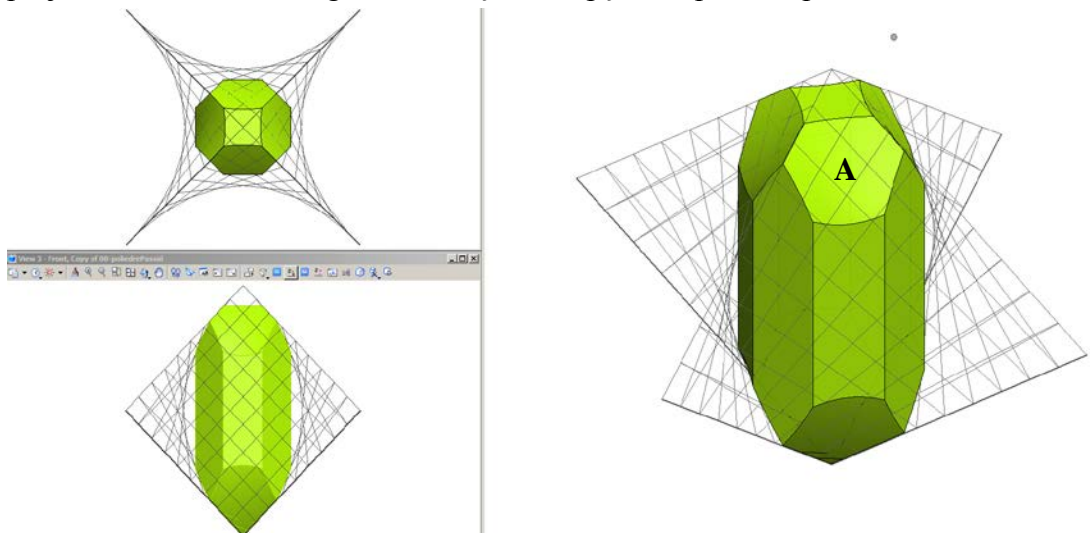
Tot i la nostra voluntat per tal d'arribar a una solució final a partir d'elements geomètricament elementals basats en poliedres regulars, el cert és que la seva resolució final no els té en compte. En la geometria de la peça es diferencien tres tipus de cares principals:

1. Les cares horitzontals corresponents a quadrats de costats corbats.
2. Les cares laterals, en essència es tracta de paraboloides hiperbòlics.
3. Les cares verticals corresponents a triangles de costats, també corbats.

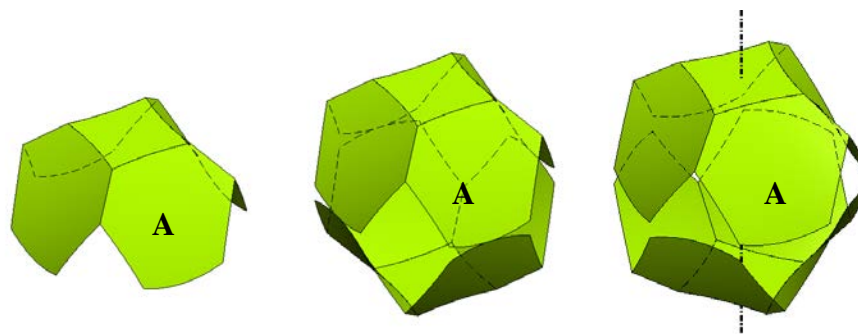
Amb aquestes bases, es comença a treballar a partir d'un tetrapabòdic és a dir, la combinació de 4 paraboloides hiperbòlics seguint els traçats de Cardoner.

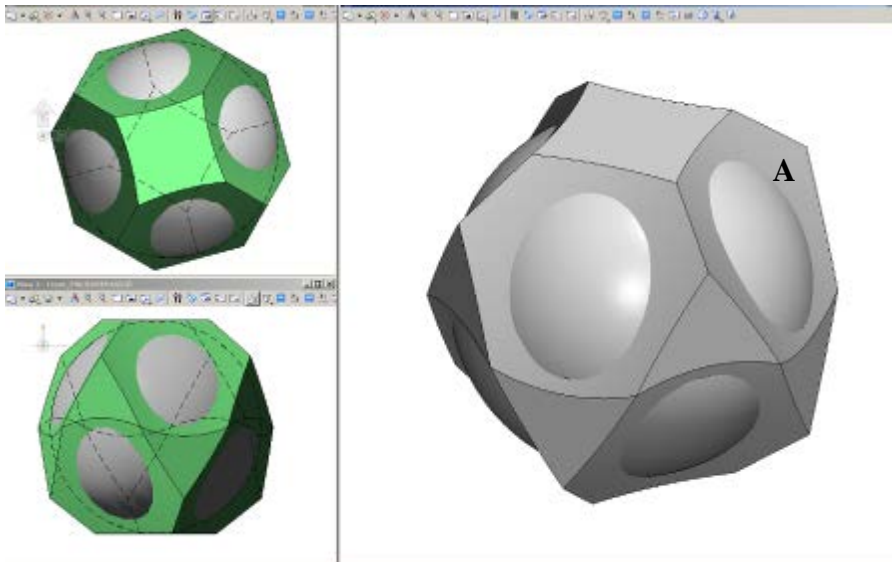


Un cop generat aquest volum se li apliquen els talls corresponents: en planta projectant un octoedre regular i en alçat, escapçant la punta superior.



Amb els talls executats ens quedem només amb les 5 superfícies superiors, les quals són simètriques respecte l'eix horitzontal. Per obtenir la peça final cal rotar la part inferior 45° respecte l'eix vertical. A continuació només cal afegir l'esfera central.

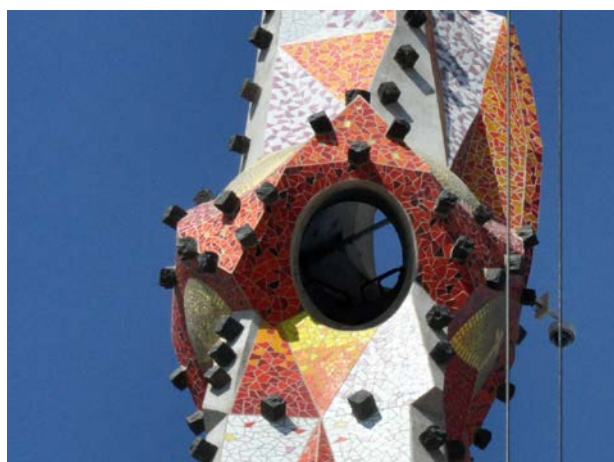




Il·lustració 4-4 Imatge extreta de directament de la pantalla, amb la planta, l'alçat i una axonometria.



IMATGES DEL POLIEDRE DEL PINACLE DE LA FAÇANA DE LA PASSIÓ



7. *Poliedre del Pinnacle dedicat als Evangelistes*

En el transcurs de la tesi i gràcies al constant contacte amb la Junta constructora del Temple de la Sagrada Família, se'ns planteja la possibilitat d'estudiar i proposar una solució per la macla que formarà part de les torres dedicades als Evangelistes. Resumim a continuació les diferents fons amb les que ens hem basat a l'hora de proposar una solució geomètrica a l'element.

Icosàedres regulars a les torres dels Evangelistes

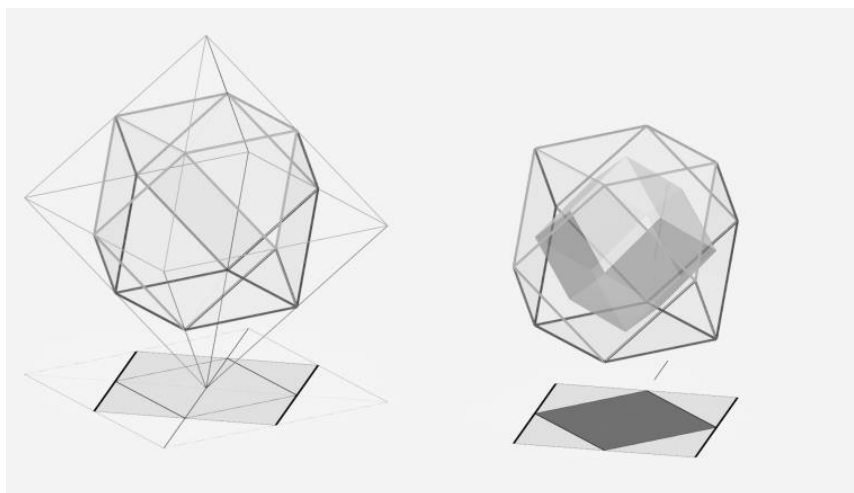
Una referència clau a les torres dels Evangelistes la dona César Martinell: «Les quatre més baixes acabaran en estrelles icosaèdriques, que seran focus lluminosos. Seran icosaèdres transparents amb llum a dins per il·luminar de nit, i al mateix temps seran reflectors, per brillar de dia. Les arestes seran reflectores i les cares, transparents».

Els quatre poliedres, idèntics, podrien ser, doncs, icosaèdres. Tindria sentit que tinguessin una posició inclinada, amb dues cares paral·leles perpendiculars a la verticalitat del pinnacle. Hom pot imaginar que totes les cares fossin vidrades de color platejat reflectant i que una esfera que intersequi a les cares determinés en cada cas els dos focus de llum, un dirigit a la creu del cimbori de Jesucrist i l'altre, cap al carrer.

Il·lustració 5-1 César Martinell

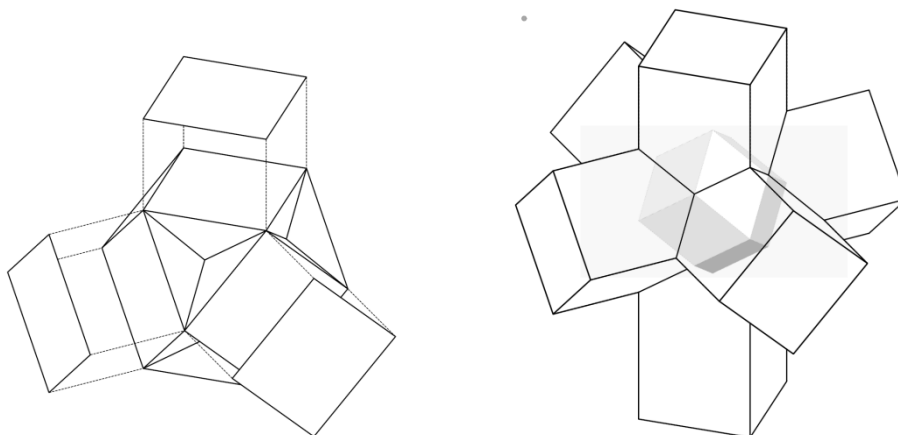
respecte la segona imatge. En canvi la secció del segon plànol es refereix al dibuix de la part superior.

Del sòlid comú entre un octaedre i un cub en surt una figura anomenada CUB-OCTAEDRE. Aquesta figura també té un dual que és el ROMBE-DODECAEDRE. Figura que en veure els dibuixos de Berenguer ens ha vingut al cap després d'haver-ne fet el repàs en el capítol introductori dedicat a la geometria de Gaudí. La relació apareix en veure uns vèrtex on hi arriben 3 arestes i uns altres on n'hi arriben 4. Sembla clar, que Berenguer en els dibuixos alçat, està treballant amb aquesta base geomètrica.



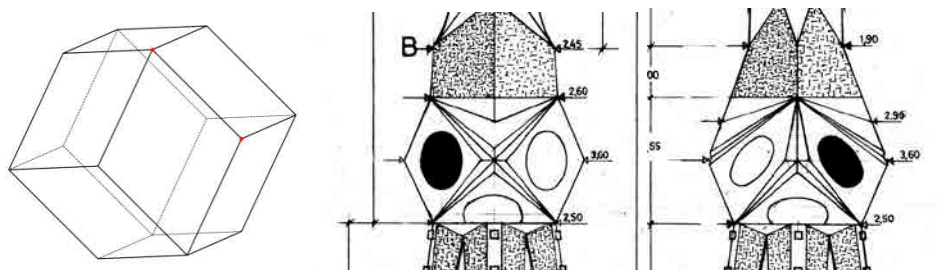
Il·lustració VI-3 Generació del rombe-dodecaedre a partir del sòlid comú entre l'octaedre regular i el cub o hexaedre.

El rombe-dodecaedre forma part de la família de sòlids de Catalan, poliedres que es generen amb els duals dels sòlids d'Arquímedes. Les cares que formen el poliedre no són polígons regulars, però els seus angles dièdrics sí que són iguals i a més en el rombododecaedre les arestes també són uniformes. Aquest sòlid comú també es pot aconseguir a partir del sòlid comú que formen tres prismes de base quadrada orientats en els tres eixos de l'espai, tal com mostren les figures.

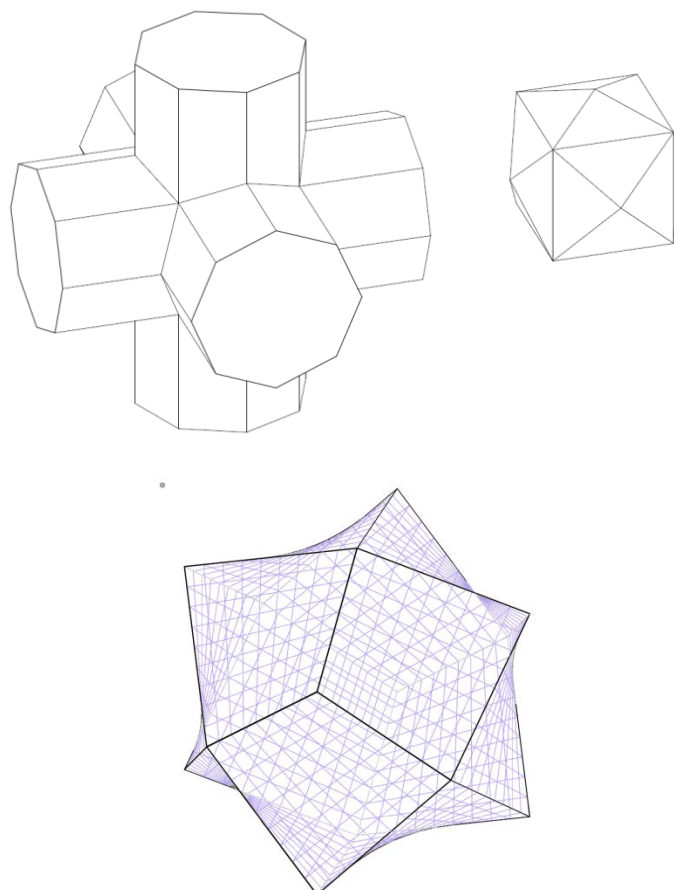


En la figura resultant es poden veure clarament els vèrtex on arriben quatre arestes i els vèrtex on n'arriben 3, exactament igual que els dibuixos de Berenguer, però

el perímetre de la peça que presentem en aquest punt mai té vuit costats paral·lels dos a dos.



Rebobinant el procés de generació de la peça i tenint en compte els processos de treball del taller de Gaudí a partir de successives maquetes de guix proposem una nova solució que s'acosta molt als dibuixos de Berenguer. Es tracta de generar el mateix sòlid comú però enlloc d'usar tres prismes de base quadrada n'usarem tres de base octogonal. D'entrada el resultat no és el que s'esperava, però si eliminem les línies horitzontals i verticals i només ens quedem amb les diagonals, per utilitzar-les per generar paraboloides el resultat és sinó el mateix molt proper al proposat per Berenguer.



Il·lustració 5-2 Interpretació de la Geometria bàsica de la macla proposada per Berenguer pels pinacles dedicats als Evangelistes

1915 – Maig (pag 101-107)

156

Ensayo de Campanas en el Templo expiatorio de la Sagrada Familia

El 5 de Mayo se efectuaron en uno de los campanarios del Templo ensayos con las campanas tubulares del «Orfeó Catalá», que sirvieron para la interpretación del *Parsifal*, con objeto de estudiar el sonido y sus cualidades de duración, intensidad y timbre con relación a la altura. Dichas campanas son de latón y tienen altura diferente cada una de ellas llegando a unos dos metros y medio de longitud. Fueron colgadas en el lugar que en dicho campanario, último de la serie de levante, más adelantado que los otros en la construcción, deben ocupar las grandes campanas tubulares en proyecto.

Hizo los ensayos el maestro D. Francisco Pujol, segundo director del «Orfeó». Se percibía distintamente el sonido de dichas campanas desde el Hospital de San Pablo, distante 900 metros del solar en que el Templo radica. Se utilizaron para hacer sonar dichos tubos, martillos de acero sin cubrir y otros recubiertos de cuero o de lana.

Dentro de pocos días se repetirán los experimentos con el juego de campanas del gran teatro de ópera el Liceo, a cuya dirección han sido solicitadas.

Los cuatro campanarios de Levante tendrán octavas completas con tonos y semitonos, como un piano. Estas campanas, cuyos ensayos han comenzado, funcionarán por percusión, empleando mecanismos eléctricos. Con vistas a este fin se construyeron ya los campanarios, por lo que su estructura difiere de los que suelen verse, habiendo dado magnífico resultado en el ensayo.

Las campanas de la Sagrada Familia han de ser la voz de la cristiandad. Un Templo sin palabra, es decir, sin culto y sin campanas, no reflejará la vida que recibe del pueblo, y no será más que un monumento arqueológico.

La vida, el trabajo del mundo, tienen sonidos, tienen latidos, sonidos distintos, pero propios. El comercio, las fábricas, la navegación, los ferrocarriles, etc., son otros tantos sonidos o manifestaciones vitales del mundo; son otras tantas voces diversas de ciudadanía, son notas distintas en el trabajo. El conjunto de todos esos sonidos son la palabra, la expresión espiritual de la humanidad. Y esas notas las recoge, las armoniza, las purifica, las eleva al Autor de la vida, al dispensador de la prosperidad de los pueblos el Templo de la Sagrada Familia. Su gama musical ha de acompañar la oración colectiva que surgirá de las amplias naves del Templo expiatorio.

Sobre el campanario, en el que se hicieron los ensayos y en el que serán colocadas las primeras campanas, hay ya montada una amplia plataforma de madera, en la que se asentará el andamiaje para la continuación de la obra. Como allí adelgaza ésta hasta llegar al remate, ha de trabajarse antes de llegar a la cúspide en el exterior, y a ello obedece la colocación del andamiaje.

En la parte de los campanarios, por encima de las campanas, pronto a ser edificadas, se leerá el ideal que inspirará sus harmo-

157

nias, *Hossanna in excelsis*. Esta es la parte alta de la fachada del Nacimiento.

Más arriba se formarán una torre o mirador en cada campanario, que lo coronará con un embema y servirá de barandilla rematando la construcción con un gran taro de armadura poligonal, a manera de taro fentillar, cuyas facetas esparcirán la luz horizontal y oblicuamente, formándose en las aristas tulipas incandescentes que contribuirán a la masa luminosa.

Ese taro en cada campanario armonizará con el conjunto de la maravillosa edificación, pues litúrgicamente los campanarios representan los difundidores del Evangelio, que es la luz: por eso los campanarios colocados cuatro en cada fachada representan los doce Apóstoles: por eso más alto, sobre la fábrica, a 125 metros, fulgurán sobre las luces de los campanarios los embemas de los cuatro Evangelistas y sobre los cimborios de los cuatro Evangelistas, que le rodearán, un cimborio de 170 metros levanta la Cruz redentora extendiendo sus brazos resplandecientes.

He aquí la relación de los campanarios; he aquí la voz del pueblo que se dirige al cielo y la voz del cielo que desciende a la tierra.

Los campanarios de Levante, en los que si alguien las sufragase pronto podrían colocarse las campanas referidas, no son más que una parte de la música del Templo; no son más que un instrumento. En la fachada que ha de construirse en el lado de Poniente, dedicada a la Pasión, otros cuatro campanarios contendrán grandes trompetas, a manera del flautado de los órganos: la tubería de este grande órgano actuará por vibración del aire, y responderá como las grandes campanas tubulares a la presión de un teclado.

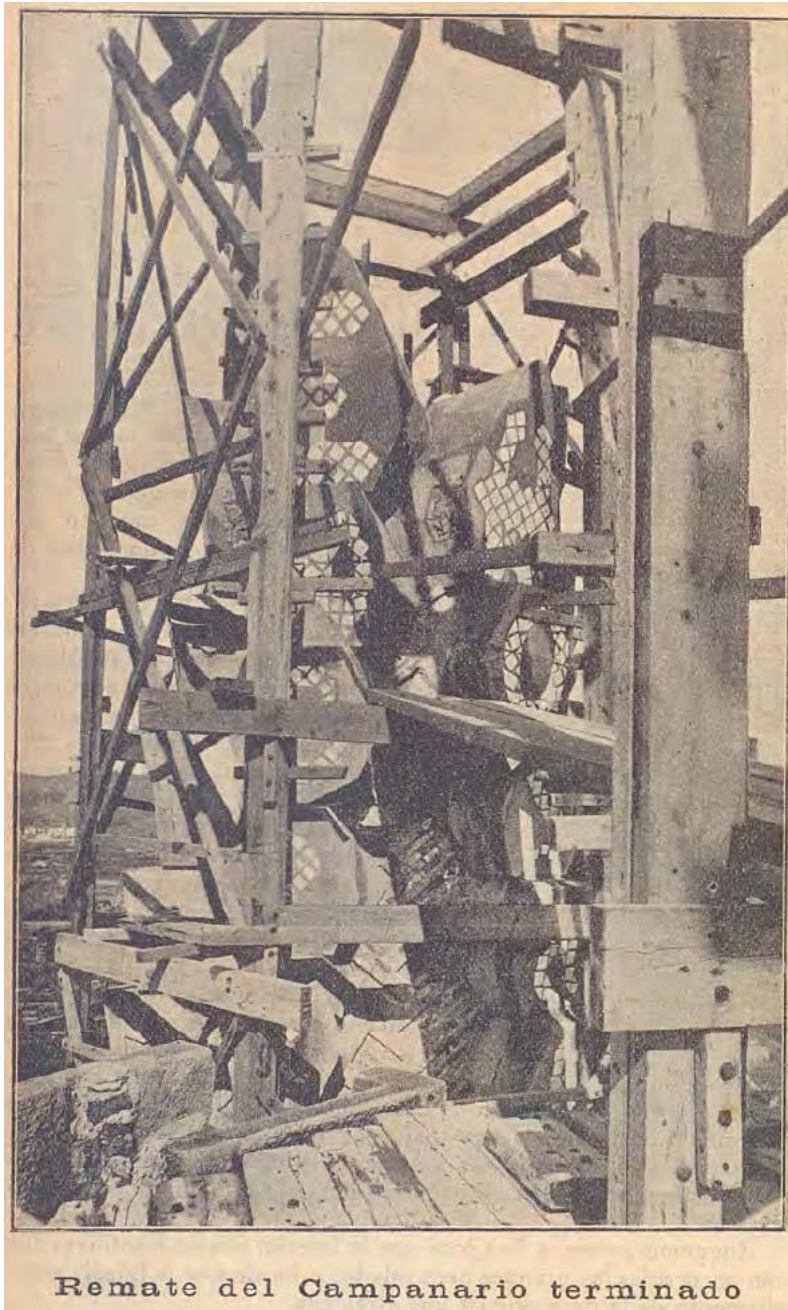
En la fachada principal habrá multitud de campanas ordinarias con distintas octavas acordadas al *mi, sol, do*, acorde perfecto consagrado por el ritual. La salmodia de todos esos elementos, con los coros de las multitudes de los que dió una idea la interpretación de la misa de *Angélus* por más de mil voces infantiles el día 25 de Abril pasado, ha de producir una emoción inexplicable.

Este es el culto que prepara el Templo de la Sagrada Familia. El culto es, en síntesis, la conjunción de la luz y de la palabra. Así lo comprendieron el Obispo de Barcelona, Cardenal Casañas, que ofreció 5.000 pesetas para construir la primera campana, y que no pudo llegar porque murió sin recursos, y el Obispo Doctor Cortés, que prometió 2.500 y legó 5.000 pesetas, (que por haberlo sido para las obras se han empleado ya en ellas), y D. Emilio Carles que hizo un donativo a este objeto de 2.000.

Estas se guardan para el referido destino. Los campanarios han comenzado a quedar en disposición de recibir las campanas. Se pide para el Templo de la Sagrada Familia la voz: la voz de los elementos que le dan vida, fuerza e inspiración; la voz del comercio, de la industria, de la navegación, de la banca, la voz de las grandes Compañías o Empresas, la voz de los artistas, la voz de los Centros de cultura. Se pide que contribuyan a formar la gama musical grandiosa del Templo de las multitudes, a dar al Templo expiatorio de la Sagrada Familia la voz de Dios esparciéndola por los aires.

1918 – Abril(pag 101-107) i Juliol

A les primeres pàgines d'aquest número 101-107 s'hi fa una àmplia descripció de la maqueta a escala 1/25 i a les pàgines 110-112 es descriu el remat dels campanars fins a l'alçada que són construïts, exactament amb la col·locació de totes les peces de les lletres Excelsis i Hossana.



Il·lustració 4-1 Es tracta del tram amb les lletres Hossana i Excelsis corresponent a la torre de muntanya dedicada a Sant Maties publicada l'abril de 1918 i executada per Gaudí en vida.

LAS OBRAS del Templo expiatorio de la Sagrada Familia

Terminada la obra de fábrica de un campanario Podemos dar a nuestros suscriptores y a los donantes de limosnas para la construcción del Templo expiatorio de la Sagrada Familia una buena noticia. ¡Se ha terminado un campanario! Uno de los cuatro campanarios, el más hacia la montaña, de la fachada del Nacimiento ha quedado terminado en su parte de piedra. Puede darse por listo ya que sólo falta el remate de metal.

Damos una reproducción gráfica. Es difícil publicar un grabado a satisfacción a causa de que no pudiendo aún ser retirado el andamiaje el maderamen de este y su sombra cortan o privan la vista del conjunto y sus detalles. Pero, aun con esta contrariedad queremos publicarla para que cada uno de nuestros lectores pueda compartir nuestra satisfacción.

Descripción Intentemos explicar algo. Los campanarios, que como habrán visto nuestros lectores, están formados por doce machones unidos por medio de unas losas de piedra dispuestas en forma de persiana y destinadas a servir de reflectores al sonido de las campanas, es decir a servir de *abat-sons*, al llegar a una altura de 74 metros estos machones se reúnen para formar el final macizo que por su forma viene a recordar las espigas que rematan los contrafuertes del ábside. Este final lo forman 6 líneas de grandes bloques de piedra superpuestos llevando cada uno incrustado en mosaico blanco una letra de las palabras «Hossana, Excelsis» de manera que se leen alternativamente y verticalmente las referidas palabras, final del «Sanctus, Sanctus, Sanctus», que se ve a la mitad de la altura del campanario. En el relieve de estos bloques algo así como es- trellas formados de vidrios de diferentes colores lucirán al reflejar la luz del sol. En el hueco que entre sí dejan los grandes bloques superpuestos del «Hossanna» palmas de mayólica en colores completarán el espléndido conjunto. Además formando como una corona las piedras que cierran los arcos de unión de los huecos que entre sí dejan los doce machones del campanario llevan incrustadas en mosaico alternativamente una cruz roja y una *ni* amarilla, aquélla del color de la sangre, ésta, inicial del Cristo, del color del aceite: redención por la sangre; unción por el crisma.

Las letras del «Hossanna» que desde el plano de tierra presenten sólo el tamaño suficiente para poder ser leídas cómodamente, oscilan entre las siguientes dimensiones con el bloque que las sustenta: 1'15 por 1'07 metros, con 0'78 de fondo, y las que están integradas por dos piezas: 1'14 por 1'11 con 0'84 de fondo, y 1'17 por 1'17 con 0'86 de fondo. Su peso es de unos 50 quintales.

Las mayúsculas, formadas por tres bloques, tienen cada una las siguientes dimensiones: longitud, 1'47 metros; latitud, 1'34 con 1'27 de profundidad y su peso es de 103 quintales.

El remate superior de la construcción de piedra da para la obra de fábrica de este campanario la altura de 82 metros 60 cm.

Otro campanario acabándose Terminado el campanario del lado de la montaña, adelantan las obras en el del lado de la ciudad donde van colocadas ya treinta piezas de la invocación «Hossanna excelsis».

Los picapedreros del Templo tienen labradas las restantes piedras que han de formar las demás letras y las que han de servir para dar la continuidad armónica. Únicamente la falta de presión del gas para el motor del montacargas que precisa utilizar para subir piedras de tanto peso a tan grande altura ha sido causa de no dejarlo ya terminado al finir este verano.

Visita. 364 escalones Puede ser visitado este remate, haciéndose la ascensión por el interior de la fachada y campanarios. Para llegar al máximo plano de observación aseguible precisa subir 364 escalones, pero en cambio se goza de un espléndido panorama.

Alturas Como hemos dicho el campanario terminado tiene 82'60 ms. de altura. Los otros tres están actualmente a 78'60. Tan luego como el gas lo permita se rematará el extremo a la ciudad y continuará la construcción de los dos campanarios extremos.

Cubo de las obras durante el año 1917: 130'42 m³ La cubicación de los materiales empleados en la obra durante el año 1917 da este resultado: Piedra de Montjuich: en bloques 62'82 m³. Revestimientos de piedra: 195 m³. Total cubo piedra: 101'82 m³. Ladrillería: 28'60 m³.

Cubicación total Desde que en 1890 comenzó la construcción de la iglesia superior, es decir, toda la construcción menos la cripta, da un cubo de 16314'38 m³.

CULTOS que se celebrarán en el Templo de la Sagrada Familia (11 quincena de Abril)

Misas. Los días festivos a las 6, 7, 8, 9, 11 y 12. Los laborables a las 6, 7 y 8. **Siete Domingos.** Se rezarán acabada la Misa de las ocho en el altar de S. José. **Resario.** El Rosario se rezará todos los días a las cinco de la tarde.

Día 17. Solemnidad de San José. Además de las Misas de las 6, 7 y 8, habrá otra a las 9 y 12, trasladándose la solemnidad de la fiesta al día 21.

Día 21. Se celebrará con toda solemnidad la fiesta del Patrocinio de San José con los siguientes cultos: A las ocho, Misa de Comunión general con plática preparatoria. A las diez y media, Oficio solemne. A las cinco de la tarde, solemne función religiosa en honor del glorioso Patriarca San José, con sermón que dirá el Muy Ilustre Sr. D. Gabriel Huguet, Canónigo Penitenciario.

Además este domingo tendrá lugar a las seis y ocho respectivamente, la Comunión general de la Asociación de Madres de Familia e Hijas de María, y a las cuatro de la tarde Vía Crucis por los jardines del Templo.

Día 27. Fiesta de Ntra. Sra. de Montserrat. A las ocho, Misa de Comunión general en honor de la Patrona de Cataluña.

Día 28. A las ocho, Misa de Comunión general reglamentaria de la Asociación espiritual de devotos de San José. A las cinco de la tarde, Rosario y pláticas ejercidas en honor de San José.

Otro campanario acabado

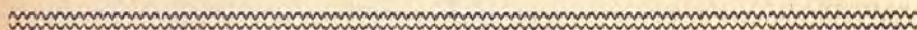
Al dar cuenta (página 111) en EL PROPAGADOR del 15 de Abril de este año del estado de las obras del Templo expiatorio de la Sagrada Familia no sólo tuvimos la satisfacción de anunciar a nuestros lectores haberse terminado felizmente la obra de fábrica de uno de los cuatro campanarios de la fachada del Nacimiento, del cual publicamos grabado, sino que también pudimos añadir (página 112) que estaba rematándose la construcción del otro: el más cercano al mar.

Ya está también terminado. Como saben nuestros lectores cada uno de los doce campanarios que tendrá el Templo irá dedicado a un apóstol. El que se estaba terminando va dedicado a San Bartolomé cuya fiesta conmemora la Iglesia el 7 de Junio.

Tuvimos la satisfacción de que en tal día fuera colocada la última piedra. Para recordar la fecha fué esculpida en el bloque la inscripción siguiente J. M. J. = Laus Deo — San Bernabé Apóstol = Any 1918.

Su descripción, altura y modo de visitarlo son en absoluto idénticos al del que hablamos en el citado número de 15 de Abril, que deben poseer todos nuestros lectores y que nos abstenemos de reproducir dado el escaso tiempo trascurrido.

Quiera el Señor y así de El lo alcance San José que bien pronto puedan rematarse los dos campanarios que faltan, dar fin a las linternas de las puertas, poder proceder al labrado de las estatuas y así poder recrear el alma en la contemplación de esta fachada cuyo monumental conjunto canta el nacimiento y la infancia de Cristo Jesús.



Il·lustració 4-3 juliol de 1918

9. Revista "El Temple"

Gener/Febrer 1978

1. Forma constructiva.

| Façana | Materials | Estructura | Encofrat | Color |
|-----------|-----------------|----------------|--|-------------------|
| Naixement | Morter de calç | Ciment + ferro | Perdut amb | Panels d'opalines |
| Passió | Formigó ciclopi | Formigó armat | obra de l'5 | de 60 x 60 cm. |
| | | | Prefabricats de gran tamany, fins a 3 m i 3,5 Tn amb les opalines incorporades | |

4. *Estructura.* Es, també, com el Naixement, una columna monobloc, armada, que lliga el costellam del campanar pròpiament dit, el cos central, muntat sobre el triple portal; els tornaveus són el lligam i la riostra que els abraça helicoidalment i els dona un ritme creixent i ascendent. La resultant de les càrregues és també la paràbola que s'obté del càlcul del seu equilibri de forces.

5. *Materials.* S'han emprat gairebé els mateixos materials que usà Gaudí, adaptats, però, amb les tècniques actuals: la calç és substituïda pel morter de ciment Portland, ciclopi, en la mateixa forma d'estructura constructiva, farcit, l'emplèctum dels

romans. Estructuralment i decorativament, ensems, s'ha usat per primera vegada granit sintètic, de resultats, segons anàlisis, de millor qualitat constructiva que el natural; introdueix un nou color en els materials constructius nobles, i ens ha permès la prefabricació d'alguns elements, amb la consegüent economia.

6. *Simbologia.* Com en tot el Temple, però aquí amb molta més preponderància la simbologia és la funció primera dels terminals. Ells canten i propugnen el Misteri del Crist a través del que representen, els Apòstols, els símbols episcopals: mitra, bàcul i anell. Completen aquesta idea les llumeneres que en el seu dia irradiaran a la plaça i al cim del

2. Simbologia.

| Façana | Figura geomètrica | Símbol | Elements | Astrologia | Religió | Color |
|-----------|-------------------|---------|------------|------------|------------------------|---------------------------|
| Naixement | Triangle | La vida | Naturals | Orient | Infantesa de Jesús | Or sobre vermell-taronja |
| Passió | Quadrat | La mort | Geomètrics | Ponent | Passió i mort de Jesús | Blanc sobre vermell-morad |



Moment de col·locació de la cara posterior de la Mitra.

Temple, 170 m, del cimbori central. Per aquesta raó els terminals són accessibles fins al nus central que alhora és el punt de partida de la plàstica, rítmica i modulació del conjunt.

No ens estenem ara en explicar tota la simbologia dogmàtica d'aquesta façana que ja ha estat suficientment divulgada, ja en vida de Gaudí fins als nostres dies pels seus seguidors.

La recuperació de les maquetes, com ja s'ha dit, ens està descobrint el ritme i la simbologia interna i estructural del Temple, com en les antigues catedrals gòtiques. Aquest ritme i sentit donat pel número ens ha permès recuperar i classificar moltes peces. Amb tot, resulta que les diferències que hi ha entre els campanars són accidentals, com podem observar en el present quadre número 2.

6.2. *El nus central. Cristall.* Es el símbol de l'anell episcopal. Ens detindrem en aquesta peça, més que res, pel que representa d'aportació i novetat. La segona forma recuperada dels terminals de la maqueta de Gaudí no és acabada i són els únics fragments de maqueta originals recuperats d'aquesta façana. S'estudiaren diferents posicions sense resultat; no ens donà cap forma elegant i d'acord amb les altres de Gaudí fins que casualment en partir de les formes primeres, les més simples, sorgí l'octo-paraboloidièdric, figura geomètrica regular de l'espai, obtinguda per vuit paraboloides hiperbòlics, figures geomètriques usades amb profusió en el dibuix original de Gaudí de la Façana de la Passió i que correspon, cronològicament, a la seva segona plàstica del Temple. Com al Naixement, macla entre dos cristalls de pirita de ferro, també és tractada en macla, múltiple ara, i formada per tres poliedres, un dels el cub, amb un gir. Si en el Naixement el teníem com a símbol de la Sagrada Família, aquí, simbolitzarà, com expressa el mateix Gaudí en parlar dels paraboloides hiperbòlics, la Santíssima Trinitat. La pirita de ferro és l'única roca natural que té per si força d'atracció, i aquí la multiplicitat de la macla —gir múltiple— representarà aquesta atracció en tots sentits, universal.

GEOMETRIA GAUDINIANA

El tetraparabolodrièdic és una figura polièdrica que té dues possibilitats com veurem i una de les quals és l'estrellada. Seguin el que deiem en el número anterior si afegim dos paraboloides en lloc d'un en el bipabòdic, figura oberta, tindrem una nova forma estrellada formada per quatre paraboloides, que si els inscribim dins d'una esfera, cosa possible com podem veure en la projecció que acompanyem, tindrem el TETRA o bé QUATREPABÒDIC ESTRELLAT i regular, com és dedueix clarament per una simple observació de les projeccions que acompanyem.

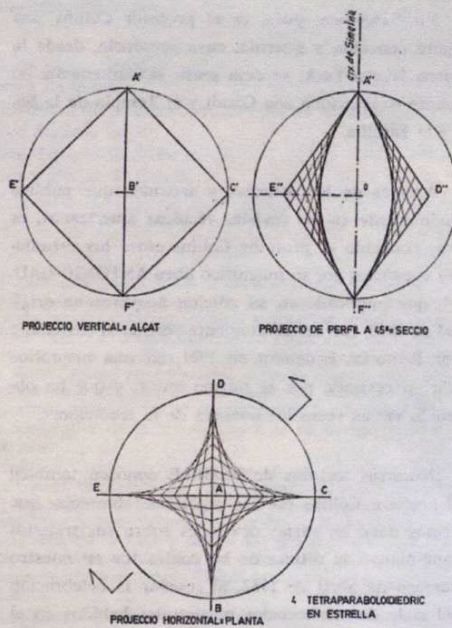
És una figura formada per 4 paraboloides, 8 arestes, dos vèrtexs de 4 paraboloides i 4 vèrtexs de dos paraboloides. Un eix de simetria de 4 posicions i un pla de simetria E «D».

COM DIBUIXAR-LA

Si tenim com sempre el radi de l'esfera circumscrita, per exemple de 4 cm., dibuixarem primer l'esfera en la projecció vertical i el seu quadrat inscrit, que ja sabem fer, i a continuació dibuixarem les projeccions horitzontals, primer, i la de perfil després, seguin el mateix sistema ja abans expressat. En la projecció horitzontal, dibuixats els quatre paraboloides, tenim la vista per sobre de l'estrella de 4 vèrtexs i en la de perfil, igualment, dibuixem primer el paraboloides A'' E'' F'' que ja sabem que el punt màxim està al mig de E'' o'' i que, al mateix temps, és la secció a 45° com és senyala en la projecció horitzontal. Si coneixem sols el costat del

paraboloides, com que tots són iguals, comencem per la projecció vertical: el costat de 45° A'' E'' i tirant la perpendicular sobre la línia de terra ens dona el centre de la circumferència, que és la projecció vertical de l'esfera i el reste ja podem seguir igual com sempre, primer en la projecció horitzontal i a seguit amb la de perfil.

F. Cardoner, arq.



INFORME D'OBRES DELS MESOS GENER I FEBRER

ESTAT DE L'OBRA

S'ha arribat en els finestrals del costat de ponent fins a la quarta filada que queda tota col·locada i aconseguint-se una altura total del mur de 9,02 metres sobre el futur nivell del temple. Ja comença a veure's des de l'entrada pel carrer de Mallorca i per sobre de les oficines.

Els picapedrers han picat durant aquests mesos 85 peces i els dels prefabricats n'han emmolat 83.

MAQUETA: Façana de la Passió

En la maqueta a escala 1:25, estudi de masses o de conjunt, han estat col·locades les nou columnes del frontó del costat dels Profetes, amb bon resultat, que permetran fer el primer estudi d'enllaços que ja s'aplicarà a l'altre costat. Si tot va bé, com esperem, aviat podrem presentar el conjunt acabat que permetrà fer la definitiva a escala 1:10 per a l'obra, i concretar els detalls constructius i plàstics.

Es treballa en el terminal dels campanars de la mateixa façana que teníem inacabat en l'escala de treball

1:10, per a posar-lo en el museu monogràfic acompanyat del seu simbolisme.

S'han fet tres peces per a l'estudi de les Formes de la Geometria Gaudí, que ja anirem donant a conèixer periòdicament.

I finalment en l'última setmana s'han iniciat els treballs per a fer una maqueta a escala 1:10 de les naus principals del Temple per ésser exposades a Madrid i que és patrocinada per la Generalitat de Catalunya, de la que ja en parlarem en un altre informe.

RESTAURACIONS

Es continua en els treballs del claustre del Roser. Ara ja és una feina més petita i per tan menys vista, però molt necessària com veurem més endavant. En principi apuntem que es pot observar que hi ha més d'un escriptor i que un d'ells podria ser ben bé Matamala, que des d'un principi sembla que ja va treballar amb Gaudí al Temple.

F. Cardoner i Blanch

1. GEOMETRIA GAUDINIANA

per F. Cardoner i Blanch

Presentació

L'arquitecte Antoni Gaudí i Cornet va enriquir la geometria de l'espai en descobrir l'aplicació en arquitectura d'unes formes geomètriques que fins llavors havien quedat relegades a segon terme. Aquestes formes geomètriques avui encara són poc estudiades i per això també poc conegudes; potser ho són per la dificultat de copiar-les a primer cop d'ull, realitzar-les i fins i tot definir-les. L'arquitecte de la Sagrada Família, però, va emprar-les amb gran profusió i encert, en especial, a partir de la Colònia Güell en l'any 1905 aproximadament i en els últims estudis de la Sagrada Família. L'arquitecte col·laborador d'ell i gran geòmetre Francesc de P. Quintana és el que va parlar-ne per primera vegada quan descriu les formes guerxes de Gaudí, paraula aquesta molt gaudiniana i molt adequada ja que les seves superfícies s'obtenen en l'espai de tres dimensions; són torçades.

La campanya de divulgació que iniciem avui és per donar-les a conèixer a tots, fins als petits, perquè com podem veure, dins de la seva complexitat són formes simples però més riques tan en llum com en la forma dels corrents doncs, com s'ha dit la seva superfície no és plana malgrat que s'obtenen per mitjà de línies rectes.

Són les dues famílies més importants la dels paraboloids i la de les hiperbòliques.

El paraboloid hiperbòlic és la primera de les formes reglades emprades per Gaudí i és la característica del seu segon període plàstic. En el tercer període emprà ja amb preferència l'hiperboloid, període que sols realitzà en el Temple.

Iniciarem l'estudi parlant de les formes polièdriques tancades i de les més simples, que és podem obtenir amb les cares que són paraboloides hiperbòliques.

De les més regulars describim dins del possible la seva llei geomètrica que les forma per comprobar finalment que algunes han estat aplicades en la façana de la Passió.

11

"Temple" 11-22-11-1997

PARABOLOIDE HIPERBOLIC

El paraboloides és una superfície engendrada, obtinguda, per una recta GENERATRIU que es desplaça, es mou, sobre dues línies DIRECTRIUS que poden ser rectes o no. A Gaudí li agradava de comparar, com a símbol, aquesta figura geomètrica, quan les tres línies eren rectes, amb la Santíssima Trinitat: la recta que es desplaça és l'Esperit Sant, l'Amor, que engendra la superfície parabòlica quan es mou recolzant-se sobre les altres dues rectes que representen respectivament el Pare i el Fill. La figura descrita és indefinida i per tant oberta.

Per a dibuixar un poliedre, les cares es delimiten per polígons de quatre costats: paral·lelogram, rombre o quadrat. Partint del quadrat, si l'hi aixequem un vèrtex o una punta obtenim un paraboloides i en aquest cas hiperbòlic o sia de doble generació. Observem com a primera conseqüència que en aixecar el vèrtex, o sia fent un gir respecte els dos vèrtex immediats, o sia conservant els costats iguals, els angles es tancaran i per a que tots els angles es conservin iguals, caldrà acostar-hi els vèrtex oposats que han servit de gir. Observem doncs que les figures que s'obtenen sempre són còncavo-convexes i per tant les figures obtingudes són poliedres de tendència estrellada.

PER ALS INFANTS

Dibuixar, com en el dibuix adjunt, un paraboloides hiperbòlic de 5 cm. de costat

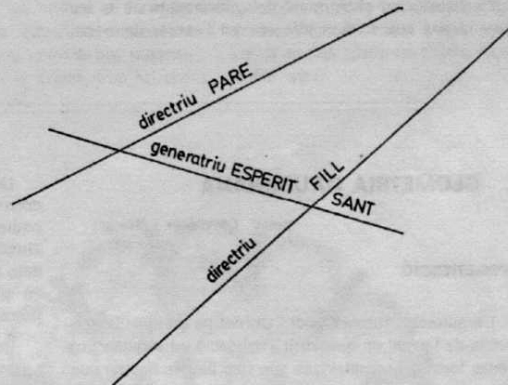
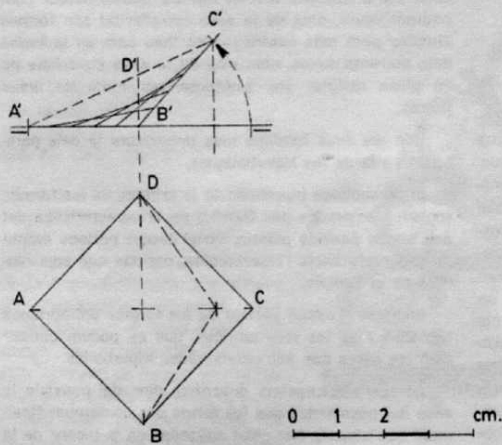
Primer: Dibuixar un quadrat de costat 5 cm. en A, B, C i D que és la projecció horitzontal i el de perfil A', B', C' i D' que és una recta: La projecció de perfil és aquella que té l'eix transversal perpendicular al pla del quadre, del paper, única posició que ens permet veure clar el paraboloides.

Segon: Aixecar el punt C, els graus que ens interesen corbar el p. h. (abreviatura de paraboloides hiperbòlic), per exemple 60 graus.

Tercer: Dividir les projeccions obtingudes de les directrius en meitats successives segons la precisió que vulguem obtenir i unim els punts oposats segons es veu al dibuix.

Quart: Amb la plantilla de corbes o a pols passem la corba comuna tangent a totes les generatrius i ens quedarà dibuixat el paraboloides vist de perfil o bé seccionat. En la projecció horitzontal o planta, com pot observar-se, no s'aprecia la superfície corba.

I cinquè: Podríem fer corpòreament en volum la figura per mitjà de ferros i cordills o bé pastelina.



GEOMETRIA GAUDINIANA

En el número anterior al donar a conèixer la GEOMETRIA GAUDINIANA del Paraboloides hiperbòlic, vam definir i explicar com es pot dibuixar i fins i tot que es podia fer amb fang o pastelina, ja que amb paper es avui per avui impossible, per un nen. Varem dir que era una forma que per primera vegada era emprada en arquitectura i conscientment per Antoni Gaudí. Per aquesta raó de les formes polièdriques obtingudes amb paraboloides o hiperboloides en direm GEOMETRIA GAUDINIANA.

Per ser les figures obtingudes amb paraboloides hiperbòlics les més simples, de cara als infants els hi donarem un nom simplificat. Són les primeres que admeten una regularitat i com veurem en alguns casos obtenim les figures tradicionals conegudes per la geometria clàssica o del pla o de l'espai. D'aquesta primera classe en direm PABODICS una contracció de **paraboloides hiperbòlic** i **dièdric**. El prefix, en grec o bé en català, si es vol, ens dirà el nombre de cares de que consta el poliedre.

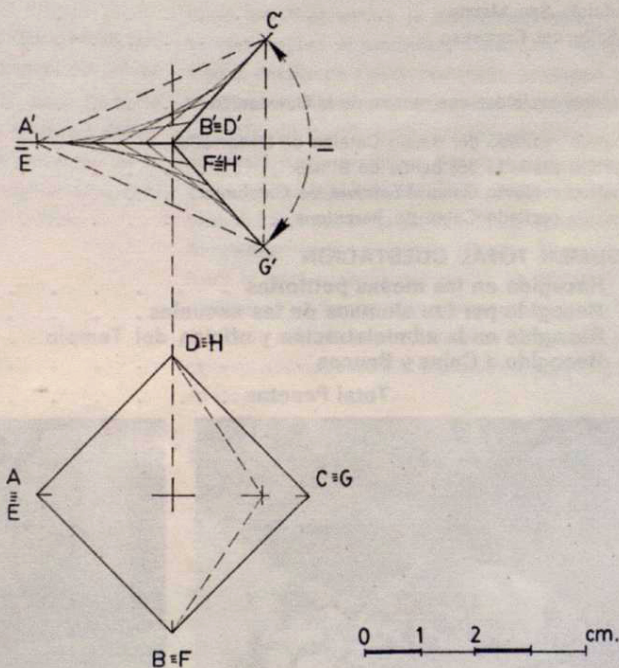
BIPABÒDIC

Es un poliedre de la geometria gaudiniana amb dues cares que són dos hiperboloides hiperbòlics. Si dibuixem dos paraboloides h. (ho posarem així per simplificar com el de la primera lliçó, observarem que no podem tancar l'espai, o sia, que ens queda una figura oberta, ja que si anem aplanant cada una de les cares quan s'arriba al límit ens queda un pla, pla que ja és de la geometria clàssica.

Fem l'observació, però, que aquesta figura pot ser emprada en arquitectura o altre art similar posant-hi planos o altres figures geomètriques, que per donar-nos figures incontrolables, no permeten cap sistematització o norma, i per tan no en parlarem.

DIBUIXAR

Dibuixem com en la lliçó anterior dos hiperboloides h. on dues directrius, dos a dos es toquin, tal com marca el dibuix adjunt, A amb E, B amb F i D amb H.



12

"Taula" Mai 1902

CORONAMENT DE L'ABSIS

Per fi, ara fa més d'un any i després de 88 anys d'espera s'ha pogut acabar l'absis, la paret primera que tanca el Temple, en el costat nord-oest amb una altura màxima de 50,50 m. sobre el nivell del Temple i aprofitant part del material que Antoni Gaudí va deixar fet i a punt ja pels vols de l'any 1892; el va deixar inacabat fent talús per a la seva següent. Així resta inacabada la primera capella de ponent, l'escala de cargol, entrada actual, i l'arc toral corresponent la part més avançada i la més baixa que en aquest punt té 12,— m., o sia, queda col·locada la tercera mènsula que deu suportar els sants de l'interior del Temple.

Aquestes mènsules així com altres detalls dels paraments interiors, que presenten formes geomètriques molt simples i que són construïdes amb pedra més toba que la de Montjuïc, Gaudí les va deixar sense esculpturar per que el temps no fes malbé l'escultura.

Antoni Gaudí, doncs, home previsor va deixar fetes les escultures dels paraments exteriors que coronaven el mur i els pinacles, baranes i gàrgoles. Aquests últims són els tres coneguts cargols que pel seu gran tamany no podien passar despercebuts en un gran pelegrinatge per l'interior del solar del Temple i dels que ja en hem parlat en una altra ocasió. Algunes peces però es perderen en els tres anys i més d'abandó, del 1936 al 1939, quan forces majors obligaren a abandonar les obres desgraciadament, i ara ha estat necessari reposar-les, aprofitant part del que s'ha recuperat. Els cinc pinacles que faltaven i part de la barana amb l'eura han estat refets molt satisfactoriament per l'escultor becar japonès Soto que ha sapigut adaptar-se molt bé a l'esperit gaudinià.

PLÀSTICA

La plàstica primera del Temple està ben representada en aquesta zona que correspon al període REVISIONISTA i en aquest cas del gòtic, estil que en aquell temps era obligat per a tota construcció o edifici religiós. Gaudí deia però que l'absis era GREC, i com veurem ho deia amb raó perquè ho era en essència i en estructura: els contraforts són reduïts a la mínima expressió ja que les cargues es verticalitzen i ja no necessiten dels arcs-botants. És una primera aproximació a l'equilibri isostàtic com en el temple grec. Les motllures no són elements solament decoratius si no que són emprades per a reforçar als elements arquitectònics i per a conduir la llum, preocupació sempre constant en l'obra de Gaudí. En els paraments exteriors l'espesjament en general i les filades segueixen el traç del sistema constructiu en pseudoisòdomon, de tra-

dició greco-sumèria i amb l'altura d'un joc de filades, dues, 61 cm. aprox., o sia, dos peus àtics antics; inicia amb això una preocupació per a la modulació i per al ritme com en la Grècia del millor temps. I finalment l'escultura naturalista-ideal porta un contingut simbòlic, contingut que Gaudí arriba a desenvolupar gradualment al curs de la seva actuació professional en busca d'un ideal de perfecció arquitectònica-estructural-escultural, que culminarà en els terminals de la Façana del Naixement. Ripoll, el gran monestir, que per aquells dies Elias Rogent, un dels seus mestres, estava restaurant, influirà molt en aquest aspecte de símbol, d'ensenyament que serà ja efectiu i ampliament desenrotllat en el Portal del Naixement que és una gran lliçó de teologia popular, com va fer Oliva en el portal de Ripoll, i que Gaudí evidentment devia conèixer.

SIMBOLOGIA DE L'ABSIS

A l'exterior del Temple Antoni Gaudí hi representa ja des d'un principi els fruits del cristià, de l'Església Militant. Com que l'absis és al nord, lloc de fred i humit, Gaudí hi representa les plantes que preferentment viuen en aquest ambient: eures, espàrrecs, horticules i herbes. Venen agrupades, però, i amb un sentit quan posa en el llevat les poncelles i a ponent les llavors. Així en el coronament de la caixa d'escala de llevat tots els terminals són poncelles, en els de l'absis propiament dit espigues d'herbes i en la caixa d'escala de ponent llavors de col i espàrrecs. Tots aquests elements eren les mateixes plantes que hi havia en el solar abans de construir-se el Temple, i així d'aquesta manera Gaudí eternitza a aquests petits sers de la naturalesa. Finalment direm que en la barana hi ha representades diverses meravelles i en especial una eura gegant meravellosa, tema que Gaudí repetirà a Astorga. Les reproduccions fidedignes d'aquestes diminutes plantes, testimonis per la posteritat, augmentades algunes més de 200 vegades s'ens fan desconegudes i sembla que siguin formes d'un altre món: les espigues, per exemple, que al natural fan uns 2,5 cm. en el Temple en fan 350.

Per a Gaudí tota la naturalesa es bellesa i ens la descriu representant-la més bella encara i amb un realisme ideal, a causa de la mida en que es realitza l'obra. Gaudí en general tendeix a una arquitectura tipo, model, ajudant-se del símbol docent o de velles arrels arquitectòniques. La fidelitat amb que Gaudí ha interpretat a cada un d'aquests elements esculturals ens permet redescobrir-los perquè no són deformats. Gaudí inicia ja el procés de fusionar l'escultura amb l'arquitectura fent-la un complement imprescindible i grat a la vista.

INFORME D'OBRES

DELS MESOS DE JUNY I JULIOL

OBRA: **FINISTRALS I MURS DE TANCAMENT**

El dia 30 de juny varem deixar els finestrals del costat de llevant al mateix nivell que els que teníem a ponent, en la filada no. 6 i a una altura de 9,72 m. des del pla del temple i en l'últim dia de juliol, abans d'iniciar les vacances d'estiu, varem posar al costat de ponent una nova filada, la setèima aconseguint l'altura de 11,27 m. des del mateix pla del temple.

S'han col·locat en aquest període 90 peces, s'han fet 135 motllos, dos emmotllats i els picapedrers han acabat 90 unitats, i deixades a punt de posar en obra.

MAQUETISTES

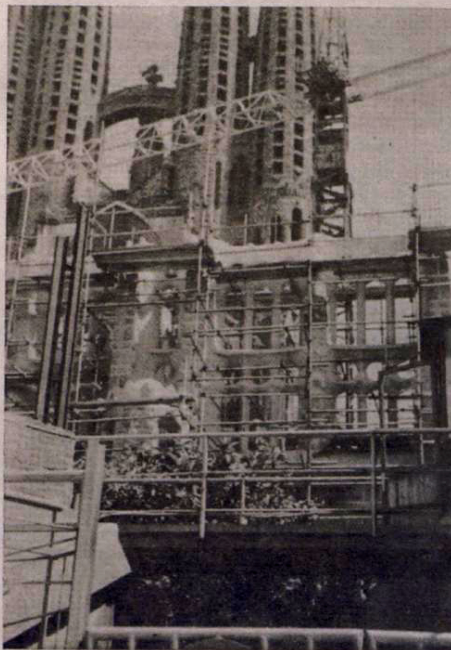
Els maquetistes en el mes de juny han tingut que anar a Madrid a desmuntar els models que es varen posar a l'exposició de «Catalunya dins l'Espanya moderna» amb molt èxit.

En la primera setmana següent s'ha treballat en recuperar i deixar exposades les maquetes originals de Gaudí i que ho han estat per primera vegada en el nostre Museu monogràfic de Gaudí, en la cripta, i s'ha completat el model de treball fet a escala 1:10 dels coronaments dels campanars de la façana de la Passió, que en conjunt fan uns 2,50 m. Complim així una vella promesa ja que d'aquesta forma és més fàcil explicar i captar tot el seu significat simbòlic. Han dedicat també els modelistes dues setmanes en la remodelació de l'exposició, però ja en parlem a part. Han iniciat finalment, els modelistes, la fabricació dels models a tamany natural dels hiperboloides dels finestrals de la rosassa superior, aptes per a fer els motllos: en tenen ja dos i mig.

Francesc de P. Cardoner, arquitecte-director

12

GEOMETRIA GAUDINIANA



En el número anterior varem senyalar que el poliedre bipabòdic és com un paraboloides sobre d'un mirall i que no ens dona un espai tancat. Si en aquest espai que queda lliure hi posem un altre paraboloides obtindrem un triparaboloides o sigui una forma polidèrica composta de tres paraboloides, que és la figura més simple que podem obtenir amb les formes reglades.

TRIPABÒDIC

Definim el TRIPABÒDIC com la figura polidèrica de l'espai, tancada i regular, inscribible dins d'una esfera, i que té per tant les tres cares iguals o sigui tres paraboloides iguals. Adjuntem el dibuix del poliedre representat en el sistema de projecció dièdrica i en les tres projeccions: horitzontal, vertical i de perfil, o secció, si el tallem pel pla definit pels vèrtexs A, E i D, que ens dona per A" i per C" la

"Temple" Juliol Agost 1983

paràbola central del paraboloides de la cara corresponent. Aquesta figura com és pot veure té tres cares, sis arestes i cinc vèrtexs, dels quals dos són triedres i tres diedres. És evident la seva unicitat i possibilitat si observem la projecció horitzontal, i si observem igualment la planta o projecció horitzontal veurem que aquesta figura pot ésser la primera d'una sèrie de figures estrellades paraboloidrièdriques.

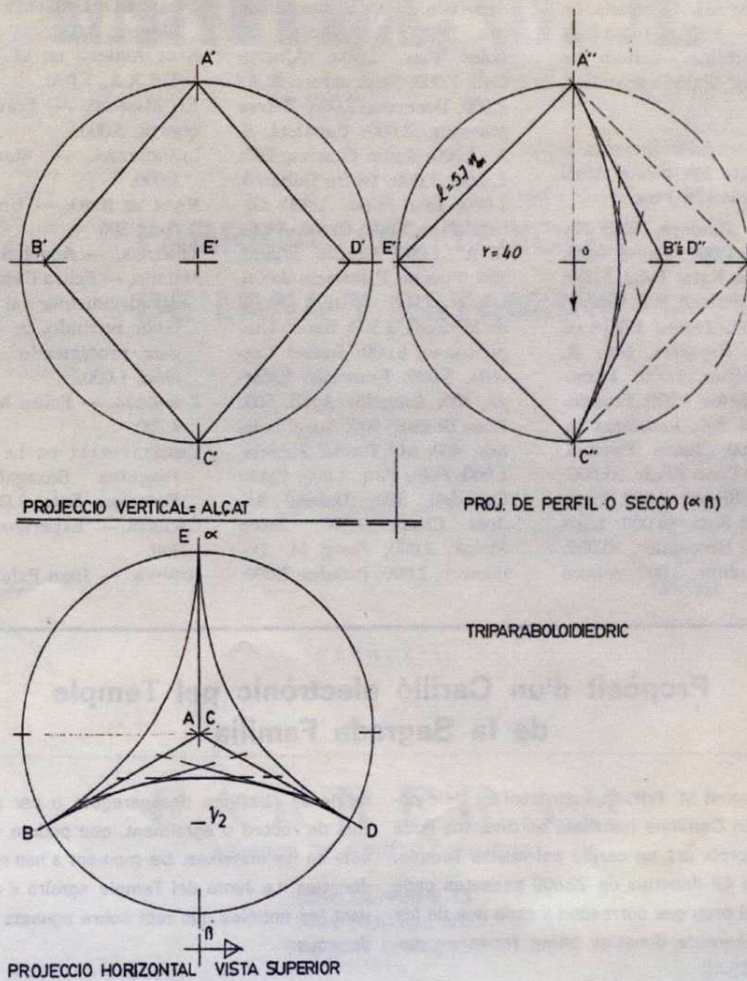
COM DIBUIXAR UN TRIPABÒDIC

És molt senzill, tan en una primera proposta coneixent el radi de l'esfera circumscrita, com coneixent el costat del poliedre. En el primer cas començarem per la projecció horitzontal on farem la circumferència amb el radi conegut, i delimitats els vèrtexs de l'exàgon inscrit, dibuixem el triangle sobre el qual dibuixarem els tres paraboloides i

successivament passarem els punts obtinguts, projeccions, en les respectives projeccions vertical i de perfil.

En el segon cas, on coneixem el costat del poliedre, o aresta, iniciarem el dibuix en la projecció de perfil fent un quadrat de punts $A'' E'' C''$ i l'oposat al A'' que deixem en punts. Per dibuixar el quadrat posem el costat, dada, $A'' E''$ a 45° sobre la línia de terra o en una paral·lela qualsevol a la línia de terra i des de A'' baixem la vertical sobre la línia de terra que ens dona el punt 0 que és el centre de l'esfera, en la seva projecció de perfil, en la que hi ha inscrit el poliedre i successivament passant a les altres projeccions podrem completar la figura que busquem.

F. de P. Cardoner, arq.



Geometria Gaudiniana

TETRAPABÒDIC, 2

Descripció

És una variant, l'única possible, del tetraparaboloidièdic en el que dos dels paraboloides fan un gir de 90° respecte a un dels eixos quaternaris. Si considerem la figura presentada en el número anterior i agafem l'eix perpendicular al pla del quadre i fem girar els dos paraboloides més pròxims tindrem la figura nova.

Com dibuixar-la

Farem tot, inicialment, com en la figura anterior del 4.1, sols que al dibuixar els paraboloides complets de les dues cares anteriors, agafem com s'ha dit l'eix perpendicular al pla del quadre DB, fem girar els dos paraboloides anteriors sobre l'eix i desplaçant-se sobre el pla AEFC perpendicular a l'eix, 90° de forma que les projeccions del punt A passen al E, les del E passen al F, les de l'F passen al C i finalment les del C, al A, tal com marca el plànol, on hi són representades les tres projeccions en diedre, però la de perfil, perquè sigui més comprensible, en la secció senyalada en el plànol.

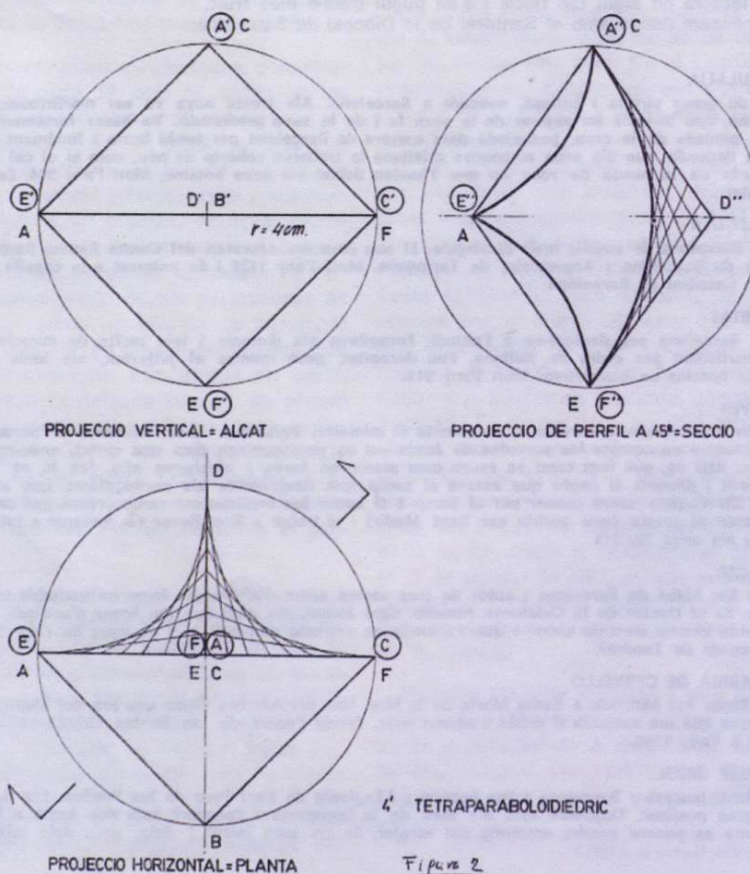


Figura 2

Gener/ Febrer de 1991. Article sobre construcció de Joan Bassegoda Nonell “La construcció tradicional a l’arquitectura de Gaudí”

De la Selecció d’articles publicats a la revista EL TEMPLE entre 1971 i 1994 per Joan Bassegoda i Nonell “L’estudi de Gaudí”

471

LA CONSTRUCCIÓ TRADICIONAL A L’ARQUITECTURA DE GAUDÍ

Gener-Febrer 1991

El principal mèrit de Gaudí, ademés de la seva ingènua inspiració artística que va fer-lo tan estimat de les muses, és el d’haver creat formes noves e inèdites emprant els materials i les tècniques tradicionals. Per aquesta raó l’arquitectura de Gaudí és intemporal, podria haver-la fet tal qual en el segle XIV o en els segles futurs.

La construcció gaudiniana va fer-se a base de pedra, maó, ciment ràpid, guix i morter de calç. Mai va emprar el formigó armat, i el ciment portland tan solament per als revestiments.

Pel que fa a matèries primes, Gaudí va emprar distints tipus de rajols fets a mà en les bòbiles, amb bona argila i so metàl·lic al ser colpejat, signe d’una bona cuita. És el maó ben cuit el que li cal, rebutjant el maó de repusall, poc cuit o el maó ultracuit que presenta indicis de vitrificació, per l’excés de cuita. Els tipus emprats correntment són el maó, el mitjà, la rajola, el pitxolí i el premsat, dels quals el pla, cantell i gruix varien segons els tipus. Per a la fàbrica de maons són emprats la barreja o morter de calç, el ciment ràpid o el guix pastats en la gaveta amb la paleta. Amb tan antics i acreditats elements Gaudí se les enginya per assolir formes que, en els seu temps, es feien estranyes per llur originalitat. Uns exemples il·lustraran aquesta afirmació.

Pilar senzill

En el Col·legi Teressià del carrer Ganduxer de Barcelona (1888-1889) va construir pilars de dos metres d’altura amb fàbrica de rajol vista formada per la superposició de pitxolins. La base eren tres peces iguals, el mateix que el capitell, i el fust la superposició de 26 pitxolins que medeixen solament 29x10x5 cm.

Pilar cartabò

Una altra forma singular era la que el professor Carles Fernández Casado anomenava el pilar cartabò o pilastra, les filades horitzontals del qual avancen quelcom sobre les immediats inferiors, formant un pilar inclinat MÈNSULA de gran caire. El perfil inclinat que es genera és recte, si l’avenç de cada filada és uniforme, si el sortint augmenta a mida que guanya altura, s’obté el perfil corb, sensiblement catenàric. Exemples de pilar cartabò els trobem en les galeries del picador de la Finca Güell (1884-1887), en les tribunes de la Casa Vicens (1883-1888) o en les cantonades del Col·legi Teressià (1888-1889).

Fals arc

La combinació de dos pilars cartabò contraposats genera el fals arc. La trobada és salda amb una filada horitzontal o bé amb un arc curt a sardinell. És el cas de l’arqueria de la casa del porter en la Finca Güell, la planta baixa del Col·legi Teressià, etc.

Arc de fístó

El pas següent en el sistema d’arcs emprats per Gaudí el formen els perfils de catenària. Una cadena d’anelles iguals suspesa pels seus extrems forma una corba espontània,

anomenada catenària o festó, i és tal que el seu perfil segueix exactament la línia de tensions, per la qual passen les forces resultants d'una estructura estesa o estirada. La forma conjugada d'aquesta, és a dir, la simètrica, respecte a l'eix horitzontal, defineix el perfil de l'arc catenàric que segueix la forma de la línia de pressions d'una estructura que treballa comprimida.

Gaudí va emprar aquesta forma en molts casos amb excel·lents resultats mecànics i estètics. En la cavallerissa de la Finca Güell, ara «Aula Discretorum» de la Càtedra Gaudí, hi ha una combinació de dos pilars cartabò contraposats i units en el seu terç mitjà per un arc de festó.

Són famosos els falsos arcs del passadís del primer pis del Col·legi Teressià, fets de senzills pitxolins, amb escassa separació entre ells, el que permet suprimir el forjat superior, que es redueix a una solera de teuler ceràmic. En la primera golfa i en els corredors que envolten el pati de parcel·la de la casa Batlló (1904-1906) apareixen aquests arcs catenàrics, molt primos, fins el punt de ser tabicons, és a dir formats per un sol gruix de rajols units per les seves cares estretes.

El més anomenat dels casos de conjunt d'arcs embans es troba a les golfes de La Pedrera (1906-1912). Quan en comptes de fàbrica de rajoles emprava la pedra, es donen tals arcs en la planta noble del palau Güell (1886-1886) i en els Cellers Güell de Garraf (1895-1897).

Arc de rosca o independent

Un altre tipus d'arc emprat per Gaudí és el de rosca (arc independent) format per maons assardinats i poc caire.pot fer-se amb tot tipus de rajoles i es rebien amb ciment ràpid o barreja. Es forma amb distintes filades de rajol o trencant junts. La primera rosca s'acostuma a prendre al ciment ràpid i les demés amb barreja. El ciment ràpid té una part d'argila per dues i mitja de calissa, que es cou a temperatura inferior a la de la vitrificació.

Exemples d'arcs de rosca, els tenim en la cascada del jardí de la Casa Vicens (1883), en la primera golfa de Bellesguard (1900-1909), amb pitxolí, i entre les columnes del temple dòric o sala hipòstila del parc Güell (1907-1910). En alguns casos Gaudí va consolidar aquest tipus d'arcs, emprant tirants de ferro que absorbissin l'empremta. El tirant de ferro dolç, rodo o T. es lliga en les testes acartelades de l'arc. Així es podia veure en l'ampliació del taller de la Sagrada Família (1897) i en l'entressol de Bellesguard, on els tirants tenen forma helicoidal.

Voltes de maó de pla

On Gaudí va crear un món d'estructures i formes, moltes d'elles inèdites en arquitectura, fou en el camp de les voltes de maó de pla. Aquestes estructures, tan habituals a Catalunya, i també al Roselló i a Castella, es formen amb rajoles col·locades per pla. La primera fulla, senzilla, es fa humitejant moderadament les peces, les quals es prenen amb guix o ciment ràpid, segons sien interiors o exteriors. El paleta prepara les peces i el manobre les enllarda amb l'aglomerat per les seves cares estretes i les dona al paleta per a que les col·loqui en l'obra, i les referma amb un destre cop al biaix amb el caire de la paleta en el seu lloc i recull les rebaves o candeles. Després es col·loca el doblat a torta i restregó. Amb les voltes de maó pla es construeixen a Catalunya escales molt elegants i atrevides, formes sense cap apoi lateral (voltes d'escala).

El tipus més senzill de volta de maó pla és el de canó seguit que es construeix amb una única serxa corredissa (fulla) que s'empra tan solament per estendre el senzillat, que serveix de serxa del doblat. D'aquest tipus n'hi ha en el semisótan de Bellesguard, de perfil rebaixat o entre els falsos arcs de la cavallerissa Güell, aquí de perfil catenàric.

Les formes usals de les voltes de maó de pla, además de les pròpies de les escales són les de canó seguit, per aresta, d'aljub, de racó de claustre «claustral» i les cúpules hemisfèriques afuades o per sectors o gallons. Gaudí va derivar cap a noves aplicacions de les voltes de maó de pla.

Cúpules

En el picador de la Finca Güell va construir-hi una cúpula en forma de hiperboloid de revolució, i a la llanterna va construir-ne una en forma de catenoide o catenària voltant sobre el seu eix vertical. En el refugi de cotxes a l'entrada del parc Güell hi ha una volta de maó de pla en forma d'hiperboloid, recuberta de pedra.

Paraboloids hiperbòlics

On més singular es presenta l'ús de les voltes de maó de pla en l'obra de Gaudí és quan prenen la forma de paraboloid hiperbòlic. Gaudí va emprar la forma més senzilla del paraboloid hiperbòlic, és a dir aquella que es forma amb dues directrius rectes, no paral·leles en l'espai, sobre els quals reposen les generatrius, igualment rectes. Així s'obté una superfície guerxa en l'espai, composta totalment per línies rectes i per tant fàcil de construir pels paletes, als quals únicament cal donar-los-hi la situació de les directrius per a que pel damunt d'elles vagi lliscant la regla o el cordill que cada volta definirà una generatriu.

El primer i més notable exemple es el dels murs i voltes de la cripta de la Colònia Güell. Tots els murs tenen aquesta forma guerxa reglada, són de rajola, en part recuberta amb pedra volcànica. En el porxo les voltes són de maó de pla i en forma d'hiperboloid hiperbòlic, amb decoració de ceràmica vidriada. D'aquest tipus caldrà que siguin les de la nau major de la Sagrada Família, si bé encara està per decidir el material que s'hi emprarà. Mai ningú havia emprat aquestes formes en les voltes abans que Gaudí i l'efecte és sorprenent ja que deixen palès l'intradós convex al revés del que succeeix en les demés voltes i cúpules.

Petxines

També va construir en Gaudí voltes de maó de pla en forma de triangle guerxo o petxina com el suport de la cúpula del picador de la Finca Güell.

Amb els paraboloids hiperbòlics de la Colònia Güell es pot dir que Gaudí va inaugurar una nova estètica de les voltes, però en realitat va anar bastant més lluny ja que convençut de les qualitats plàstiques d'aquest tipus de fàbrica, va convertir-la d'arquitectura en escultura decorativa.

Xemeneies

A les xemeneies del terrat del Palau Güell (1886-1888) varen compondre-s'hi formes decoratives molt diverses, algunes d'elles fetes amb voltes de maó de pla. En la casa Batlló les xemeneies varen fer-se totalment amb aquesta tècnica, emprant trossos de rasilla en comptes de peces senceres per a assolir les formes més complexes. Aquest procediment té

una culminació gloriosa en les xemeneies de La Pedrera, de les més variades, elegants i belles formes.

D'aitals xemeneies és ja interessant el disseny o projecte, que no es feia dibuixant sinó amb maquetes de guix a escala 1:10. Josep Bayó i Font (1878-1971) contractista de les cases Batlló i Milà, va explicar com s'elaboraven les maquetes a la pròpia obra pel guixaire modelista Joan Bertran i els adients retocs de mà del propi Gaudí. Una maqueta de xemeneia senzilla, una altra doble i la del famós ventilador de les lemniscates guerxes, s'han conservat i figuren en el Museu d'Arquitectura de la Catedral Gaudí. A partir de la maqueta, els paletes forjaven les voltes-xemeneies directament, pel simple sistema d'anar traient punts. Una vegada acabades les formes, eren arrebossades amb morter de calç.

Badalots

En el terrat de la Casa Milà, además de les xemeneies, els afamats guerrers que han estat objecte de poesies i llegendes, i dels ventiladors, hi ha les vuit sortides d'escala, badalots, que són estructures complexes i molt interessants.

Per a salvar el desnivell entre el terra de la golfa i la solera del terrat va construir-se un cilindre guerxo al qual s'hi enrotllava l'helicoide de l'escala, igualment guerxo, que es tanca exteriorment amb un altre embà en forma de tronc de con, que emergeix pel damunt del terrat.

Ortogonalment l'eix del con i en la seva part exterior, pel damunt del sòl de la terrassa, es varen construir embans verticals de disposició radial. Per sobre d'aquests embans els ajudants de Gaudí, Josep Canaleta i Cuadras i Domènec Sugrañes i Gras tiraven unes línies corbes per a que el paleta demolís la part de l'embà, des de les línies i cap enfora. Entre les línies corbes resultants en els extrems dels embans s'estenien noves voltes de maó de pla que assolien la carcassa exterior de la sortida de l'escala. Aquestes elegants superfícies eren després aplacades amb ceràmica trossegada o amb fragments de llosetes de marbre o trossos de pisa. Naturalment, l'origen de les tals formes era una maqueta de guix prèviament elaborada per Gaudí i Bertran.

Revestiments

Els acabats d'aitals superfícies eren de diversos tipus. El més senzill era l'arrebossat amb barreja, seguint el mateix amb rajoles de València trossegades, el que en diem trencadís, revestits amb rajoles de València senceres en superfícies planes, revestiment vignolesc de petites pedres sense desbastar, revestiment rústic de pedres de mides regulars imitant una mamposteria ordinària, revestiment amb vidres de colors o revestiment amb vidres transparents pintats de color a la seva cara interna.

Del primer tipus tenim les xemeneies de la casa Milà, i del segon, el engaltat amb peces exagonals vidriades de l'intradós, a la cúpula interior del palau Güell.

Del revestiment amb rajoles de València trossegades n'hi ha multitud d'exemples en la Finca Güell, Parc Güell, Colònia Güell (1908-1917) etc.

El revestiment de pedres menudes es trova en els contraforts del porticat al darrera de l'escola del Parc Güell i en la cúpula cònica exterior del Palau Güell. El revestiment amb pedres rústiques de mida regular hi és en els viaductes del Parc Güell. Els vidres de colors a la façana de la casa Batlló i els vidres pintats en la Torre de Bellesguard.

Conoide

Un altre tipus de voltes de maó de pla inventat per Gaudí fou el del conoide de pla director: superfície reglada guerxa, les generatrius de la qual llisquen sobre tres corbes en l'espai. Una de les corbes pot reduir-se a una recta, situada en l'infinít, i que equival a un pla que s'anomena director. Quan les directrius del conoide són paral·leles al pla director i llisquen sobre les dues corbes directrius, s'obté el cilindre de pla director. Si una de les corbes directrius es transforma en una recta s'obté el conoide de pla director. El paraboloid hiperbòlic és un cilindre amb dues directrius rectes.

Gaudí va construir dues cobertes de voltes de conoide director a la Sagrada Família. El 1906 va fer la coberta de l'arxiu, annex a la casa de les obres, al carrer de Sardanya, i el 1909, la de l'edifici de les Escoles Parroquials. En aquest darrer la directriu recta del conoide de la coberta de volta de maó de pla, és la jàcena de ferro situada en l'eix longitudinal i apoiada en dos perfils de ferro. Les generatrius són taulons de fusta que s'apoiaven alternativament, sobre el mur de la façana, la coronació del qual és una alternança d'arcs de cercle, en la jàcena recta i en el mur oposat on les ondulacions són conjugades de les del mur oposat.

El resultat és tant espectacular, que el propi Gaudí se'n sentia orgullós de la seva obra, la qual va palesar als seus col·legues del Congrés d'Arquitectes d'Espanya, reunits a Barcelona l'any 1916. També se'n va interessar le Corbusier, que l'any 1928 va fer uns apunts de les Escoles.

Prefabricats

Un altre aspecte interessant de les voltes de maó de pla, adornades amb trossejat ceràmic el tenim en el procés de prefabricació que va emprar en el Parc Güell. Per a fer els medallons exagonals que adornen l'escala amb la seva rajola de València, s'havia fet prèviament un motllo de fusta, amb la forma guerxa corresponent. Pel damunt s'hi forjaven dos gruixos de rasilla amb barreja, es treia del motllo, i a la cara junt a la fusta, s'hi aplacava la rajola de València trossejada. El mateix procediment va seguir-se amb el banc de la plaça del teatre grec, el qual va prefabricar-se segons dos motllos de corbatura oposada, va aplacar-s'hi la rajola de València i es col·locaren les parts en el seu lloc corresponent. Es poden veure les juntes que es produïen a l'hora de construir-lo. Les columnes inclinades dels viaductes i els helicoides de la rampa de vianants, són també peces de volta de maó de pla prefabricada i després revestida amb fragments de pedres petites o grosses.

Arcs tabicons

Un altre model original són els forjats sense vigues que es supleixen amb arcs «tabicons» de maó de pla rebaixats, com succeeix en el menjador de Bellesguard, o en les cambres dels pavellons d'entrada en el parc Güell, on Gaudí hi situà ingènuament uns suposats reforços de tira estreta de xapa reforçats que, xops de barreja, varen oxidar-se i produïren abundants esquerdes.

Voltes nervades

Un altre model «únic» el formen les voltes nervades de Bellesguard, les quals no concorren a cap clau central i són fetes de maó arrebossat amb guix.

La varietat de solucions emprades per Gaudí, amb aquests medis tan senzills, es completa amb el superb tractament de la pedra que, en els campanars de la Sagrada Família pren forma de paraboloid de revolució, i assolix un exquisit sentit de cosa esvelta, amb la pedra treballant solament a compressió, seguint rigorosament les línies de pressions.

La relació podria anar molt més enllà de l'extensió atribuïda en aquest esbós. Per això tanquem aquesta revista de tècniques constructives amb una lleugera explicació de la tècnica de cels rasos tridimensionals de la casa Milà. Amb el normal sistema de teixit de canyissat i arrebossat de guix blanc. Per compte de col·locar el canyís pla subjecte amb claus en llistons de l'entrevigat, Gaudí feia que es col·loquessin unes candeles de fusta, de longituds diverses, on es fixava la canyissada que així romanía en forma tridimensional. Pel damunt, els ajudants traçaven unes corbes mitjançant claus i el guixaire acabava la tasca deixant aquelles línies nerviosament corbades en ressalt. Inclusiu es troven llegendes en aquests ressalts plenes de sentit poètic, com la de la cambra del pis del senyor Roca, on s'hi llegeix: «Oh Maria, no et sàpiga greu ser tan petita, perquè també ho són les flors i les estrelles». Gaudí era així.

Maig-Juny 1991

Es coneix amb el nom de «volta de maó de pla» (volta catalana) la que es fa, generalment, amb només dos gruixos de maons o resilla.

Aquestes dues fulles tenen les rajoles unides per les seves cares estretes, amb morter de calç o guix, a fi de que el gruix total de la volta pugi ser tan sols de quatre o cinc centímetres.

Es correspon amb la volta de maó de pla que fou habitual a Itàlia durant el Renaixement, a Castella en el segle XVII i a França en el XVIII.

Els maons, quan s'uneixen per les seves cares estretes es poden disposar de tres maneres. De forma plana vertical, amb el que es té un en và; de forma plana horitzontal amb el que es consegueix una solera de paviment; o de forma corbada en l'espai, amb el que es consegueix la volta de maó de pla, o volta catalana.

A Catalunya hi ha molts paletes que tenen una gran habilitat per a construir aquest tipus de voltes.

Es poden construir amb fulles de fusta o sense. Som molt interessants les escales de volta de maó pla (o volta catalana) que es fan sense fulla, emprant solament un cordill o un regle.

El paleta pren amb la seva ma el maó mullat i li col·loca curosament, en les cares estretes, el ciment ràpid o el guix, ajudant-se de la paleta. Després col·loca el maó a la volta i l'aguanta uns moments per a que l'adherència del material li permeti deixar-lo anar sense que caigui. Immediatament prepara un nou maó, que es col·loca junt a l'altre, recollint amb la paleta les rebases o guix sobrant al comprimir un maó contra l'altre immediat. Un cop s'ha tancat la primera fulla de maons, que es diu el senzill, es fa immediatament a sobre la segona fulla que s'anomena el doblat i que es rep, generalment amb morter de calç.

Aquestes voltes són summament lleugeres i resistents i degut a la gran adherència del material ens trobem que les voltes o cúpules construïdes així treballen solament amb esforços verticals, com si fossin d'una sola peça.

Encara que la volta de maó de pla no sigui exclusiva de Catalunya, en aquest país es donen amb gran abundància, degut a l'existència de bons paletes especialistes.

Va haver-hi un cas molt curiós, el d'un constructor valencià que va treballar cap als anys setanta del segle passat a Barcelona, i el 1882, va traslladar-se a Nova Anglaterra, als Estats Units, on va patentar el sistema de voltes de maó de pla. Es deia Rafael Guastavino Moreno i va arribar a construir més de tres mil edificis amb aquest sistema, treballant pels més coneguts arquitectes americans. Es famós el casquet esfèric de l'església de Saint John the Divine a Harlem, Nova Iork, de trenta metres de diàmetre.

A Catalunya els més reconeguts arquitectes empraren voltes de maó de pla. El professor de l'Escola d'Arquitectura, don Joan Torras Guardiola, les explicava als seus alumnes i les emprava en moltes ocasions en els seves obres.

La Casa Fuster, de Lluís Domènech i Montaner, a Barcelona (1911) està feta totalment amb voltes de maó de pla, sense bigues. Josep Puig i Cadafalch també ho féu en la majoria de les seves obres.

Per altra banda en l'arquitectura industrial dels segles XVIII i XIX a Catalunya la volta de maó de pla va emprar-se amb profusió, donat el seu baix cost i la rapidesa de la seva execució. Nombroses fàbriques de paper o tèxtils varen ser cobertes amb voltes de maó de pla.

Pel que fa a l'antiguitat, sembla que no varen començar a construir-se fins els començaments del segle XV. La més antiga de les documentades, és la de la capella del rei Martí I, a la catedral de Barcelona (1408). Des d'aquest punt i hora varen fer-se moltes voltes gòtiques amb nervis de pedra i voltes de maó de pla, com en l'Hospital de la Santa Creu de Barcelona, iniciat el 1401.

Gaudí fou un admirador de les voltes de maó de pla, les que va emprar pràcticament en totes les seves obres... En les cavallerisses Güell (1884-1887) hi ha voltes de maó de pla en les quadres dels cavalls i una cúpula de maó de pla en el picador. A la casa del porter hi ha altres tres cúpules de maó de pla.

En el subterrani del Palau Güell (1886-1888), en el del palau episcopal d'Astorga (1889-1893), en les escoles de la Sagrada Família (a partir de 1883), en el Col·legi Teressia (1888-1889), en el Parc Güell (1900-1914), en la casa Calvet (1898-1899), a Bellesguard (1900-1909), en la casa Batlló (1904-1906), en la casa Milà (1906-1912), en els Cellers Güell, de Garraf (1895-1897), i en el porxo de la cripta de l'església de la Colònia Güell, a Santa Coloma de Cervelló (1908-1917), hi ha voltes de maó de pla.

Però el cas és que Gaudí no va limitar-se a construir voltes de maó de pla, sinó que va convertir la tècnica en un procediment escultòric. Les xemeneies dels terrats del Palau Güell, de la casa Batlló i de la Casa Milà, són fetes de voltes de maó de pla.

Gaudí va veure les grans possibilitats plàstiques de la volta de maó de pla, i amb el sistema, va assolir la realització d'escultures i elements decoratius, amb el que va palesar que la volta de maó de pla no solament ressol problemes estructurals, sinó també purament artístics.

En la cripta de Santa Coloma de Cervelló, Gaudí va construir per primera vegada en la història de l'arquitectura, voltes en forma de paraboloid hiperbòlic, amb la tècnica del maó de pla.

En la Sagrada Família tenia previst fer voltes de maó de pla en forma de hiperboloid.

La famosa coberta de volta de maó de pla de les Escoles Parroquials de la Sagrada Família (1909) té forma de conoide de pla director, una disposició molt senzilla, resistent i de gran bellesa, que va captivar a Le Corbusier quan va venir a Barcelona l'any 1928. Ja el 1906 Gaudí havia construït una volta de conoide de pla director, amb volta de maó de pla, en el petit edifici de l'arxiu de la Sagrada Família, al carrer de Sardenya.

Tan els hiperboloids, com els paraboloids hiperbòlics, els conoides i els helicoides, són formes de geometria reglada, és a dir, superfícies corbes en l'espai, compostes per línies rectes. Aquesta singularitat fa que sigui molt fàcil construir aquestes superfícies, doncs n'hi ha prou amb un regle, equivalent a cada una de les successives línies rectes, per a construir les diferents filades de maons de les voltes. Els paletes poden construir aquestes superfícies reglades, amb voltes de maó de pla, sense cap esforç, ja que és tan senzill com fer una solera o un envà.

Amb el projecte de l'església de la Colònia Güell, Gaudí va assolir el seu millor moment com a creador d'estructures.

El seu mètode fou sempre observar el que fa la Naturalesa, com construeix i com aconsegueix sensorials estructures, que són totalment diferents de les dels arquitectes o els enginyers.

Si prenem una cadena subjecte pels seus extrems i es deixa penjar, es forma, espontàniament, una corba que s'en diu catenària. Aquesta corba pren exactament la forma de la línia de tensions, és a dir, l'esforç que manté la cadena en la seva posició, segueix exactament el traçat de la cadena. Si es dóna la volta a aquesta forma de catenària i es substitueixen les anelles metàl·liques per maons o pedres, es té l'arc catenàric, que segueix exactament les pressions de la càrrega. Per tant per a conèixer la línia de pressions d'un arc, n'hi ha prou amb deixar penjar una cadena que tingui l'amplada i l'altura de l'arc. Donant-li la volta s'ha assolit la forma mecànica ideal de l'arc, sense haver fet cap càlcul matemàtic. Quan l'arc té càrrega uniforme n'hi ha prou amb compondre la catenària i després fer-la girar sobre el seu eix horitzontal.

Quan existeixen càrregues diferents té que fer-se d'una altra faïçó, igualment senzilla. Es deixa penjar la cadena i es suspenen a la mateixa pesos proporcionals a les càrregues que incideixen sobre l'arc. Llavors, la catenària es deforma i compona una línia quebrada poligonal, que correspon a la línia de pressions. Si aquest experiment es realitza amb lones o teles, en lloc de cadenes, es consegueixen les formes de les voltes.

El procediment és senzill, però totalment lògic i els resultats que s'obtenen són matemàticament exactes, malgrat no haver emprat les matemàtiques en tot el procés.

Gaudí tenia un sentit innat de l'equilibri i una capacitat de imaginar estructures estables. Només feia servir el càlcul per a la comprovació, però jamai per a projectar.

El professor Fèlix Cardellac, arquitecte, enginyer i catedràtic de l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona, autor d'un magnífic llibre titulat «Filosofia de les Estructures» (1910) explica tots els tipus estructurals sense dibuixos, ni formules i es meravellava amb la intuïció estàtica de Gaudí, del que deia que en la seva ment hi havia tot un món d'estructures del que, ni ell mateix, n'era conscient.

Era com un il·luminat que veia amb claredat com acomodar a la llei de la gravetat les estructures arquitectòniques.

El que és verdaderament important en l'arquitectura de Gaudí és que va assolir noves formes amb tècniques tradicionals. Assolir noves formes emprant materials nous sembla més fàcil, ja que la naturalesa dels materials d'ara com el ferro laminat, el formigó pretensat, l'alumini, els plàstics o les grans superfícies envidriades, permeten compondre formes i aspectes completament nous.

Però Gaudí va basar la seva construcció en la pedra, el maó manual, la barreja, el ciment ràpid i poques coses més. I no obstant va assolir formes desconegudes fins llavors en el camp de l'arquitectura. Moltes d'aquestes formes les va assolir emprant la volta de maó de pla que, en les seves mans, va convertir-se en dúctil escultura.

La raó per la qual Gaudí va sentir-se més inclinat per les tècniques tradicionals pot trobar-se en el seu amor per la Naturalesa, de la que ell va treure totes les seves formes. La riquesa de formes de la Naturalesa va permetre a Gaudí disposar de solucions sempre distintes, sense repetir-se jamai. Deia de sí mateix no ser un creador sinó un simple observador de la naturalesa. Per això, quan més a prop tingués els materials que es troben en les muntanyes, els rius o els arbres, millor.

La gran sorpresa de l'arquitectura gaudiniana es que sota un aspecte abarrocat s'amaguen formes summament racionals, tota vegada que al prendre-les de la Naturalesa, han de ser necessàriament funcionals.

La Naturalesa no crea formes amb intenció artística, sinó solament amb intenció pràctica. Ressol els problemes derivats de la gravetat, la reproducció de les espècies, l'equilibri ecològic, mentre els arquitectes creuen resoldre problemes artístics o socials.

Gaudí va voler fer una arquitectura que s'assemblés a l'entorn natural de l'home, que fos en certa manera l'envolcall del cos humà, les formes naturals del qual deuen complementar-se amb un entorn ajustat a les seves mides i perfils.

El suposat racionalisme arquitectònic no és més que una abstracció intel·lectual, que envolta a l'home de formes planes, de superfícies llises i blanques. Quan algú compra un apartament funcional, el primer que fa és omplir-lo de quadres, cortines i mobles que dissimulin la gelor de les formes abstractes i converteixin l'entorn de l'home en quelcom ajustat a les seves pròpies formes orgàniques.

La volta de maó de pla fou un gran element auxiliar de Gaudí; entre altres raons, perquè a Catalunya s'ha emprat ininterrompudament durant mig mileni, essent obra més de paletes que d'arquitectes. Segurament les més antigues són les que els pagesos, que moltes vegades ni tan sols eren paletes, varen construir pels seus cellers i soterranis.

Les més senzilles són les de perfil rebaixat, ja que així es conseguia tancar un espai amb la mínima pèrdua d'espai. L'arc de mig punt pren molt més espai, tota vegada que el radi del semicercle és sempre més llarg que la fletxa o sageta d'un arc rebaixat.

També es construïren moltes voltes, especialment en naus industrials, en les fàbriques de paper o de curtits amb voltes de quatre punts, que es construïxen col·locant dos tanques paral·leles d'arc rebaixat, i per les que s'esmuny una tercera, sobre la que van construïnt-se les filades del senzill i el doblat.

Igualment sovintejaven les voltes de maó de pla per aresta, que es construïen tan sols amb dues fulles creuades, seguint la direcció de les arestes.

Gaudí va portar totes aquestes solucions més lluny, donada la seva intuïció de calculista i la seva formidable imaginació.

A Bellesguard va fer voltes de maó de pla sobre nervis de maó que no es creuen mai, un intermig entre les voltes gòtiques i les musulmanes. Però en aquest singular edifici va fer quelcom més. Va construir el forjat del menjador sense bigues, amb uns arcs d'envà molt prims, de perfil rebaixat que van de mur a mur i sobre els quals s'extén la solera i el paviment dels pis superior. A les primeres golfes, va construir arcs catenàrics minsos de maó de tan sols 10x3x14 cm. amb les badies alleugerides amb una ventalla de maons, disposada triangularment. En la segona golfa hi ha una gran volta de maó de pla de les anomenades racó de claustre.

Els arcs catenàrics de la Casa Milà varen cridar l'atenció en el seu temps i encara segueixen essent objecte de comentari en l'actualitat.

Les façanes frontal i posterior de La Pedrera són curvilínies i el terrat superior es va fer escalonat. Per muntar la solera del terrat, Gaudí va ordenar al contractista Josep Bayó que enguixés un mur i anés clavant successivament dos claus separats per la distància en cada punt, entre les dues façanes. Dels claus s'hi penjava una cadena, fins que donava exactament la distància entre el sol i la solera del terrat que es volia construir. Es traçava la línia catenària seguint la forma de la cadena penjant i el fuster construïa una fulla amb aquell perfil. Donant la volta a aquesta fulla s'hi construïen a sobre tres filades d'envà seguint la corbatura, es farcién les badies i es tenia el suport de cada fragment de terrat. Al ser escalonat, les superfícies de terrat són mínimes i no es produeixen esquerdes per contracció

o dilatació. Quelcom molt senzill, pràctic i ingenios. Era la solució de l'antic problema de les goteres en els últims pisos de les cases de l'Eixample de Barcelona, produïdes per les dilatacions i contraccions de les grans superfícies dels terrats.

En la cripta de la Colònia Güell, l'església de Santa Coloma de Cervelló, Gaudí va emprar tots els tipus de voltes, nervis, murs i escales amb voltes de maó de pla.

Els murs exteriors tenen forma de paraboloid hiperbòlic, el mateix que les voltes del porxo.

En l'interior uns nervis de maó «pitxolí» suporten la solera de l'església superior. La inacabada escala interior, es de volta de maó de pla en forma d'helicoid, mentre en la sagristia i el cor, hi ha voltes de maó de pla de perfil rebaixat.

En el Col·legi Teressià hi ha columnes formades per la superposició de maons pitxolins i arcs catenàrics, molt aguts i pròxims, que sostenen el paviment del pis superior sense necessitat de bigues.

En els Cellers Güell, de Garraf, hi ha voltes de canó seguides de perfil rebaixat en els soterranis, i catenàrics en els pisos alts.

El mateix succeeix en el xalet de Catllaràs (La Pobla de Lillet) 1905, amb voltes de maó de pla catenàriques.

En els pavellons Güell, de les Corts de Sarrià (1884-1887), además dels arcs catenàrics i voltes de igual perfil entre ells, a la cavallerissa, hi ha una gran cúpula de perfil d'hiperboloid de revolució, tot resolt amb voltes de maó de pla, però en la pròpia cavallerissa hi ha arcs rebaixats en la zona de les menjadores dels cavalls, i en el picador, petxines en els angles per a suport de la cúpula.

Això vol dir que Gaudí jugava amb les voltes de maó de pla, emprant tots els perfils coneguts, además dels que ell va idear. Això té una explicació lògica, ja que de nen i d'adolescent, va passar els estius a Riudoms, on va poder veure molts cellers i soterranis construïts amb voltes de maó de pla.

Aquesta genial evolució de la volta de maó de pla per part de Gaudí va entusiasmar als seus seguidors, alguns dels quals han realitzat treballs molt interessants en aquest camp.

L'església de Vistabella, de Josep Maria Jujol, és un exemple d'utilització intel·ligent de voltes de maó de pla, recurs que el mateix arquitecte va emprar en la torre Sansalvador i en altres obres.

Cèsar Martinell Brunet va construir grans naus per a les cooperatives agràries, en especial en el camp de Tarragona, amb arcs catenàrics de gran llum i voltes de maó de pla.

L'arquitecte Bernardí Martorell Puig, que contava amb el contractista Josep Bayó, el mateix que tenia Gaudí a les cases Batlló i Milà, té en els monestirs de Valldonzella, per a les monges cistercenques, i el de les Oblates del Santíssim Redemptor, prop de Bellesguard, amplis arcs catenàrics de maó vist i voltes de maó de pla.

El mateix va fer l'arquitecte Jeroni Martorell Tarrats en un xalet de montanya d'Ull de Ter.

Es pot dir que va haver-hi una escola de seguidors de Gaudí en l'ús d'arcs catenàrics i voltes de maó de pla, si bé cap d'ells s'ha llançat a la investigació amb les voltes de paraboloids hiperbòlics o hiperboloidals.

Tot el mestratge desenvolupat per Gaudí amb les voltes de maó de pla i la geometria reglada, és encara per explotar, ja que els intents en aquest sentit, a càrrec de Pier Luigi Nervi, Fèlix Candela i Eduard Torroja, han estat amb voltes de formigó armat, que les fa molt distintes de les que es construeixen amb maó.

L'experiència de Guastavino als Estats Units demostra que les possibilitats de les voltes de maó de pla són moltes i d'un potencial de gran utilitat.

En alguns casos, com en les obres de Lluís Moya, en el Museu d'Amèrica de Madrid o la Universitat Laboral de Gijón, demostra que les voltes de maó de pla poden oferir monumentalitat, economia i bellesa en les obres modernes.

La utilització de resilles i maons fabricats mecànicament al buit, l'ús d'aglomerats com el ciment portland i altres materials, permeten fer voltes de maó de pla de tot tipus i amb una excel·lent resistència.

Es un camp de la construcció només explotat en una mínima part que, en el futur, pot tenir un gran desenvolupament degut a la seva lleugeresa, facilitat de construcció i alta resistència.

Els forjats de biguetes de ferro s'han mostrat molt perillosos per la seva facilitat d'oxidació. El 1985 van tenir que canviar-se totes les bigues del magatzem de la Casa Calvet, obra de Gaudí, degut a la oxidació dels perfils, produïda per la humitat de la terrassa-jardí superior.

Els problemes que porten les biguetes de ciment armat, especialment quan es forgen amb ciment fos, o les biguetes pretensades, fan cada dia més aconsellable el retorn a la utilització de les lleugeres voltes de maó de pla que substitueixen amb avantatge els forjats de biguetes de fusta, ferro o formigó.

10. Fitxes catalogació de peces del taller de maquetes de la Sagrada Família

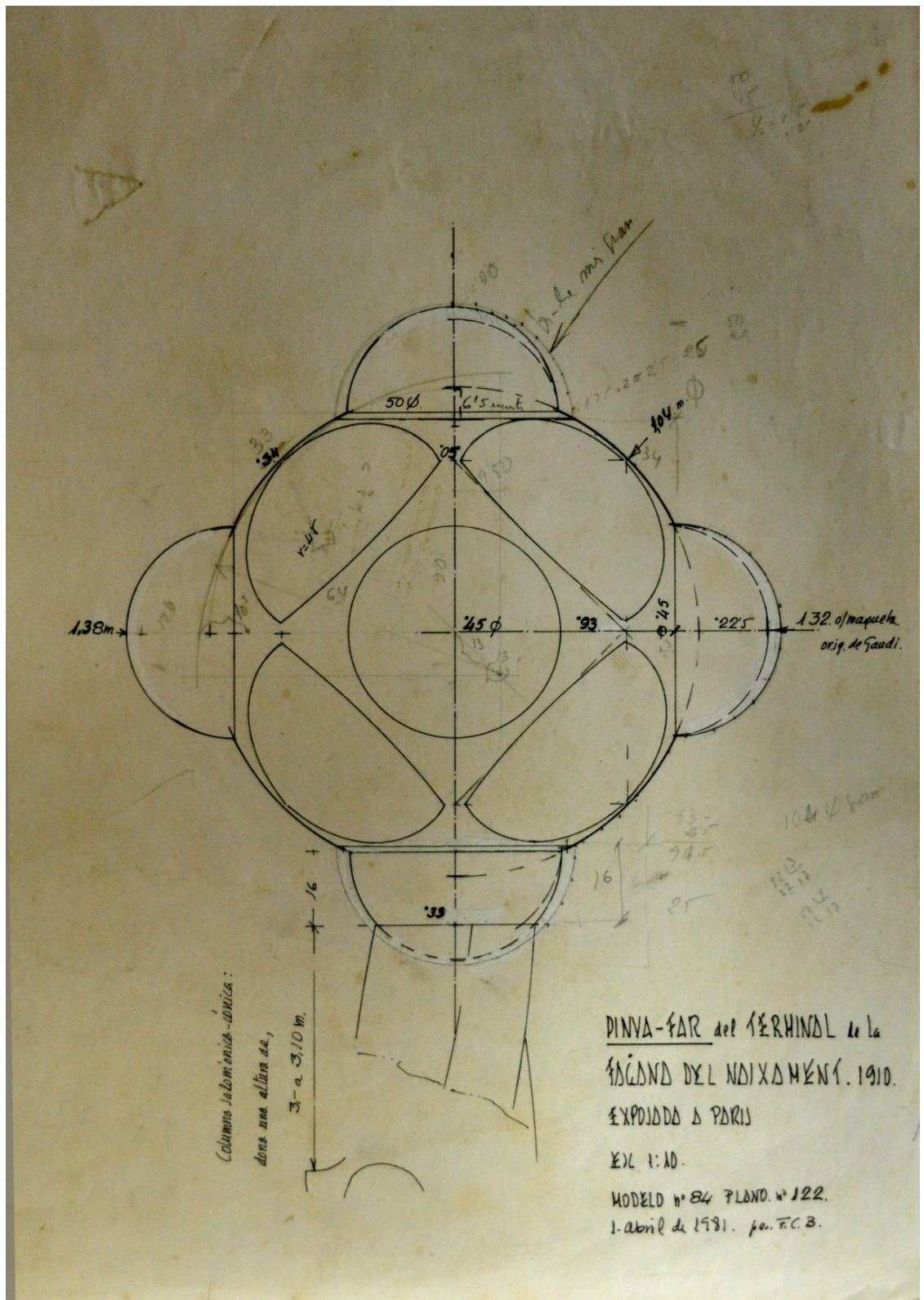
1. **Peça R88** S'aporta la documentació original trobada en diferents llocs referida a aquesta peça.



| MAQUETA DE GAUDI | |
|--|-------------------------|
| Peça <i>TERMINAL</i> | R. 72 |
| Descripció: <i>Façana baixament a l'ani, sobre 1910. Quarta final</i> | Data trov: _____ |
| | Guardada: _____ |
| | Fotografia: <i>1968</i> |
| Classificació: <i>9a 15</i> | |
| Temari: _____ | |
| Escala: <i>1:25</i> | |
| Plànol n.º: _____ | |
| Bibliografia: _____ | |
| Observacions: <i>falta de un ? última. A sobre parte la pinya fura.</i> <i>Variants del R. 88</i> | |

Fotografia 1 r88

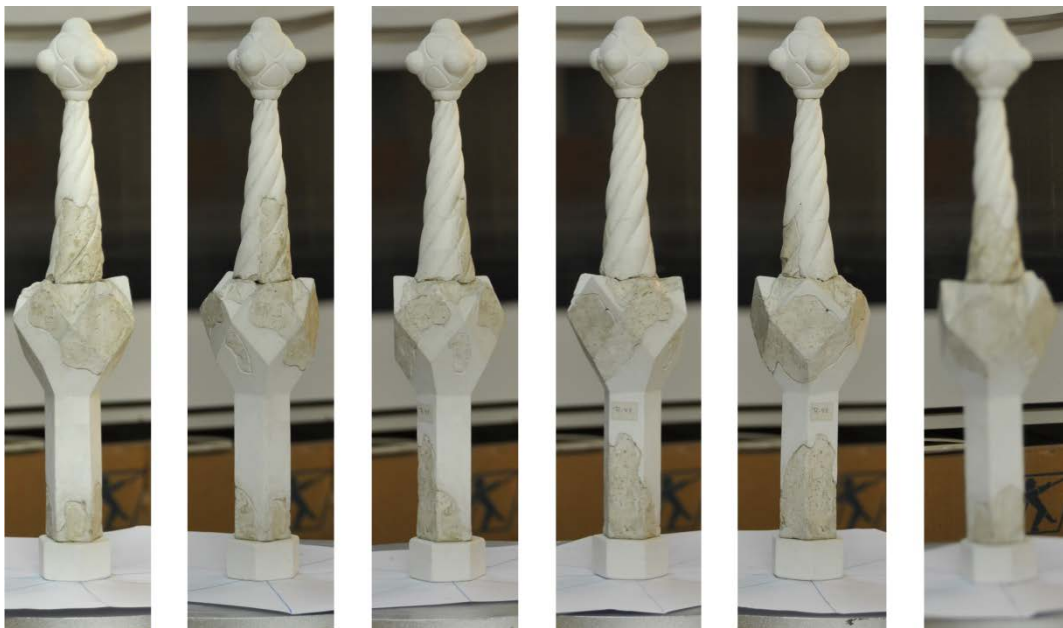
**Maqueta de guix d'un Terminal
Catalogada R-88 original a la SF**



Làmina 2
 Dibuix de Cardoner de la PINYA-FAR del Terminal inicial de la Façana del Naixement
 exposada a París. 1910 original a la SF



Il·lustració 8-1 Fotografia datada anterior al 1905



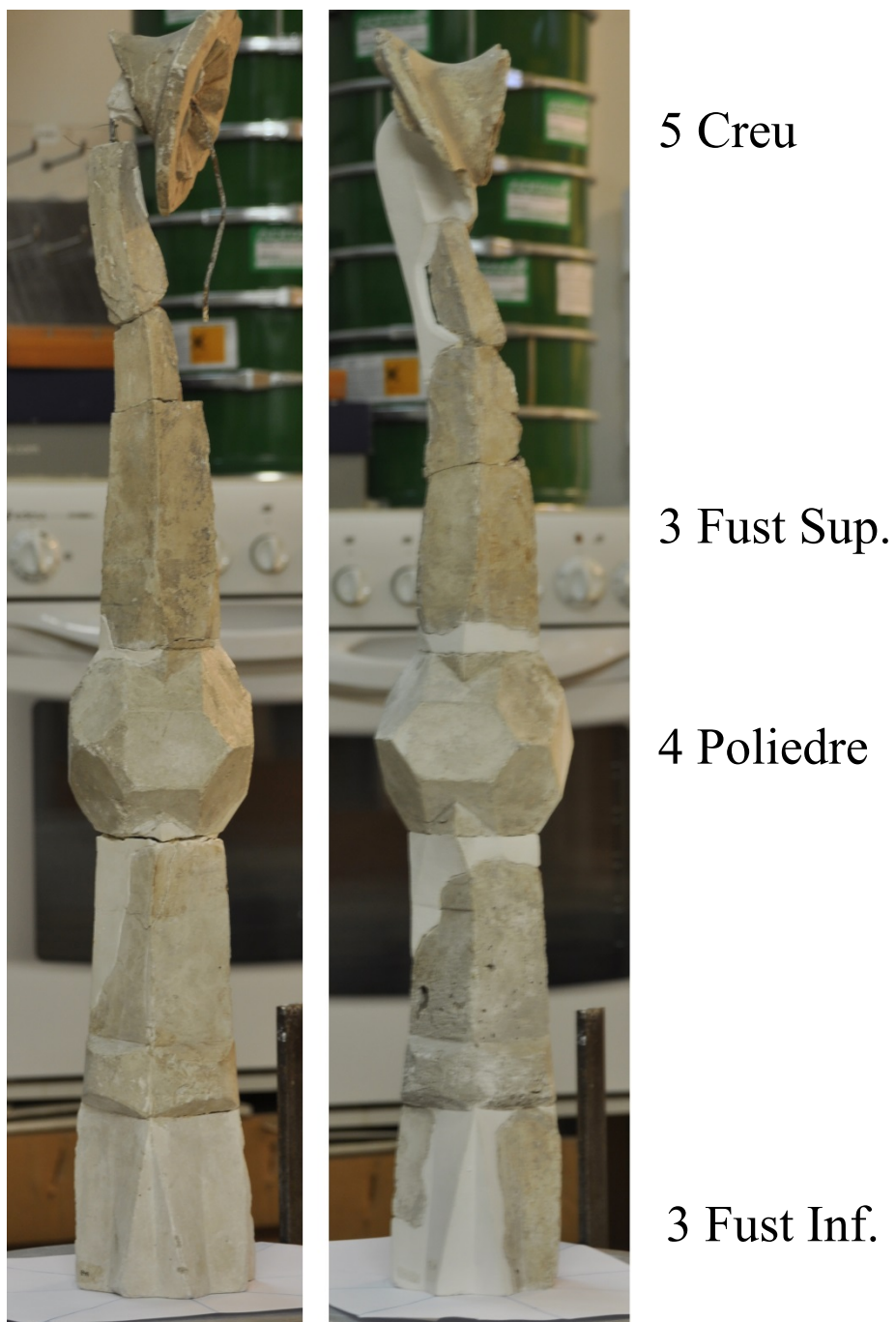
Il·lustració 8-2 Seqüència d'alçats rotats de la maqueta de guix catalogada com a R88



Il·lustració 8-3 Seqüència d'alçats rotats de la maqueta de guix catalogada com a 846M

2. Peça 848/846M Pinnacle de la Passió

Aquest material existent al taller de maquetes de la SF hagués pogut ser la forma definitiva dels actuals pinacles de la Façana de la Passió.



Il·lustració 8-1 Maquetes exposadas a les vitrines del museu de la SF

11. Articles, notes i estudis relacionats amb la tesi

1. Pinales Palau Güell (Revista “informes de la construcción” nº 408).



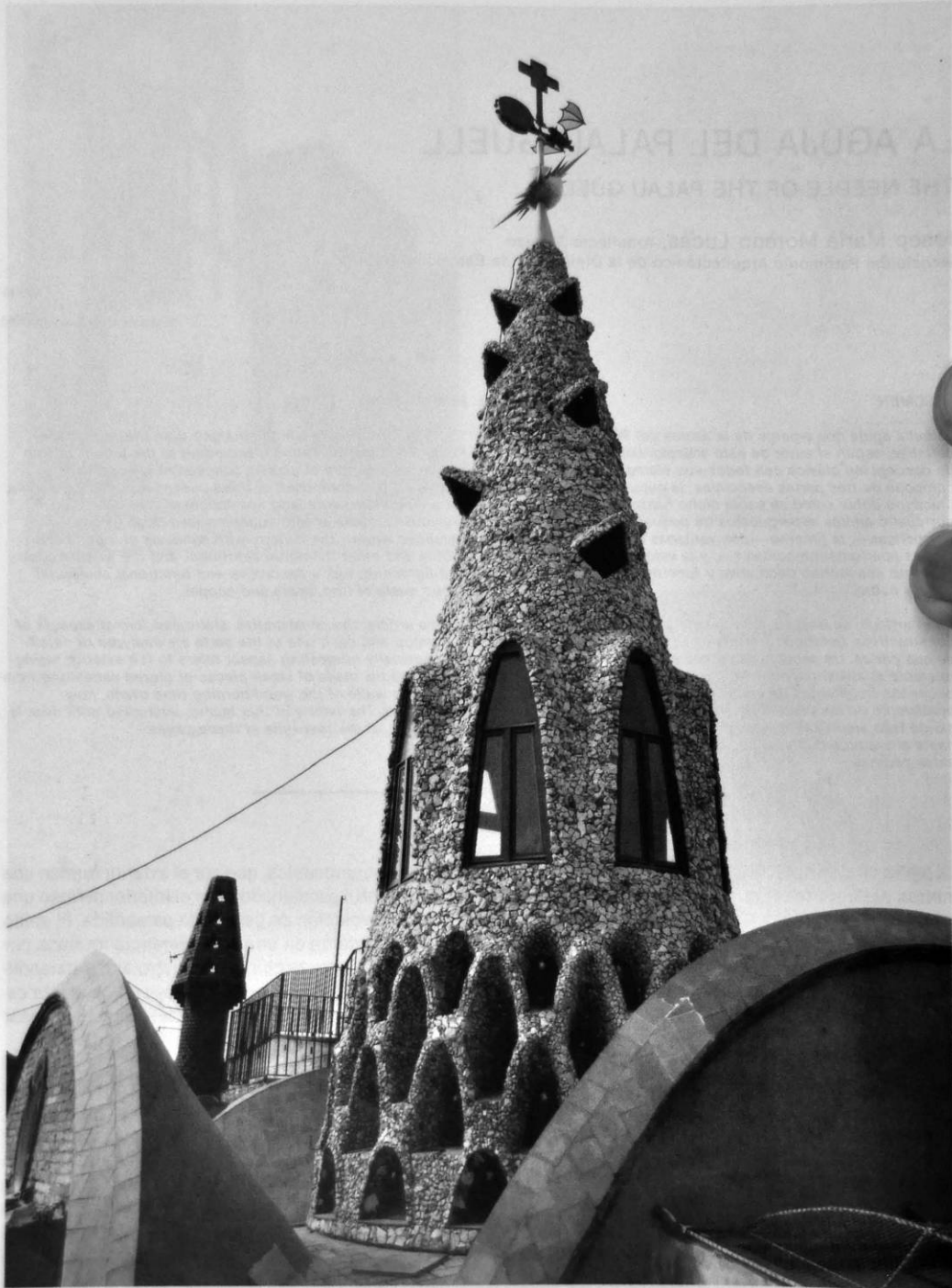


Fig. 1.—La aguja poco después de la restauración. (Foto Jordi Isern, febrero de 1990).

Fig. 2.—Perspectiva seccionada de la aguja. (Dibujo, Txetxu Sanz).

Internamente (Fig. 3) tanto la superficie de la cúpula como la de las pechinas en las que se asienta, está aplacada con piezas hexagonales de alabastro sanguíneo, tipo oriental, cuya dimensión disminuye respecto a la de la hilada inferior a fin de mantener el mismo número de piezas en cada hilada. Algunos hexágonos, de forma alternativa, disponen de orificios circulares, que coinciden con las bóvedas de los anillos estructurales, que permiten la entrada de luz, desde el exterior.

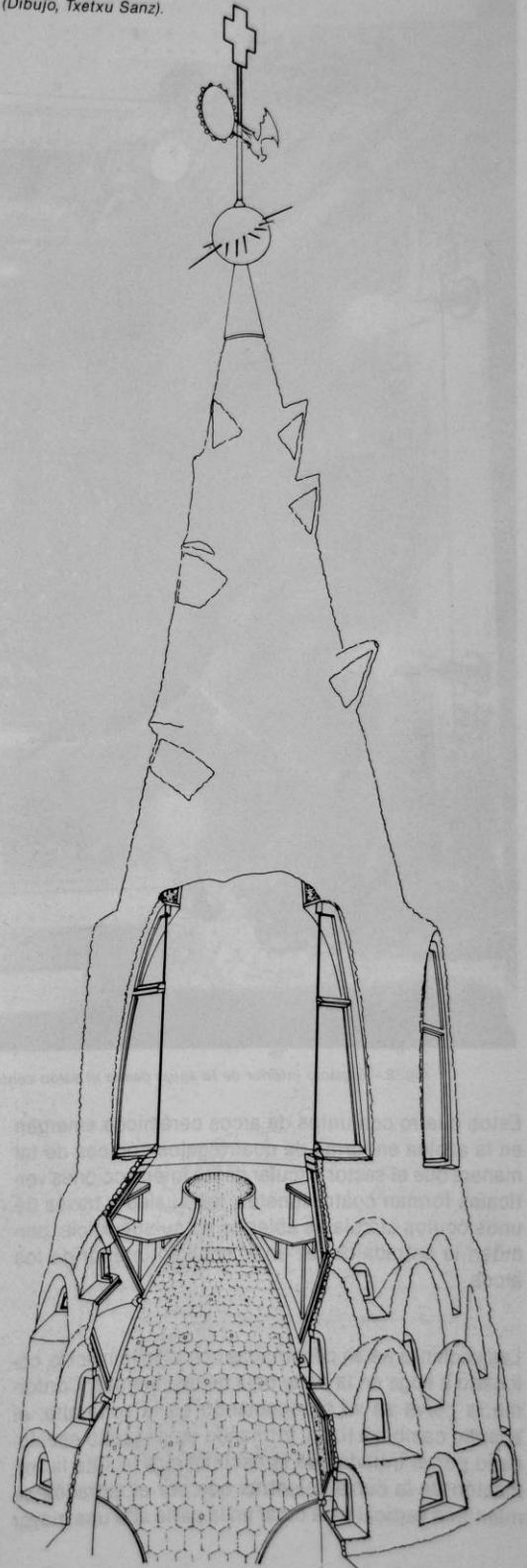
Las pechinas y la cúpula definen una curvatura continua, de forma que seccionando el conjunto por la diagonal de la planta, se obtiene en alzado una parábola simétrica. Ello permite que el aspecto interior sea el de una bóveda a vela o vaída, si bien como se verá claramente al tratar del sistema constructivo, es una cúpula canónica formada por una parábola de revolución.

Salvando las distancias de todo tipo, especialmente en cuanto a sus formas volumétricas y en sus sistemas constructivos, se puede decir que en su concepto arquitectónico las cúpulas del Palau Güell y la del Panteón de Roma son similares. No se trata, naturalmente, de compararlas, sino de observar que la pequeña cúpula gaudiniana —con sus particulares formas arquitectónicas— está construida siguiendo los cánones clásicos con que se construyó aquella.

En ambas, los anillos escalonados exteriores hacen de contrafuerte de las cargas que les transmite el casquete esférico superior, y así como en la cúpula del Panteón la estructura de los anillos escalonados está aligerada de peso mediante los casetones encofrados del interior, en la del Palau Güell se aligera mediante las pequeñas bóvedas abocinadas y superpuestas. Al ser la cúpula del Panteón una semiesfera perfecta, sus escalones exteriores son regulares en la relación altura-anchura. La del Palau Güell, al estar formada por una parábola de revolución, crea unos anillos escalonados cuya relación en altura es mayor que en anchura.

Sistema constructivo

Como hemos visto, la base de la cúpula se apoya sobre la circunferencia que forman el perfil superior de las pechinas. Desde los arcos parabólicos en los que descansan las pechinas —construidos con piedra caliza pulimentada del Garraf— por su parte posterior, y tangentes a ellos, arrancan otros arcos de ladrillo de forma escalonada cuyas impostas se apoyan sobre las diagonales del cuadrado que forma la figura geométrica donde se inscribe la base de la cúpula (ver fig. 4).



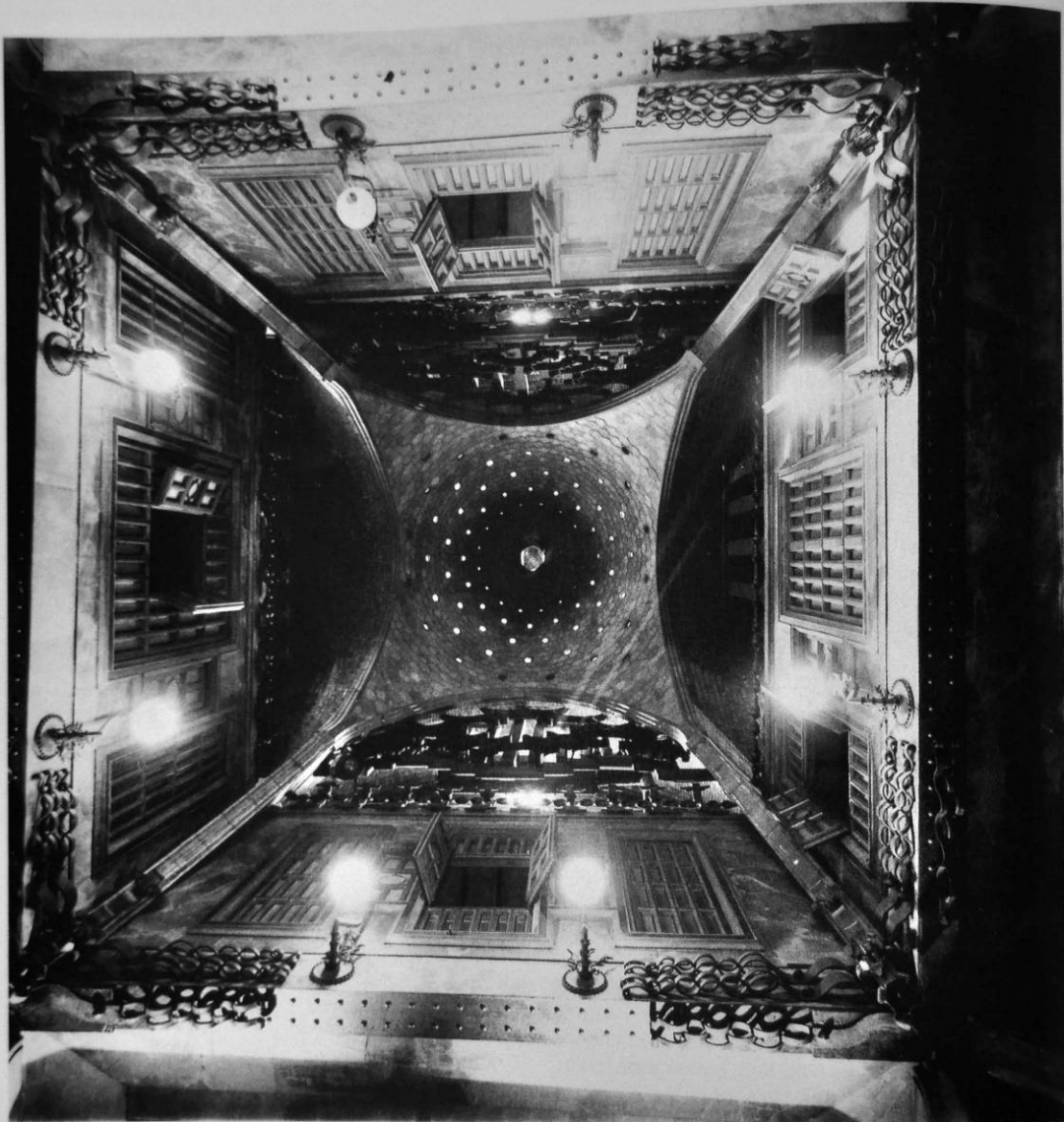


Fig. 3.—Espacio interior de la aguja desde el salón central de la planta noble. (Foto Joan Francés, junio de 1986).

Estos cuatro conjuntos de arcos cerámicos emergen en la azotea en forma de cuatro gajos cónicos de tal manera que el sector circular de las intersecciones verticales forman cuatro lunetas, las cuales a través de unos óculos circulares abiertos en su superficie, permiten la entrada de luz en el espacio interior de los arcos.

Las pechinas están construidas con ladrillo macizo, colocado a soga en la parte baja de las mismas. Conforme la curva se va pronunciando en la zona alta, el aparejo cambia a tizón, formando un pequeño escalonado por el intradós de la pechina que facilita la formación de la curva, mientras que por el extradós se mantiene vertical para crear en la parte alta una mayor

superficie de apoyo de la base de la cúpula. En cada una de las pechinas hay tres pequeñas aberturas cuadradas, que coinciden con los hexágonos perforados del revestimiento, para permitir el paso de la luz a través de cuatro grupos de tres pequeñas claraboyas transitables, construidas en el pavimento de la azotea en la zona situada entre las lunetas. Las pequeñas bóvedas de los anillos que forman la cúpula están construidas con dos gruesos de rasilla común tomadas con mortero de cal. Sobre ellas, situadas al tresbolillo, se sitúan las del anillo siguiente, de tal manera que las impostas de unas bóvedas se apoyan sobre las claves de las inferiores.

Los senos de estas pequeñas bóvedas están macizados con objeto de absorber y compensar las fuerzas

oblicuas y horizontales. El espesor del macizado se va reduciendo conforme la parábola de las bóvedas va ganando en esbeltez en el sentido ascendente de los sucesivos anillos.

El casquete esférico de cerramiento que se apoya en el anillo superior está construido con tres gruesos de rasilla común, que se empotran en la superficie que forman las bóvedas de dicho anillo.

Este peculiar sistema constructivo permite afirmar que se trata de una cúpula de estructura única, no de "una cúpula doble, con recintos interiores a través de dos capas perforadas" ni de una "estructura que sigue el sistema renacentista de doble cúpula" como hasta ahora la han descrito algunos autores.

En cuanto a los aspectos formales y decorativos de esta cúpula también conviene una precisión. Está demostrada la admiración que Gaudí sentía por la arquitectura hispano-musulmana, y en particular por la Alhambra de Granada. Algunos autores afirman que se inspiró en los baños de este conjunto andaluz para diseñar la cúpula del Palau Güell. Creo que un paralelo más racional —lo cual no quiere decir que Gaudí se inspirase necesariamente en él— es la cúpula de los baños de Yeni Kaplica en Bursa, Turquía, donde los tragaluces son circulares, la clave está practicada por un óculo cenital y en los paramentos verticales de la sala, existe un revestimiento cerámico de piezas hexagonales, elementos todos ellos que se repiten en el Palau.

LA LINTERNA

La linterna ocupa la parte media de la aguja, la zona donde adquiere una figura geométrica pura, un cono recto de planta circular. Este volumen arranca del último anillo escalonado de la cúpula, en cuya parte exterior se apoya abrazando dicho anillo y el casquete esférico que remata la cúpula.

En el interior de la linterna se encuentra un pequeño banco perimetral cuya función principal es ocultar las bóvedas del anillo mencionado y actuar como sumidero para evacuar a través de esas bóvedas las aguas de lluvia que pudieran penetrar en el recinto.

Fig. 4.—Detalle del vértice de la linterna. 1.—Revestimiento exterior. 2.—Estructura de la linterna. 3.—Aberturas romboidales superiores. 4.—Viseras. 5.—Anclaje de la veleta a la obra. 6.—Cono de madera. 7.—Anclaje del árbol de la veleta a la base de madera. 8.—Anclaje de la parte externa de la base de la veleta a la obra. 9.—Abrazaderas metálicas de la base de la veleta. 10.—Árbol de la veleta. (Planimetría, Josep Maria Moreno; dibujo, Maite Gómez).

Fig. 4 bis.—Detalle del aro metálico intermedio de la linterna. 1.—Revestimiento exterior. 2.—Estructura de cuatro gruesos de rasilla común. 3.—Aro metálico de descarga. 4.—Estructura de tres gruesos de rasilla común. (Planimetría, Josep Maria Moreno; dibujo, Maite Gómez).

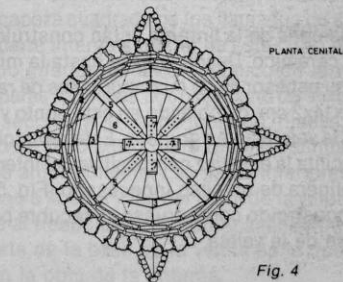
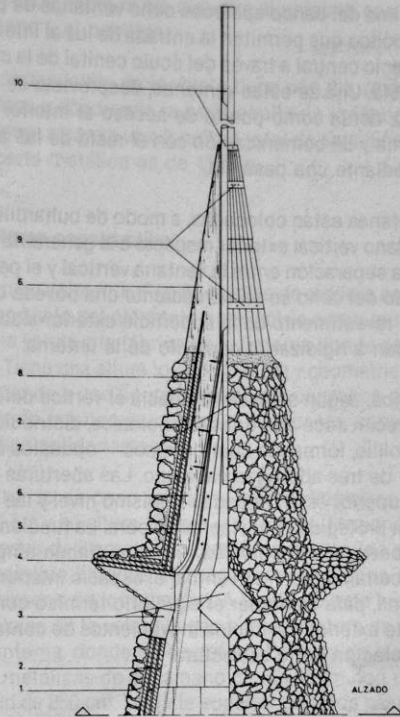


Fig. 4

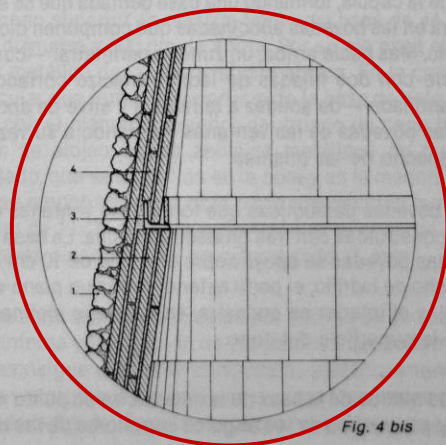


Fig. 4 bis

Por encima del banco aparecen ocho ventanas de perfil parabólico que permiten la entrada de luz al interior del espacio central a través del óculo cenital de la misma cúpula. Una de estas ventanas, desprovista de antepecho, actúa como puerta de acceso al interior de la linterna y de comunicación con el resto de las azoteas mediante una pasarela.

Las ventanas están colocadas, a modo de buhardillas, en un plano vertical exterior respecto a la generatriz del cono. La separación entre la ventana vertical y el perfil inclinado del cono se salva mediante una bóveda que junto al revestimiento de la superficie exterior alabeada ayudan a rigidizar el conjunto de la linterna.

Más arriba, según se asciende hacia el vértice del cono, aparecen doce aberturas romboidales, distribuidas al tresbolillo, formando cuatro grupos —opuestos dos a dos— de tres aberturas cada uno. Las aberturas del grupo superior están situadas al mismo nivel y las doce están protegidas por viseras de obra. La función de estas aberturas romboidales —que no tienen ningún tipo de cerramiento— es ventilar el espacio interior de la linterna, para mantener el equilibrio térmico con el ambiente exterior y evitar los movimientos de contracción-dilatación de la estructura.

Sistema constructivo

Las paredes de la linterna están construidas con material cerámico. Desde la base hasta la mitad de la altura, su espesor es de cuatro gruesos de rasilla común de 29x14x2 cm, cambiando en este punto y hasta la base de la veleta a tres gruesos. Esta reducción de espesor facilita la esbeltez compositiva del interior del cono y lo aligera de un peso innecesario (Fig. 5). El vértice está construido con 2 gruesos y recubre parcialmente la base de la veleta.

Estructuralmente, la linterna se apoya en el último anillo de la cúpula, formando una base dentada que se emotra en las bóvedas abocinadas que componen dicho anillo. Más hacia arriba, un zuncho perimetral —construido con dos hiladas de ladrillo macizo cortado y aplantillado— da solidez a la fábrica y sirve de apoyo de las bóvedas de las ventanas, formando a su vez el antepecho de las mismas.

Las bóvedas parabólicas que forman las ventanas están construidas con tres gruesos de rasilla. La base de dichas bóvedas se apoya sobre el ancho de 10 cm del zuncho de ladrillo; el perfil exterior forma un plano vertical, y el interior se encastra, en un plano inclinado, con la superficie del cono.

A tres metros de la base de la linterna, en su punto medio y por encima de los ángulos superiores de las dos

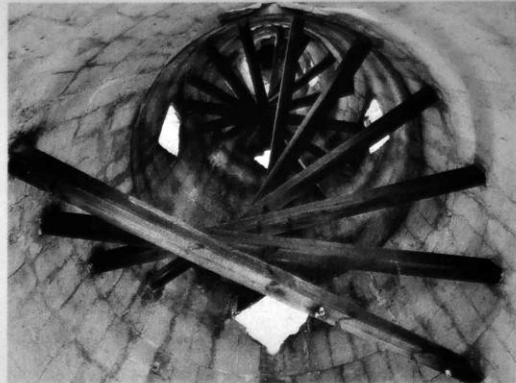


Fig. 5.—Travesaños de madera para absorber los empujes del viento. (Foto Jordi Isern, febrero de 1990).

primeras aberturas romboidales, un aro metálico de perfil L de 6x6 cm, anclado en la fábrica, sirve para reparar y homogeneizar las cargas y para permitir el tránsito de cuatro a tres gruesos de rasilla.

Las viseras de las aberturas romboidales están construidas con dos gruesos de rasilla, formando dos triángulos unidos por el lado superior, que arrancan de los vértices laterales del rombo y recorren los lados superiores del mismo, encastrándose en éstos.

Por encima de los vértices superiores de las cuatro últimas aberturas romboidales, la estructura de la linterna se reduce a dos gruesos de rasilla. Por encima de este punto, sobre el primer grueso interior de rasilla, se asienta la base del cono hueco de madera de la veleta. Los dos gruesos de rasilla restantes siguen hacia arriba recubriendo externamente dicho cono de madera, hasta la mitad de su altura. El exterior de la linterna, como se explica más adelante, está revestido con piedra arenisca vidriada. Además de su papel estético, este revestimiento cumple la función —al estar vidriado— de proteger la estructura de las humedades de filtración ya que no absorbe agua por su propia naturaleza. Por el interior, la estructura carece de revestimiento, apareciendo visto el primer grueso de rasilla.

Los espesores de la estructura son, según hemos visto, de 10, 7 y 5 cm, que corresponde a los gruesos de rasilla en las zonas de ventanas, aberturas romboidales y cono de la veleta, respectivamente. El revestimiento exterior de piedra tiene un espesor aproximado de 5 cm.

En el interior de la linterna (Fig. 6), por encima de las ventanas, unos travesaños de madera colocados de forma diametral y superpuestos en espiral, se empotran en la estructura de fábrica con la misión de absorber los empujes externos del viento a que está sometida la esbelta aguja.

LA VELETA-PARARRAYOS

La aguja está coronada por la veleta-pararrayos, un bello elemento decorativo y funcional digno complemento del conjunto (Figs. 7 y 8).

La parte inferior del elemento es una estructura de madera de forma compuesta —un tronco de cono y un cono sobre él— donde se ancla y soporta el árbol o eje principal de la veleta. El tronco de cono inferior es hueco, arranca por encima de las cuatro aberturas superiores de la linterna y está embebido en la estructura de obra de ésta. El cono superior, el único que sobresale de la fábrica de la linterna, está forrado por otro cono que sirve de apoyo a una esfera de 60 cm de diámetro, de la que nacen dieciséis puntas cónicas de diverso tamaño que señalan los puntos cardinales; las puntas mayores se orientan a los cuatro puntos principales y las menores a los secundarios. Los vértices de estas puntas funcionan además como pararrayos.

Por encima de estas estructuras aparece la veleta propiamente dicha, formada por una figura zoomórfica —un murciélago con las alas extendidas— que señala la dirección del viento y en el lado opuesto un pandero circular que cumple la doble función de vela y contrapeso. La veleta se corona con una cruz griega

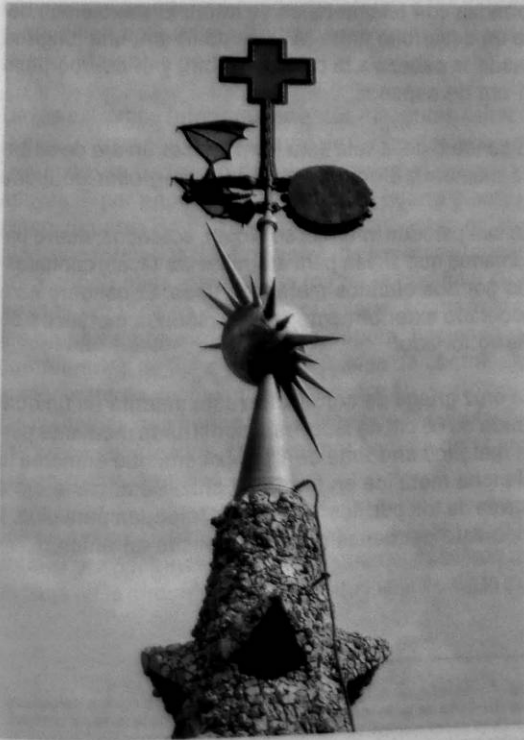


Fig. 6.—La veleta-pararrayos, poco después de ser restaurada. (Foto Jordi Isern, febrero de 1990).

colocada sobre el eje que gira al unísono con el murciélago y el pandero.

La parte visible de la veleta tiene una altura de cinco metros y añadiendo la parte oculta en la fábrica de la linterna alcanza una longitud total de seis. El peso de la parte metálica es de 150 kg.

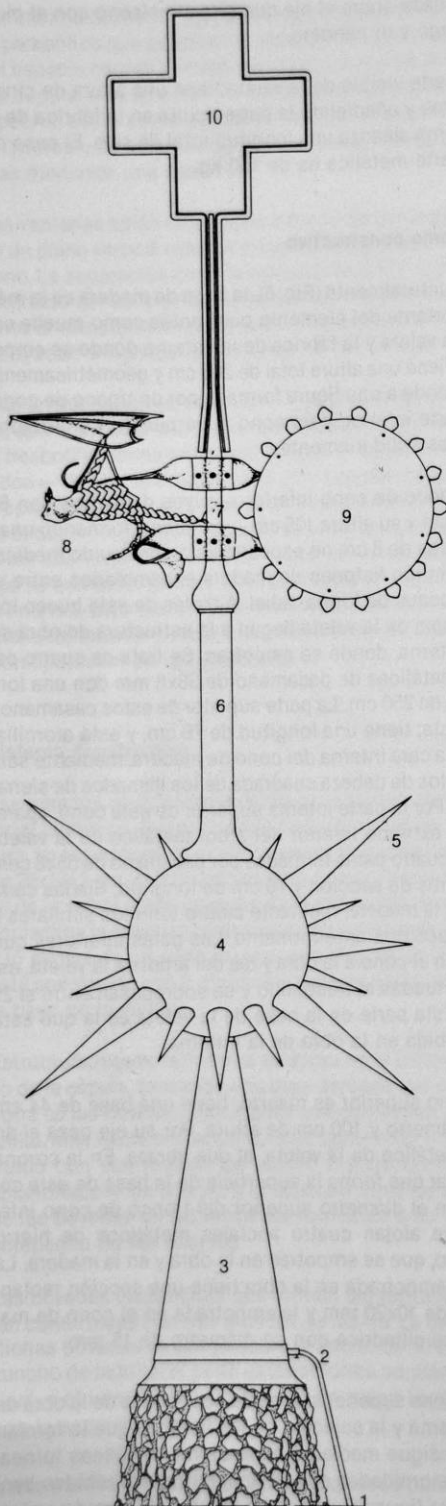
Sistema constructivo

Estructuralmente (Fig. 5), la base de madera es la más importante del elemento pues actúa como muelle entre la veleta y la fábrica de la linterna donde se empuja. Tiene una altura total de 205 cm y geoméricamente responde a una figura formada por un tronco de cono, la parte inferior, y un cono superpuesto, construidos ambos solidariamente.

El tronco de cono inferior —cuyos diámetros son 60 y 26 cm y su altura 105 cm— es hueco, formando unas paredes de 8 cm de espesor. Está construido mediante veintidós listones de madera ensamblados entre sí colocados de forma radial. A través de este hueco los anclajes de la veleta llegan a la estructura de obra de la linterna, donde se empotran. Se trata de cuatro patas metálicas de pasamano de 38x8 mm con una longitud de 250 cm. La parte superior de estos pasamanos es vista; tiene una longitud de 70 cm, y está atornillada a la cara interna del cono de madera, mediante seis tornillos de cabeza cuadrada de los llamados de sierralima. Por la parte interna superior de este cono, aparece el extremo inferior del árbol metálico de la veleta y las cuatro patas formadas por pasamano de 55x8 centímetros de sección y 70 cm de longitud, fijadas cada una a la madera, mediante cuatro tornillos similares a los descritos anteriormente. Las patas inferiores que anclan el cono a la obra y las del árbol de la veleta, están situadas al tresbolillo y se sobrepasan entre sí 25 cm. Esta parte de la base de la veleta es la que está embebida en la obra de la linterna.

El cono superior es macizo; tiene una base de 44 cm de diámetro y 100 cm de altura. Por su eje pasa el árbol metálico de la veleta, al que abraza. En la corona circular que forma la superficie de la base de este cono con el diámetro superior del tronco de cono inferior, se alojan cuatro anclajes metálicos de hierro forjado, que se empotran en la obra y en la madera. La parte empotrada en la obra tiene una sección rectangular de 10x20 mm y la empotrada en el cono de madera es cilíndrica con un diámetro de 15 mm.

Este cono superior sobresale por encima de la obra de la linterna y la sujeción de los listones que lo forman se consigue mediante abrazaderas metálicas torneadas y atornilladas que se encuentran embebidas dentro de la figura. Como se ha dicho, está forrado por un



cono de latón dorado que lo protege de la intemperie y que sustenta la esfera que forma la rosa de los vientos y el pararrayos. Esta esfera, también de latón dorado, está construida con dos casquetes esféricos y un anillo que soporta las flechas de los vientos, cuyos vértices de cobre son las puntas Franklin del pararrayos. Todos estos elementos están soldados con estaño, a excepción de las puntas Franklin de cobre, que están sujetas al latón mediante roscas. Por encima de la esfera, una trompeta de latón invertida protege el árbol de la veleta.

Este árbol tiene un desarrollo total de 250 cm de altura y un diámetro exterior de 7 cm. Los 50 cm superiores son huecos con un diámetro interior de 55 mm y un fondo cónico, donde se aloja el eje de la veleta cuyo extremo inferior acaba en punta cónica, para formar con el árbol el cojinete de giro de la veleta. Al eje se sujetan, mediante piezas de hierro forjado y tornillos, el murciélago y el pandero que hacen de veleta y vela respectivamente.

El murciélago es de hierro forjado y en su lomo tiene un lingote de plomo para contrapesar todo el conjunto. Las alas y la parte trasera superior del animal están forradas con tela metálica de latón. El murciélago tiene un desarrollo entre las alas de 91 cm, una longitud desde la cabeza a la cola de 51 cm, y el cuerpo tiene 11 cm de espesor.

El pandero de la vela esta formado por un aro de 58 cm de diámetro; 8 cm de anchura y un grosor de 2 cm.

En sus paredes internas se alojan, soldados, nueve pasamanos que sirven para atornillar las tapas, compuestas por dos círculos metálicos lisos. El pandero está decorado exteriormente con 16 piñones metálicos de hierro forjado.

La cruz griega de coronación está inscrita en un cuadrado de 66 cm de lado; está construida mediante perfil metálico en forma de T de 4x4 cm, que enmarca la plancha metálica en forma de cruz. Se ancla al eje a través de los perfiles "T", que descienden paralelos, y mediante pequeñas piezas metálicas de unión.

Fig. 7.—Veleta-pararrayos. 1.—Vértice de la linterna. 2.—Cable del pararrayos. 3.—Cono de latón que protege la parte exterior de la base de la veleta. 4.—Rosa de los vientos. 5.—Puntas Franklin del pararrayos. 6.—Trompeta invertida que protege el árbol de la veleta. 7.—Eje de la veleta. 8.—Murciélago. 9.—Pandero. 10.—Cruz griega de remate. (Planimetrá, Josep María Moreno; dibujo, Maite Gómez).

FUNCIONAMIENTO ESTÁTICO DEL CONJUNTO

La estructura de la aguja (Fig. 4) se sustenta y descarga en dos paredes de piedra, paralelas a las fachadas, y en las dos jácenas metálicas de un primer zunchado, paralelas a las medianeras, que se empotran en dichas paredes y que reducen su luz mediante columnas y machones, también de piedra. Estas jácenas y paredes son las que delimitan el perímetro de la sala central de la planta noble del Palau Güell.

Por debajo de la cuarta planta del edificio, ocho ménsulas de piedra colocadas perpendicularmente entre sí, dos a dos, en los ángulos del cuadrado de la sala, de forma que los extremos de sus voladizos sean tangentes, sirven de apoyo al segundo zunchado de cuatro jácenas metálicas, que a su vez reducen el cuadrado de la planta. En los vértices de este nuevo cuadrado y por encima de las jácenas se asientan cuatro pilares que atraviesan, ascendiendo, la cuarta planta, que por el interior de ésta son circulares y por el espacio de la sala aparecen como paralelepípedos, formando una curva parabólica con la dirección de las diagonales de la planta de forma que cuando alcanzan su máxima altura se han convertido en otras cuatro ménsulas, obteniendo figuradamente los extremos de estas ménsulas, un tercer cuadrado inferior a los anteriores, y es en esta última figura donde se halla inscrita la circunferencia de la cúpula.

De los extremos interiores de estas ménsulas —hacia la sala— arrancan las impostas de los cuatro arcos de la cúpula; en cada uno de los extremos exteriores se apoyan —por encima del techo de la cuarta planta— cinco viguetas de perfil metálico, dispuestas en abanico, que forman la base de apoyo de los arcos tangentes y abocinados, paralelos a los de la cúpula y cuya función estática es doble; por un lado, contrarrestan los empujes horizontales de la cúpula, haciendo de contrafuertes de ésta; y por otro, sirven de contrapeso al momento de vuelco, que tienen, por su morfología, las ménsulas que soportan los arcos de la cúpula. Estos arcos abocinados emergen por encima de la azotea en forma de gajos.

Los cuatro arcos parabólicos superiores están unidos entre sí por pechinas, que transforman el cuadrado de su base en la circunferencia en la que se asienta la cúpula.

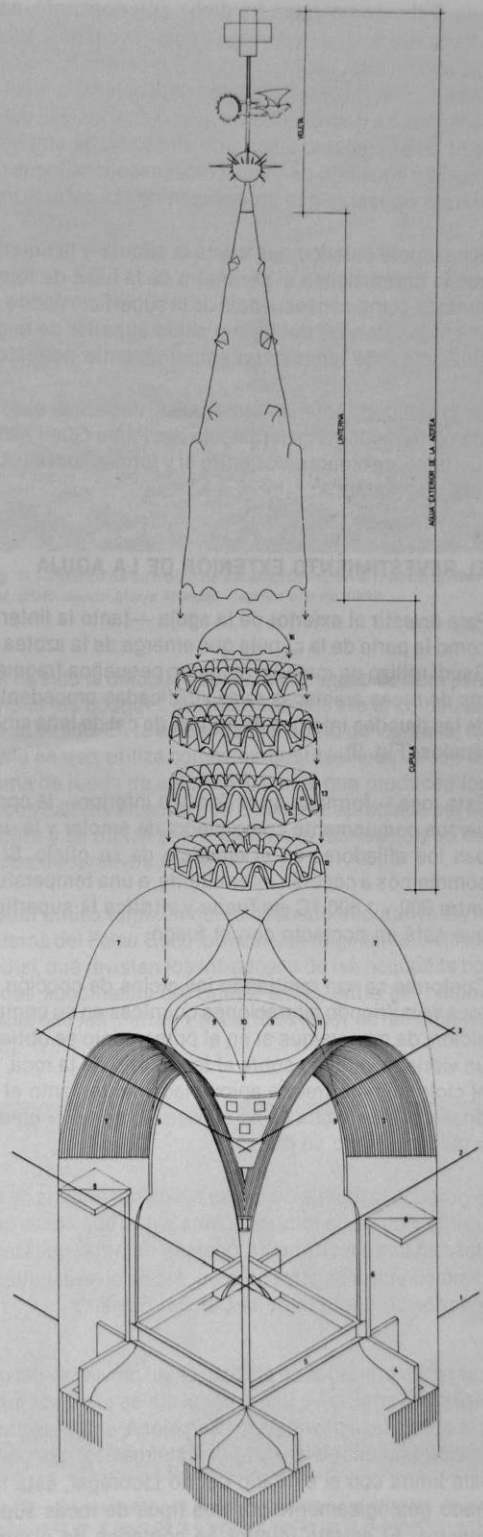


Fig. 8.—Desarrollo estático-constructivo de la cúpula y la aguja del Palau Güell.

pula. Ésta, como ya se ha dicho anteriormente, está construida mediante sesenta y cuatro pequeñas bóvedas abocinadas, superpuestas y concéntricas, colocadas en cuatro hiladas o anillos de dieciséis unidades cada uno. La distribución de estas bóvedas y el macizado de sus senos, crean una situación de empotramiento y equilibrio perfecto, compensándose todas las fuerzas opuestas que se escapan de las estructuras.

El casquete esférico que cierra la cúpula, y la linterna que lo cubre, tienen el perímetro de la base de forma dentada como consecuencia de la superficie donde se asientan (bóvedas del último anillo superior de la cúpula), creando también un empotramiento perfecto.

De lo analizado anteriormente, puede deducirse que los elementos que forman la aguja del Palau Güell están fuertemente empotrados entre sí y forman una estructura hiperestática.

EL REVESTIMIENTO EXTERIOR DE LA AGUJA

Para revestir el exterior de la aguja —tanto la linterna como la parte de la cúpula que emerge de la azotea—, Gaudí utilizó un material singular: pequeños fragmentos de rocas areniscas rojas vitrificadas procedentes de las paredes internas de hornos de cal de leña amortizados (Fig. 9).

Esta roca —formada en el Triásico inferior— la conocemos comúnmente como piedra de amolar y la usaban los afiladores en el ejercicio de su oficio. Si la sometemos a cocción intermitente, a una temperatura entre 900 y 1.000 °C, se funde y vitrifica la superficie que está en contacto con el fuego.

Conforme se van repitiendo los ciclos de cocción, la roca va sufriendo alteraciones químicas en su composición, de manera que si en el primer ciclo se obtiene un vidriado verdoso sobre el fondo rojo de la roca, en el ciclo número treinta aproximadamente, tanto el vidriado como la roca se ha convertido de color blanco y ha aumentado su dureza.

Siguiendo la repetición de los ciclos por encima de los treinta y cinco, la roca se quema y gasifica convirtiéndose en una escoria negra, porosa y deformable, que Gaudí también utilizó en otras obras, como en el revestimiento exterior de la cripta de la Colonia Güell.

Las rocas utilizadas en el Palau Güell provienen del macizo del Garraf, cuyo límite por el sur se extiende junto a la costa de la provincia de Barcelona, entre los caseríos de Castelldefels y Sitges. Este macizo, que por el este limita con el estuario del río Llobregat, está formado geológicamente por tres tipos de rocas superpuestas. El estrato inferior se compone de pizarras



Fig. 9.—Fragmentos de roca arenisca vitrificada usada como revestimiento de la linterna del Palau Güell. (Foto Jordi Isern, febrero 1990).

primarias, que son la continuación del plegamiento existente en la sierra de Collcerola y que forma el lecho del río Llobregat. Este estrato es bien visible en los pueblos ribereños del río, como Gavà, Viladecans, Sant Boi y Sant Vicenç dels Horts.

El estrato intermedio está formado por rocas areniscas rojas del Triásico inferior, que son las utilizadas en el revestimiento que aquí estudiamos. El estrato es visible en los barrancos del macizo, que abarcan desde el castillo de Aramprunyá en Gavà, hasta el pueblo de Torrelles de Llobregat.

El estrato superior está formado por rocas calizas margosas del Triásico medio, y abarca la parte alta del macizo, afectando en esta zona a los municipios de Begues, Olesa de Bonesvalls y Vallirana. Son las rocas de este estrato las que se utilizaron en la construcción de las fachadas y otros elementos del Palau Güell.

El estrato superior del macizo del Garraf es óptimo para la fabricación de cal y de cemento. Por ello, antiguamente era la producción de cal la industria principal de la zona y su obtención se efectuaba en los hornos construidos según la tradición romana (Fig. 10). Las paredes de estos hornos, de unos veinte centímetros de espesor, se construían con las mismas piedras calizas, lo cual comportaba que en cada hornada perdían por calcinación 2 cm de espesor y, en consecuencia, el horno aumentaba en 4 su diámetro. Repitiendo el proceso de cocción cuatro o cinco veces, las paredes del horno se debilitaban de tal manera que, una vez amortizado, debía abandonarse y construir otro nuevo.

Con el tiempo se descubrió, tal vez fortuitamente, que revistiendo la cara interior de las paredes del horno con bloques de la piedra arenisca citada, ésta permitía la reutilización del horno unas treinta y dos veces, hasta

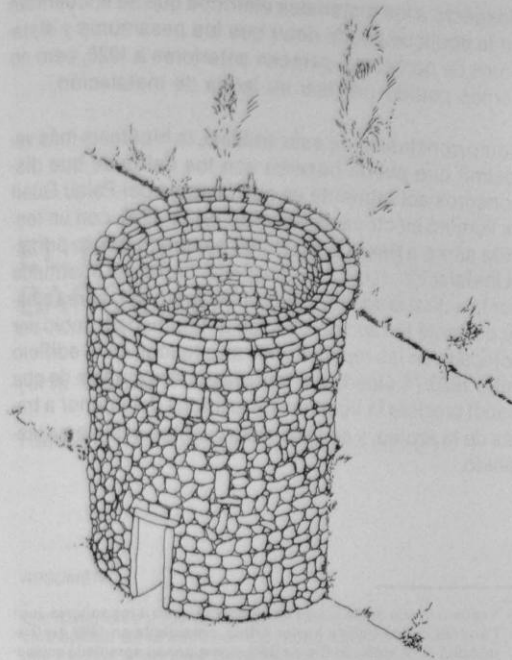


Fig. 10.—Horno de cal de tradición romana en el macizo de Garraf. (Dibujo, Txetxu Sanz).

que los efectos de vitrificación descritos anteriormente llegaban a su límite y aconsejaban la construcción de un nuevo horno, por amortización del primero. Esto permitió la utilización del horno durante cuatro años, a razón de ocho hornadas anuales, antes de que éste se abandonase por amortizado. Fue en estos hornos donde Gaudí encontró el material utilizado como revestimiento de la linterna del Palau Güell (Fig. 11).

Con la aparición del cemento y la crisis de la primera guerra mundial, la cal pasó a ser un aglomerante secundario en la construcción y su producción desapareció como industria familiar y artesanal, transformándose en una industria mecánica con fábricas a pie de cantera, con cintas transportadoras, hornos continuos y cadenas de envasado.

Los pocos caleros que subsistieron, de los cuales todavía queda uno en los bosques de Vallirana, tuvieron que apurarse para rentabilizar y amortizar al máximo el tipo de horno utilizado, y lo consiguieron sustituyendo el forro de piedra arenisca por otro de ladrillo refractario, consiguiendo resultados definitivos con un mantenimiento mínimo consistente en la reparación, de vez en cuando, de los ladrillos refractarios degradados.

Con el desarrollo tecnológico e industrial de nuestro siglo, otro problema que han debido afrontar los cale-

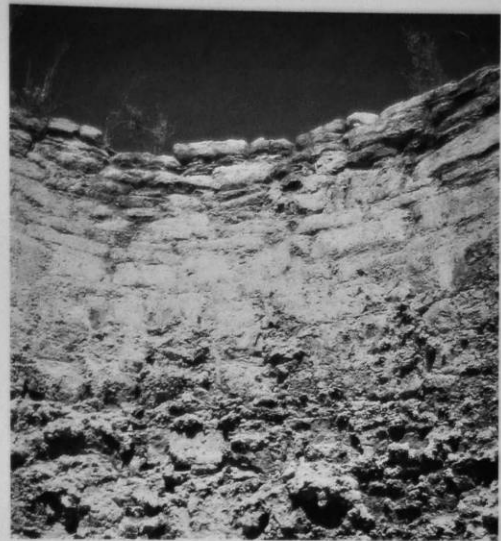


Fig. 11.—Interior de un horno de cal amortizado en el macizo de Garraf. (Foto Josep María Moreno, septiembre de 1988).

ros ha sido la dificultad de encontrar mano de obra para limpiar los bosques del matorral, que era el combustible utilizado. En la actualidad, el horno de Vallirana, todavía en uso, utiliza como combustible neumáticos de goma de rueda de automóvil. La cal que producen los pocos caleros en activo, es altamente apreciada por su pureza y se utiliza sobre todo en la fabricación de estucos decorativos y enlucidos (1).

Gaudí utilizó también como acabado decorativo en la linterna del Palau Güell los azulejos fragmentados (trencadís), que revisten los intradoses de las pequeñas bóvedas abocinadas del primer anillo, entre las carpinterías que las cierran y el perfil exterior de las mismas (Fig. 12).



Fig. 12.—Revestimiento de azulejo troceado en el intradós de las hornacinas de la base de la linterna y restos de la iluminación artificial moderna. (Foto Jordi Isern, febrero de 1990).

LA ILUMINACIÓN DEL CONJUNTO

La iluminación natural del interior del edificio desde la azotea se consigue a través de la linterna, mediante el óculo cenital de la cúpula y de los pequeños tragaluz circulares que se distribuyen por la superficie de ésta. La luz también penetra por los óculos de las lunetas y por los ventanales que dan a la planta de buhardillas, hasta donde llega la luz a través de las claraboyas de la azotea.

La iluminación artificial se consigue actualmente mediante electricidad, con bombillas de incandescencia. La peculiaridad de la instalación y la falta de documentación respecto a la fecha de montaje y puesta en funcionamiento, no nos permite precisar si se trata de una modificación de una instalación previa proyectada por Gaudí.

Por los restos de instalaciones encontrados en el interior del edificio, se sabe que éste estuvo originalmente alumbrado con lámparas de gas, pero no hay que olvidar que en 1884 la Compañía Canadiense iluminó la Rambla de Barcelona con electricidad, de forma experimental. Es posible, pues, que el palacio poseyera instalación eléctrica casi desde su inauguración.

Respecto a los materiales eléctricos que se encuentran en la aguja se puede decir que los pasamuros y aisladores de porcelana, parecen anteriores a 1926, pero no hemos podido precisar su fecha de instalación.

Como conclusión de este análisis, la hipótesis más verosímil que puede hacerse con los datos de que disponemos actualmente es que la aguja del Palau Güell se iluminó eléctricamente entre 1913 y 1926, con un tendido aéreo a base de dos hilos separados; esta primera instalación, tal vez por obsoleta, debió ser sustituida por la actual entre 1950-55 y la alimentación aérea a base de cable forrado de plástico antihumedad, debió ser colocada en las reparaciones efectuadas en el edificio entre 1970-74. Queda por tanto la duda razonable de que Gaudí previera la iluminación artificial del interior a través de la azotea, y en todo caso cuál fue el sistema instalado.

(1) Expreso desde estas líneas mi agradecimiento a los señores Joan Ferreras, de Vallirana y Xavier Artís, presidente en 1988 del Gremio de Fabricantes de Cal de Barcelona, por su apreciada colaboración durante la investigación de esta parte del trabajo.



Fig. 13.—Salón-capilla iluminado cenitalmente por la cúpula-linterna. (Foto Arxiu Mas, 1932).

2. Plànols Francisco de Paula del Villar. Article de 1968 a la Vanguardia de Joan Bassegoda Nonell.

VIERNES, 7 DE JUNIO DE 1968

LA VANGUARDIA ESPAÑOLA

Página 47

EL PROYECTO DE LA PRIMERA «SAGRADA FAMILIA», DEBIDO AL ARQUITECTO DON FRANCISCO DEL VILLAR Y LOZANO

EL ASCENSOR INTELIGENTE

La casualidad hizo que quien esto escribe, una tarde del pasado verano, localizara una serie de documentos que se hallaban depositados en el sótano del Colegio de Arquitectos. La casualidad tuvo esta vez forma de ascensor superautomático dotado de memoria y, quizás también de inteligencia y voluntad, pues habiéndole pedido que llevara al exterior a la planta baja de dicho Colegio, por su propia iniciativa, lo condujo al sótano donde, de manos a boca, se topó con los archivos de los arquitectos F. de P. Villar y Augusto Font, que en su día fueron cedidos a la antigua Asociación de Arquitectos de Cataluña.

ARCHIVOS DE ARQUITECTOS

La clasificación de los documentos hallados y su debido estudio llevó mucho tiempo, que no fue perdido, ya que con aquel material se hizo posible la exposición de la fachada de la catedral de Barcelona en la sede del Colegio de Arquitectos, que magistralmente guió don Adolfo Florensa en brillante conferencia. Baste citar el proyecto completo del desaparecido Palacio de Bellas Artes de la Exposición Universal de Barcelona, en 1888, de Augusto Font, y el de restauración de la catedral de Haraagón, de Font y Eñas Rogent.

EL PROYECTO

En una carpeta aparte, y debidamente ordenada, apareció el proyecto del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia, realizado por su primer arquitecto don Francisco de Paula del Villar y Lozano, en 1882.

Sobradamente conocida es la intervención del entonces arquitecto don Sr. Villar en la redacción del proyecto que José M. Bocabella le encargó luego de desistir en el empeño de reproducir la italiana iglesia de Nuestra Señora de Loreto. Lo que no se conocía, o se conocía mal, era el proyecto que se interrumpió en 1883 después de las desavenencias de Villar con el arquitecto asesor de Bocabella, don Juan Martorell Montells, por la cuestión derivada de los pilares de la cripta, a la sazón en construcción. La discusión se agrió tanto que Villar, por primera vez en su carrera, presentó la dimisión del cargo y la constituyente renunció a la dirección de las obras.

La dirección fue ofrecida a Martorell que, por delicadeza, no aceptó, pero propuso a su antiguo ayudante Antonio Gaudí. A partir de tal momento el templo cobró forma y espíritu distintos, quedando relegado al olvido el proyecto que Villar redactara.

De dicho proyecto sólo se conserva un dibujo de los alzados frontal y lateral publicado en el Boletín del Propagador

de la Devoción de San José, en las páginas 288 y 269 del n.º 16, año LX, de fecha 15 de agosto de 1902, y una fotografía de la cripta con los pilares a medio hacer, publicada en las páginas 272 y 273 del mismo boletín.

Esta fotografía, así como un croquis de la planta y otro del alzado los reproduce Rafols en su libro «Caudal», Ed. Canosa, Barcelona, 1929, y luego, George F. R. Collier, en su obra «Cronología de las biografías gaudinianas». Un alzado de los pilares de la cripta se publicó en el libro de Martorell Gaudí, su vida, su técnica, su obra (Colegio de Arquitectos, Barcelona, 1967), procedente de la colección Matamala.

EL ARQUITECTO VILLAR

Don Francisco de Paula del Villar y Lozano nació en Murcia, en 1828. Estudió y obtuvo el título de arquitecto en Madrid, por la Academia de San Fernando, en 1852 (el año en que nació Gaudí). Al año siguiente pasó por oposición, la cátedra de Arquitectura Lejana, en la Academia Provincial de Bellas Artes de Barcelona, en su sección de Enseñanza de Maestros de Obras.

En 1854 tuvo una serie de hospitalidades de urgencia para atender a los apóstrofos por la epidemia de cólera, interrumpiendo, estaba completamente interrumpido, estaba completamente interrumpido, estaba completamente interrumpido. Fue bibliotecario de la Academia de Bellas Artes de Barcelona, independiente de la de San Fernando, numerario de la Real de Ciencias y Artes de Barcelona en 1875, vocal de la Comisión Provincial de Monumentos, presidente de la Asociación de Arquitectos y director de la Escuela Superior de Arquitectura.

Como arquitecto diocesano, cargo que desempeñó entre 1874 y 1892, en que le sucedió su hijo, don Francisco de Paula del Villar y Carmona, restauró la Iglesia del Pino, Santa María de Villafraanca, la casa del Ayuntamiento de Barcelona, y proyectó el alzado del Monasterio de Montserrat, contando como delineante con Antonio Gaudí, que era autor de muchas iglesias parroquiales de la diócesis.

CUARENTA Y CINCO DOCUMENTOS

Dentro de la referida carpeta aparecieron 45 documentos de diversa índole o acuarela, sobre papel canchón, o si hubiera ninguno sobre papel vegetal o tela. Como el volumen de tal documentación se halló el pergamino que comienza la primera columna de texto que se lee, bajo una historialada letra en que se contiene un dibujo a todo color de la Sagrada Familia.

«En nombre de Dios Todo Poderoso: Invocada la Gracia y Bendición de su Omnipotencia, en honor de su Santo Niño Nuestro Señor Jesucristo; y en debida memoria de la Sagrada Familia de León XIII, en el IV año de su Pontificado, Obispo de Dios, de su Excmo. e Ilmo. Sr. D. José María de Urquiza y Bendaña, Obispo de Dios, de don Alfonso XII (q.D.G.). Hoy, XIX de marzo de MDCCCLXXXII, fiesta de San José, Epoux de Nuestra Señora, Patron de la Iglesia Católica.

Por la iniciativa de D. José María Bocabella y Verdager, coadyuvado eficazmente por la Asociación Espiritual de Josefinos, fundada por el mismo para erigir este Monumento.

Se coloca la primera piedra de esta Iglesia expiatoria.

Sea esta obra para mayor honra y gloria de la Sagrada Familia. Despierte de su tibieza a los corazones adormecidos, sea el calor de la caridad, contribuya a que el Señor se apiade del pan; y que este, impulsado por su abuelo, Cataldo, piense, predique y practique las virtudes que, calmando las ansiedades de la Santa Sede, y dulcificando los tormentos que la tierra prodiga hoy al Sumo Pontífice, nos conduzca, tiempos de culpa a la presencia de Dios para implorar su Misericordia y alcanzar la Gloria. Amen.»

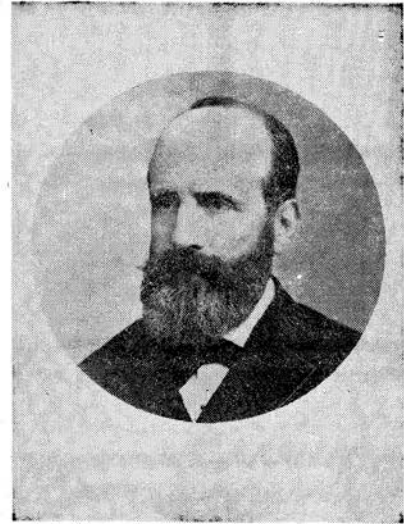
Abundante es, por lo tanto, la documentación, y tal abundancia de dibujos demuestra un cuidado estudio del proyecto y permite observar que fueron varias las soluciones imaginadas por el arquitecto. Concretamente se determinan dos soluciones, la primera de las cuales presenta dos variantes.

La primera solución, que es la que hasta ahora, parcialmente, se conocía, era en limitado estilo gótico, con resabios románicos (o bizantinos como entonces se le llamaba). Era una iglesia de tres naves, con un pórtico o nártex a los pies, transsepto o crucero, deambulatorio o góndola, y capillas radiales o absidiales. Feña, además, una cripta o confesión debajo del presbiterio.

Sobre el pórtico se levantaba una torre octogonal que en la primera variante terminaba en una cubierta plana, al estilo de las torres antiguas de la seo barcelonesa. Del campanario de Pedralbes, y en la segunda variante se coronaba con una aguja calada piramidal.

La segunda solución, era mucho más ambiciosa y elevada. La fachada principal perdía todo resabio bizantino y se acordaba al templo mediante tres arcos óvalos con arquivoltas, y arcos gómbales. En cuanto a la torre, óndola, de la fachada, se hacía semejante a la esbelta tracería calada de un aire evidentemente marroquí, a pesar de la poca simpatía que ambos arquitectos se demostraron.

El cimborio sobre el crucero era también altamente cónico y de haberse realizado hubiera sugerido a los más conseguidos ejemplares del neogótico del siglo pasado.



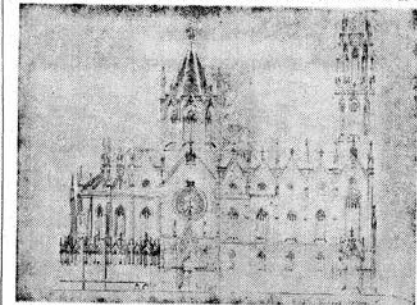
Don Francisco de Paula del Villar y Lozano (1828-1903)

EL NEOGOTICISMO EUROPEO

Este segundo proyecto, que era el que evidentemente se inició, y posteriormente quedó interrumpido, estaba completamente dentro del concepto del neogótico imperante en Europa, y que había sentido sus pioneros en los románicos como H. Walpole, constructor de falsas ruinas góticas en Strawberry Hills, y John Ruskin, defensor del gótico en sus «Seven Lamps», en Inglaterra, junto con James Wyatt, autor de la abadía de Font-hill. En Francia, Victor Hugo y Chateaubriand fueron los señores más notables del góticoismo, y el realizador más efectivo fue Eugène Emmanuel Viollet le Duc. De esta época son las iglesias de Santa Chotilde de París (1846), de Gai y la Votivkirche, de Viena. En

ban sendos artículos publicados en el «Diario de Barcelona», en 1883, se habían construido solamente hasta la mitad las pilastras de la cripta. Gaudí, al hacerse cargo de las obras, lamentó la disposición de la cripta, pues hubiera preferido orientar el edificio en el sentido diagonal de la manzana, y al no poder llevar a cabo su idea, se limitó a rodear de un amplio foso la cripta, que dejó de ser un semitanto, y terminaría sin introducir otras variantes que cambiar los motivos de los capiteles, que dejaron de tener su aire corintio para convertirse en interpretaciones naturalistas de la flora.

Hasta el momento se creía que había cambiado el perfil de los arcos pasadizos de semicirculares a ojivales, pero esta afirmación contenida en Ráfols, Collins y Martorell, era deducida de un



Evolución del primero al segundo proyecto de la Sagrada Família debido a Villar. El monumento gana en estilo.

Barcelona a pesar de la formación académica neoclásica, José Oriol, Mestre Espigada proyectó la fachada de la catedral, y Juan Marrocell levantó las aguilas de las Salesas del Paseo de San Juan y las Adorativas de la calle del Consejo de Clero.

LA OBRA DE VILLAR

Cuando el arquitecto Villar abandonó las obras de la Sagrada Família con harto dolor de su corazón, como lo prue-

ba el dibujo conservado de la primera solución del proyecto Villar, en el que, además de los arcos de medio punto, aparecen los basamentos de las columnas adosadas a las pilastras, alternativamente más altos y más bajos.

Sin embargo, entre los papeles del segundo proyecto, aparecen dos dibujos acurados representando sendas secciones de la cripta con los arcos apuntados, tal como los concebiera Villar, y que Gaudí respetó.

Indica, pues, una gran consideración hacia la obra de su antecesor, ya que su fértil imaginación no entró en funciones hasta tanto no se hubo terminado la parte del edificio iniciada por Villar.

CAMBIAMOS

SU VIDA NEVERA

(motor, resistencia o de hielo)

FOR UN MODERNO

FRIGORIFICO

de la marca por UD. PREFERIDA

DESDE 300 PTAS. MES

J. PONS LOBET

P. DE GRACIA, 48. Tel. 232-35-85

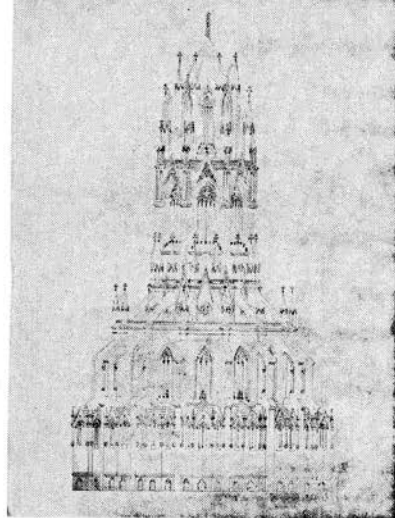
Veán nuestros escaparates

APARCAMIENTO GRATUITO

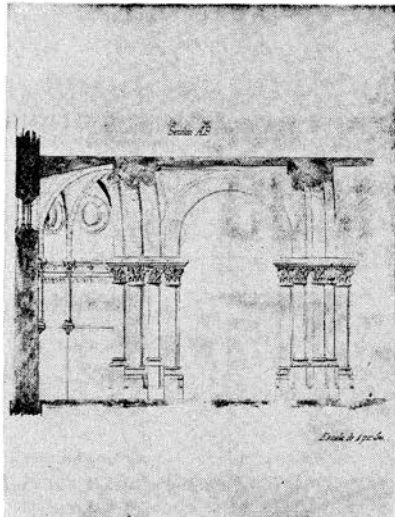
LA GRAFIA DEL PROYECTO

Imposible resulta reproducir todos los dibujos del proyecto Villar, solamente los más significativos han sido traídos a estas páginas. Bastan, sin embargo, para dar una clara idea de lo que hubiera sido la primera Sagrada Família. Significa un dato más en el estudio de los márgenes de la obra gaudiniana, en el conocimiento de quienes fueron sus maestros y sus contemporáneos y de la relación que con ellos pudo haber tenido. Un campo vasto y disperso, promotor de fecundos resultados encomendados a delimitar cada vez mejor la compleja figura de Antonio Gaudí.

Juan BASSEGODA NONELL



Último proyecto de Villar para la Sagrada Família



Primer proyecto de cripta, luego modificado

els políedres als pinacles del temple

per claudi alsina
ets arquitectura de barcelona

En aquest petit article ens plauria comentar el tema dels políedres a la Sagrada Família, fruit de la recerca que sobre els pinacles del Temple estem portant a terme.

Gaudi i els políedres

Gaudi, com tots els estudiants d'arquitectura d'aquella època, va tenir moltes oportunitats de familiaritzar-se amb els políedres a partir del llibre de Léroy sobre geometria descriptiva. En una assignatura de ciències naturals, en què el llibre de text usat fou *Cuadernos de historia natural*, de Milne-Edwards i Aquiles Comte, Gaudi va conèixer els políedres com a formes presents en alguns minerals, i va estudiar els anomenats grups cristal·logràfics. És lògic pensar que Gaudi, com a bon aficionat a la papiroflèxia, practica la construcció de políedres en paper. A l'obra de Gaudi hi havia models políedrics penjats i a la cripta de la Sagrada Família i la catedral de Palma de Mallorca també se'n troben. Tanmateix, les formes políedriques no elementals són poc presents en l'obra gaudiniana però, com veurem, tenen (i podrien tenir) un clar protagonisme als pinacles de la Sagrada Família.

Els políedres regulars

Figura 1. Els cinc políedres regulars

A l'espai només hi ha cinc tipus de políedres regulars, que són políedres convexos amb totes les cares formades per polígons regulars iguals i en què tots els vèrtexs acullen el mateix nombre d'arestes. Si C indica el nombre de cares, A aleshores val la relació d'Euler, $C+V=A+2$, i els valors possibles de C, V i A en els políedres regulars són els següents:

| | C | V | A |
|------------|----|----|----|
| Tetraèdre | 4 | 4 | 6 |
| Cub | 6 | 8 | 12 |
| Octaèdre | 8 | 6 | 12 |
| Dodecaèdre | 12 | 20 | 30 |
| Icosàedre | 20 | 12 | 30 |



La taula posa de manifest el lligam del número 12 amb quatre dels políedres regulars. Tots quatre els podem considerar agrupats en dues classes: la classe del cub-octaèdre, que tenen la mateixa simetria (atès que els centres de les cares d'un determinen l'altre) i la classe del dodecaèdre-icosàedre, també duals i d'identical simetria. Si recordem que el sistema de proporcions a la Sagrada Família es basa en els divisors de 12 (1:1, 1:4, 1:2, 3:4, 1:3, 2:3), no és estrany que per als 12 campanars Gaudi fixés l'atenció en alguns d'aquests elements políedrics, i més quan coneixia perfectament que en joieria s'usaven sempre formes políedriques per fallar els brillants o les pedres precioses dels anells. En els quatre campanars de la façana del Naixement, la pedra de l'anell bisbal simbolitzada als pinacles s'obté d'una intersecció d'un cub amb un octaèdre.

Temple setembre - octubre 2010



Figura 2. Políedre gaudiniana a la torre de Sant Bernabé

Evidentment, el políedre que en resulta no és regular, però té sis cares quadrades i vuit cares hexagonals. Aquesta figura s'interseca amb una esfera que determina en totes les seves catorze cares un casquet esfèric, i la zona cilíndrica (determinada per dos casquets paral·lels situats en cares hexagonals) sempre es buida per contenir elements elèctrics d'il·luminació. En el vell simbolisme platònic, el cub representa la terra, i l'octaèdre, l'aire i, per tant, en clau mitològica el políedre d'aquests campanars seria una síntesi entre la Terra i el Cel... el Naixement de Crist. En els campanars de la façana de la Passió també es macien políedres amb analogia al fet del Naixement.

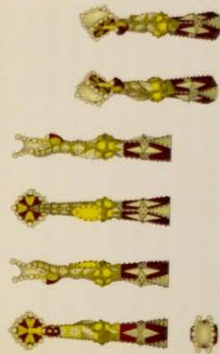
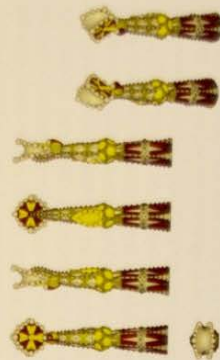


Figura 3. Imaginant possibles pinacles a la façana de la Glòria

Totes les informacions gaudinians consultades i les del director de l'obra mateix, Jordi Bonet, ens porten a pensar que posar el dodecaèdre regular seria un políedre regular idoni per a aquests pinacles. Com a únic políedre

regular amb 12 cares pentagonals, que exhibeix les proporcions perfectes del nombre d'or, la seva presència contribuiria als ideals que regeixen el disseny d'aquesta façana. Al museu del Temple hi ha un model original de guix d'aquest políedre precisament a la vitrina de la façana de la Glòria.



Icosàedres regulars a les torres dels Evangelistes

Una referència clau a les torres dels Evangelistes la dona César Martinell: «Les quatre més baixes acabaran en estrelles icosaèdriques, que seran focs lluminosos. Seran icosàedres transparents amb llum a dins per il·luminar de nit, i al mateix temps seran reflectors, per brillar de dia. Les arestes seran reflectores i les cares, transparents».

Els quatre políedres, idèntics, podrien ser, doncs, icosàedres. Tindria sentit que tinguessin una posició inclinada, amb dues cares paral·leles perpendiculars a la verticalitat del pinacle. Hom pot imaginar que totes les cares fossin vidrades de color platejat reflectant i que una esfera que intersequi a les cares determinés en cada cas els dos focs de llum, un dirigit a la creu del cimbori de Jesucrist i l'altre, cap al carrer.

els políedres als pinacles del temple

per claudi alsina
ets arquitectura de barcelona

Els políedres estelats de Kepler-Poinsot

Figura 4. Políedres de Kepler-Poinsot
Si ens situem en el món de políedres còncaus, però continuem exigint cares idèntiques i vèrtexs d'igual grau, aleshores trobem els quatre políedres de Kepler-Poinsot, les estrelles políedriques més perfectes. Johannes Kepler, en el seu mític llibre *Harmonium Mundi*, de 1619, descriu models políedrics motivat per teoritzar sobre la perfecció de l'univers i la distribució dels seus planetes. En aquest llibre, Kepler troba dos políedres estelats: el petit i el gran dodecaèdres estelats. Molts anys després, Louis Poinsot (1809) descobrí els altres dos estelats que són duals dels de Kepler, i va ser August Cauchy qui va demostrar (1811) que aquests quatre políedres de Kepler-Poinsot són les úniques formes estelades regulars.

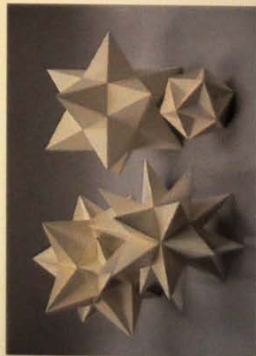


Figura 4. Políedres de Kepler-Poinsot

En la foto podem observar com moltes estrelles políedriques eren presents a l'obrador. Destaquem a dalt a l'esquerra les de quatre piràmides triangulars sobre un tetraèdric o de vuit piràmides quadrades sobre les cares d'un cub. Però també apareixen estrelles molt regulars corresponents als dos políedres de Kepler i, en carni, no apareixen els de Poinsot.



El petit dodecaèdric estelat del cimbori de la mare de Déu

El cimbori de la mare de Déu serà sens dubte un element culminant del temple.
En moltes referències gaudinianes s'explicita iterativament la presència d'una «estrella» com a culminació del cimbori. En el dibuix global del temple fet per Rubió (sota la supervisió de Gaudí) s'aprecia una certa forma estelada (indefinida com a conseqüència de l'escala). En posteriors desenvolupaments gràfics del conjunt del temple, Jordi Bonet especifica que hi haurà una estelació des- la mare de Déu. Però, quina figura estelada precisa es podria realitzar? Les referències bíbliques a les estrelles del cel són molt freqüents a l'Antic i Nou Testament. Hi ha, però, una referència que mereix especial atenció, i és la que es troba a l'libre de Sant Joan de l'Apocalipsi 12, 1: «Llavors

Temple setembre - octubre 2010



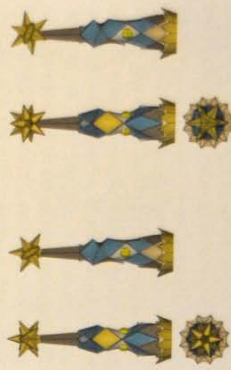
aparegué al cel un gran senyal prodigiós: una dona que tenia el sol per vestit, amb la lluna davant dels peus, i duia al cap una corona de dotze estrelles...». La presència dels nombres triangulars (1+2+...+n) i en especial dels números 3, 5, 7 i 12 és omnipresent a l'Apocalipsi, en què la mateixa estructura mètrica dels poemes i dels versos juga amb 7 i 12 estrofes i 7 o 12 versos.

L'associació mare de Déu-estrella ha estat cabdal al llarg de la història. Ja al s. IX neix l'himne litúrgic medieval de l'Ave Maria Stella, i sovint la mateixa representació d'un estel apareix en la iconografia mariana per excel·lència. En l'aspecte literari també és normal trobar referències a l'estelació com a imatge indicadora de diversitat i transcendència. Així, Jacint Verdaguer, en el popular *Virolai de Montserrat*, escriu: «Rosa d'Abri, Morena de la Serra / de Montserrat estel, / il·luminu la catalana terra, / guieu-nos cap al cel», una forma simbòlica d'identificar la mare de Déu amb la llum... l'estel que guia. Gaudí coneixia perfectament el llibre de l'Apocalipsi i tot allò relacionat amb Montserrat i amb la iconografia religiosa.

Figura 6. Imaginant possibles pinacles al cimbori de la mare de Déu

Al cimbori de la mare de Déu, pel seu simbolisme, és natural pensar en una estelació políedrica que presenti un màxim de regularitat, amb la màxima simetria possible, és a dir, possiblement en un dels quatre políedres de Kepler-Poinsot, i com sigui que l'estelació-símbol de la Verge ha de tenir l'efecte de la radiació solar, cal evitar l'aspecte més arrodonit dels dos políedres de Poinsot, el gran dodecaèdric i el gran icosaèdric. Per tant, atès que el número 12 va irremediablament lligat a la descripció bíblica de la Immaculada, podríem descartar el gran dodecaèdric estelat de 20 puntes. De les anteriors consideracions hom podria pensar en el petit dodecaèdric estelat, amb les seves

12 piràmides pentagonals, en què cada cara triangular forma amb cinc cares coplanàries més una estrella de cinc puntes o pentagrama, i d'aquestes estrelles n'hi ha 12. Un repté serà determinar la situació en l'espai d'aquesta estrella i la seva políedria (mosaic vidrat de Murà?), haurà de ser planejada i, així, contrastarà amb el possible daurat de la creu del cimbori de Jesucrist i amb el de la corona de 12 puntes situada al mateix pinacle?). Caldrà analitzar les alternatives entre deixar les cares triangulars del políedre perfectament planes o bé introduir elements romboidals en arestes o altres punts de tall. Posar seria també oportú que en cada una de les 12 puntes de la corona que forma part del cimbori hi hagués una fina estelació d'argent, que per coherència amb el conjunt hauria de ser un petit dodecaèdric estelat. Una opció alternativa a la puresa de formes del petit dodecaèdric estelat seria adoptar com a estelació l'anomenada segona estelació de l'icosàedre, que presenta 12 piràmides pentagonals que radien a partir d'un políedre central compost de tetraèdres.



En conclusió, creiem que estaria justificada la presència dels interessants políedres descrits, perquè poden donar al temple un valor ategit de simbolisme i de bellesa.

Agraiment. L'autor agraeix als arquitectes Jordi Bonet, Jordi Coll, Jordi Faulí i Josep Gómez els seus sempre positius comentaris i suggeriments.

12. Articles, i estudis resultat de la tesi doctoral

1. Escoles de la Sagrada Família

És a partir d'aquest treball que apareix la idea de desenvolupar una investigació més profunda que pugui derivar en una tesi doctoral.

El treball es va realitzar dins del programa de doctorat¹⁰, i se centra en les escoles de la Sagrada Família, edifici realitzat per l'arquitecte Antoni Gaudí.

Aquest treball resumeix la feina feta en l'edifici i n'extreu conclusions teòriques. Bàsicament, estudia les lleis geomètriques que defineixen l'edifici, així com el procés constructiu que permet crear-lo. El treball genera la documentació necessària per tal de construir una rèplica de l'edifici a Badalona.

El treball constitueix una referència per il·lustrar el mètode de treball amb què, aprofundint més en els temes geomètrics i de construcció, es fa front al contingut central de la tesi.

“Les escoles provisionals de La Sagrada Família” varen ser construïdes al 1909 com un edifici provisional i per tant es plantejaven sabent que algun dia serien enderrocades.

A continuació s'adjunta un resum de l'esmentat document realitzat el 2002

Programa de doctorat: *Representació arquitectònica. Sistemes i Tecnologies.*

Curs: *Geometria de la representació, expressivitat i metodologia gràfica.*

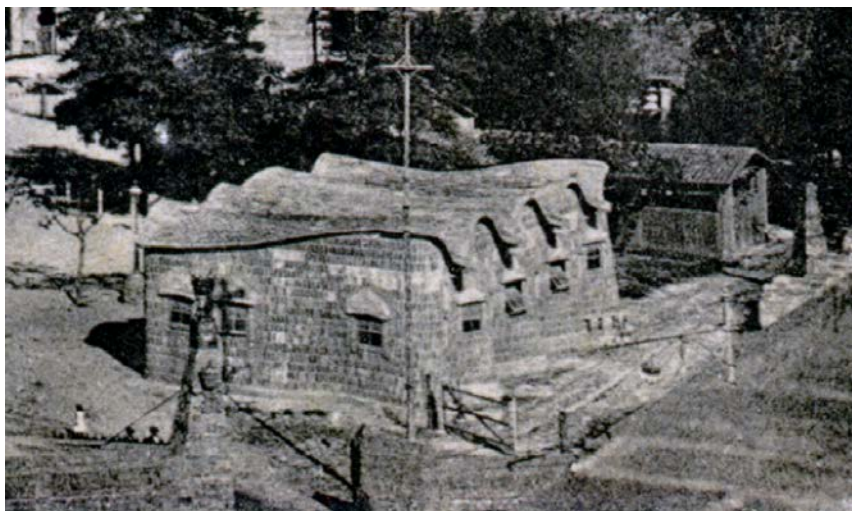
En motivo del 150 aniversario del nacimiento de Antoni Gaudí una serie de acontecimientos nos han llevado a desarrollar más de un modelo tridimensional de alguno de sus edificios existentes y desaparecidos.

En el siguiente artículo se describe e ilustra la metodología seguida en la recreación del modelo tridimensional de uno de estos edificios, concretamente “les escoles de la Sagrada Família”.

El edificio está situado a los pies del templo expiatorio de la Sagrada Família en Barcelona. En motivo del crecimiento de las obras del templo, “les escoles” deben ser trasladadas o bien derribadas. Pero antes de tal labor se encarga un levantamiento exhaustivo del mismo, no sólo del estado en el que se encuentra sino de cómo era cuando Antoni Gaudí lo construyó, ya que a lo largo del tiempo había sufrido algunas alteraciones que habían obligado a reconstruirlo parcialmente. Existen suficientes datos para afirmar que estas reconstrucciones no fueron fidedignas al proyecto inicial a pesar de mantener un alto nivel de rigor, seguramente los recortes de presupuesto fueron los culpables.

¹⁰ Assignatura de doctorat.

Además y antes de trasladar el edificio con el riesgo que esto supone, se pretende construir una réplica exacta del mismo en otro emplazamiento y con una doble finalidad, albergar la escuela de albañiles, y claro está comprobar i analizar el proceso de construcción del edificio. Por lo tanto, se utiliza el modelo tridimensional para realizar la documentación necesaria para construir el nuevo edificio con lo cual se asume un riesgo que quedando el modelo informático en el ordenador no existiría puesto que los más incrédulos podrían cuestionar la veracidad y rigurosidad del dicho modelo.



**Il·lustració 9-1 Fotografia d'època de les Escoles provisionals de la Sagrada Família
(Fig11)**

Por lo tanto, el trabajo a desarrollar presenta una triple utilidad:

- 1. Levantar un edificio existente.*
- 2. Modelar y corregir la información de partida para recuperar el edificio original así como estudiar sus propiedades geométricas.*
- 3. Generar la documentación para construir la réplica.*

De entrada, modelar algo ya construido puede llevar a plantear dudas sobre el sentido de su utilidad, puesto que ya está construido y quién se explica mejor que uno mismo? Pero el interés de este desarrollo está en el proceso de modelado en sí mismo. Es necesario conocer con total precisión, las lógicas generadoras del proyecto y una vez finalizada la tarea, la comprensión del edificio es absoluta y permitirá explicarlo con mucha facilidad. Además cuando el edificio está modelado, se dispone de un documento digital que recoge, con toda fidelidad los datos de éste. Y permite almacenar toda esa información para futuros estudios, independientemente del camino que siga el edificio.

Para desarrollar una tarea de este tipo hace falta seguir un proceso:

1. Conocer los datos del edificio para poder introducirlos en el ordenador, por lo tanto hay un primer trabajo de levantamiento de este edificio.

Paralelo a este trabajo de toma de datos es necesario conocer también la historia del edificio, para poder entender posibles fases de construcción o de proyecto que expliquen determinados cambios de lógica. Es decir no centrar el trabajo en una pura entrada de datos sino en dar vida a esos datos, a partir de los procesos constructivos de la época, metodologías de ejecución, arquitecturas coetáneas, recursos del momento de su ejecución, etc.

2. A partir de la recopilación de datos se plantea el esquema básico de directrices en las que se apoya el proyecto, esta será la primera restricción que introducimos puesto que jamás dos pilares están separados 5.0000 metros mientras que la precisión informática nos exige ese dato. Se debe decidir si repetimos lo que hay o modelamos aquello que debería haber sido si se pudiera construir con la precisión numérica de un programa CAD.

3. Escoger el sistema de modelado, bien sean sólidos, bien sean superficies, bien sean elementos singulares, o bien sean la mezcla de todos ellos.

También nos ayudará a escoger el sistema de modelado la finalidad del modelo. No es lo mismo explicar una fachada que un detalle constructivo.

4. A medida que el modelo avanza hay que ir contrastando el resultado con el edificio, bien sea porque existe, bien sea con fotografías, bien sea por maquetas.

Este es el punto culminante pues empiezan a ponerse en crisis decisiones de la tomadas en la primera fase y entran en escena todos aquellos conocimientos menos tangibles que tengamos del edificio.

5. Modelar el sentimiento. Seguramente debería esta incluida en el capítulo anterior pero merece la pena prestarle atención. En el proceso constructivo aparecen infinidad de circunstancias que obligan a salirse de la lógica geométrica del edificio, como afrontar estos temas con una herramienta tan precisa como los softwares de CAD?

En este punto y si la ocasión lo permite es interesante tomar dos caminos:

- Por un lado forzar el edificio a la geometría recurriendo a soluciones a menudo grotescas como por ejemplo dar a un elemento constructivo una dimensión distinta a la suya.

- Adaptar la geometría a la lógica constructiva obligando al modelador a estudiar cada particularidad del edificio. Evidentemente si de lo que se trata es de hacer un estudio a fondo del edificio este es el mejor camino, mientras que si sólo se pretende dar una imagen de éste el camino más económico es el anterior.

6. Hasta aquí el proceso que hemos seguido nos ha permitido entender y analizar hasta el detalle el edificio y por lo tanto estamos capacitados para explicar-lo.

A menudo la finalidad de estas reconstrucciones es la de explicar a un público muchas veces ajeno al mundo arquitectónico como se desarrolla el edificio, hacerlo comprensible.

Además y como quedará demostrado en las siguientes paginas, durante el proceso de modelado y de obtención de material, bien sean planos o imágenes de zonas concretas o generales, aparecen nuevos temas, problemas de modelado o de geometría que nos obligan a buscar soluciones y nos dotan de más conocimientos.

Por lo tanto en este tipo de modelos hay que centrar mucho esfuerzo en el proceso más que en el resultado final y es en ese proceso en el que nos centraremos.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

- 1 Levantamiento
- 2 Análisis geométrico
- 3 Análisis constructivo
- 4 Proceso de modelado
- 5 Análisis fotográfico
- 6 Explicación del edificio

1 Levantamiento

En el levantamiento del edificio se han seguido dos metodologías:

Una más rudimentaria, se basa en la acotación manual de todos los puntos de cota +/-0.00 respecto a unos ejes exteriores compuestos por hilos tensados. Se trata pues de la acotación cada cinco centímetros de todo el perímetro del edificio en su base, ya que el nivel del suelo del edificio es totalmente horizontal (Fig10). Además se repite el proceso cada cincuenta centímetros en altura de manera que el edificio va seccionándose horizontalmente. En los puntos de máximo i mínimo desplome se han tomado los ángulos. Los elementos singulares: ventanas, puertas, voladizos, se han acotado siguiendo las mismas directrices.

Por lo tanto el primer proceso acota la epidermis del edificio.

Esta labor se completará una vez realizadas distintas catas en los puntos más singulares.

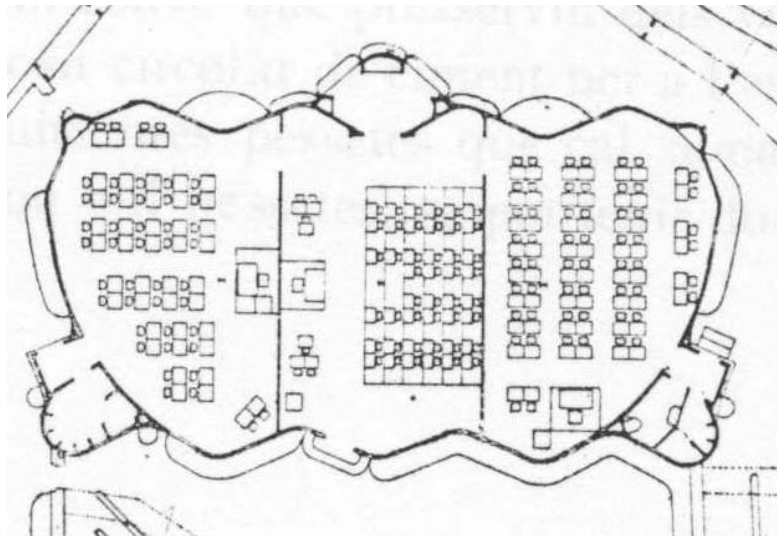
Las segunda metodología se basa en la tecnología de escáneres tridimensionales. Esta estación de trabajo rastrea la superficie del edificio y genera una nube de puntos suficientemente densa. A partir de la nube de puntos se puede realizar un modelo superficial del edificio. Este modelo contiene exactamente la misma geometría que el edificio escaneado y por lo tanto si para algo sirve es para almacenar esa información. En el presente

estudio esta información sólo a servido para comprobar la similitud entre el modelo tridimensional i el modelo original.

Paralelamente al trabajo de campo del levantamiento, se desarrolla el estudio histórico del edificio.

El edificio de les “escoles de la Sagrada Família” fue proyectado por Antoni Gaudí e inaugurado en 1909. Gaudí ideó un edificio formado por superficies regladas tanto en los muros como en la cubierta. Con este tipo de superficie conseguía dotar a la doble capa de ladrillo que formaba el muro con una resistencia admirable reduciendo los costes. El trabajo es digno de la tecnología que se usaba en aquel momento ya que la construcción con ladrillos era la típica de la zona. Bóvedas, escaleras, cubiertas, muy a menudo se realizaban con esta tecnología. Gaudí va más allá y es capaz de desarrollar todo el edificio siguiendo la metodología que sus albañiles conocían a la perfección, añadiendo un componente fundamentalmente geométrico al proyecto. El resultado es de una extrema ligereza tanto sensitiva como constructiva.

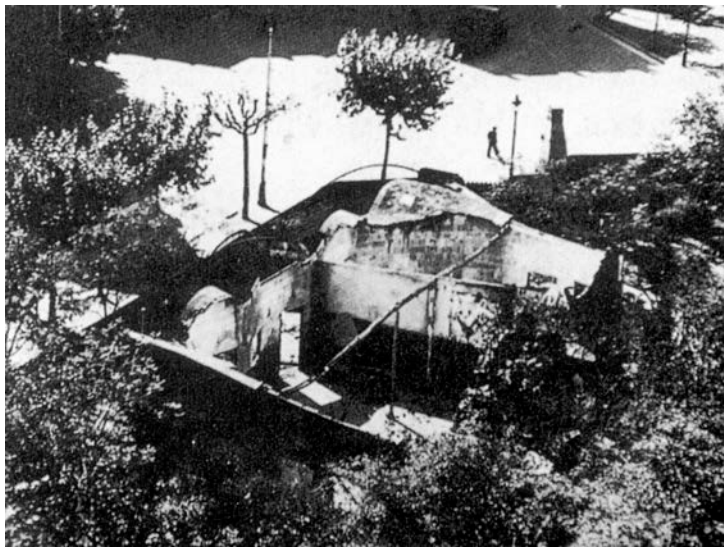
Existen documentos que describen el edificio original. Documentos técnicos (Fig12) como la planta a escala del edificio i documentos fotográficos (Fig11)



Il·lustració 9-2 Planta Original de l'edifici Escolles SF
(Fig12)

Imagen del plano original del edificio, seccionado a cota 0.00. En este documento también aparecen los edículos laterales donde se ubican los servicios que se construyeron posteriormente al edificio original.

A lo largo del siglo XX les escolles sufren varios desperfectos, el más grave en 1936 un incendio que afectará gravemente la estructura y consecuentemente la cubierta se hundirá en casi toda su dimensión.



**Il·lustració 9-3 Estat de l'edifici després de l'incendi provocat de 1936
(Fig13)**

El edificio será reconstruido por el arquitecto discípulo de Gaudí, Francesc Quintana, con muy pocos medios. Para resolver con seguridad el edificio refuerza los muros con un forro interior de ladrillo hueco sin seguir la geometría del muro original. El aspecto interior del edificio es absolutamente distinto al original, ya que los muros se perciben verticales. (Fig14).

Este es el aspecto en que se encuentra el edificio en el momento de realizar este estudio. (Fig15).

A través de las fotos de época del edificio original pueden observarse todas la variaciones interiores i exteriores del mismo. Estas fotografías se utilizaran en la segunda parte del estudio.

A partir de toda la información recopilada empieza a dibujarse la planta teórica del edificio. Teórica porque no se ajusta exactamente a la real pero sí que mantiene con fidelidad las leyes básicas del proyecto. Esta es la primera restricción que se impone cuando se modela un edificio con el rigor que las herramientas de hoy nos facilitan y EXIGEN. Después de algunos tanteos y suposiciones se concluye lo siguiente:

Sobre una malla de dos metros y medio se sitúan los puntos básicos del trazado (Fig16). Se trata de círculos de dos metros de radio alineados al tresbolillo (color rojo en la imagen) y que se unirán entre ellos mediante sus tangentes. (color amarillo en la imagen). El resultado de este esquema se acerca mucho al de una sinusoide pero en este caso y para facilitar la puesta en obra se utilizan arcos y líneas rectas. En las cuatro esquinas del edificio se interrumpe la geometría zigzagueante para poder enlazar con las fachada laterales las cuales están compuestas por un único arco de radio mayor a los anteriores pero con centro en la misma malla de 5x5. El trazado final coincide perfectamente con el levantamiento previo.

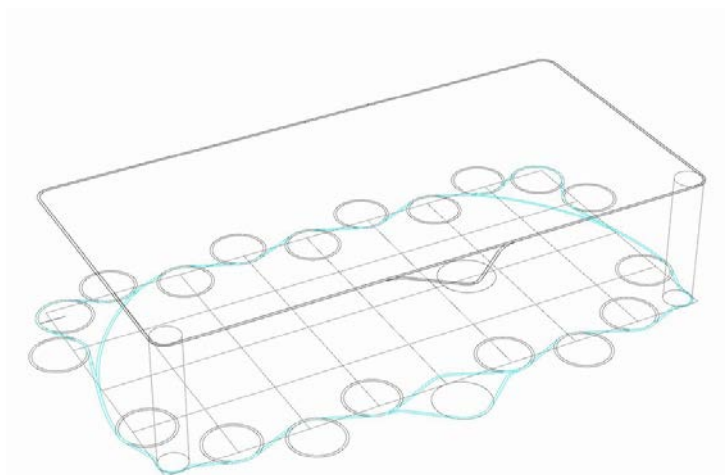
**Il·lustració 9-4 Planta teòrica Escoles Provisionals Sagrada Família
(Fig16)**

Línea y punto de color blanco: malla de 2.5 metros.

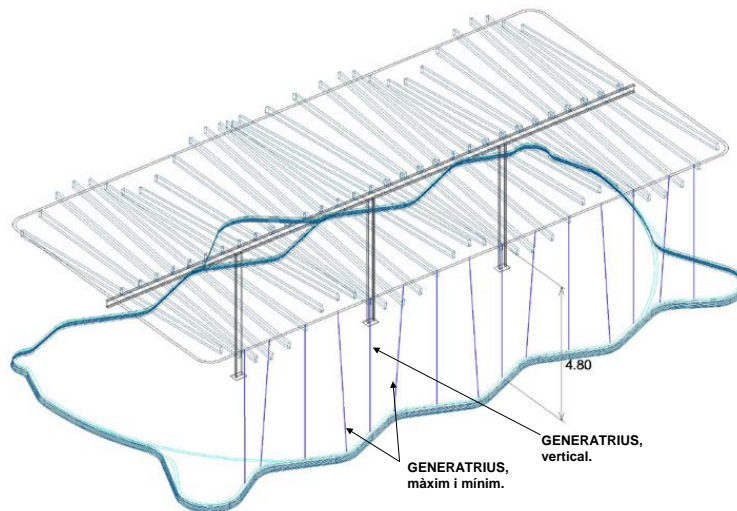
Círculos discontinuos rojos: radio 2 metros situados al tresbolillo.

Línea amarilla: eje del edificio en la cota +0.00.

A continuación se analiza la evolución del serpenteante muro a medida que asciende. El zigzag que ofrece en cotas superiores es cada vez menos acusado hasta el punto de desaparecer por completo y convertirse por tanto en una línea recta. Se deduce pues que en la cota cuatro metros y ochenta centímetros se sitúa un rectángulo de 10x20 metros y por lo tanto dentro de la malla de dos con cincuenta metros anterior, por el que pasan todas la generatrices rectas del muro. La unión entre una fachada y la otra se determina usando un tercer elemento geométrico, en un caso un cilindro y en el otro un cono.



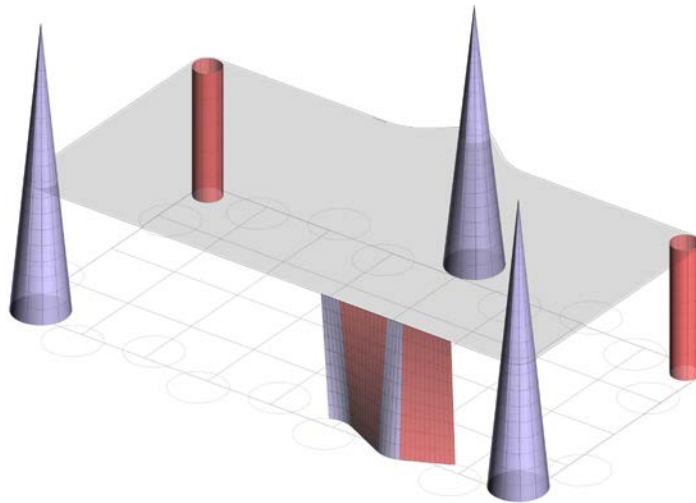
A esa misma cota, +4.80 se coloca la jácena principal, sobre la cual se apoyaran las bigas de madera, en el edificio original, provocando una oscilación entre la primera y la siguiente. Esta oscilación determinará la geometría de la cubierta.



En la siguiente figura pueden observarse los distintos elementos singulares que se repiten en toda la piel del muro:

Cilindros y conos en las esquinas y en la zona del acceso principal.

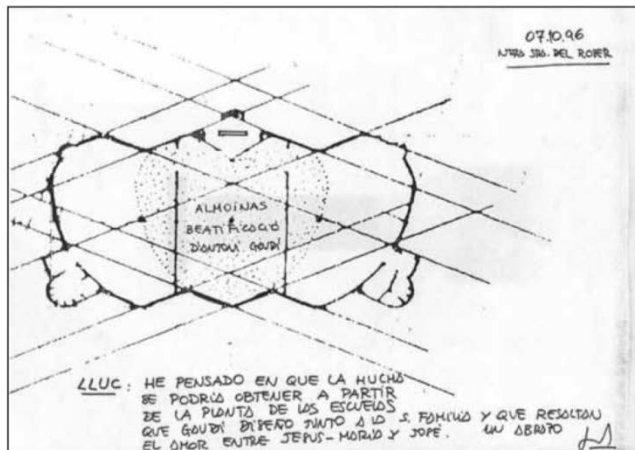
Conoides i paraboloides encadenados en el resto de muro. La cubierta también estará formada por conoides como veremos seguidamente.



Una vez determinado el esquema geométrico a seguir se puede pasar a la fase de modelado tridimensional del edificio. Para ello será necesario decidir que sistema se utilizará. Los softwares actuales ofrecen dos tipos de modelado, el de superficies y el de sólidos. Cada vez más esta diferenciación es menos importante ya que cuando varios elementos del tipo superficie encierran un espacio pueden convertirse en un elemento de tipo sólido y a la inversa, un sólido puede separarse por sus caras para determinar distintas superficies. A pesar de todo actualmente para modelar superficies alabeadas el mejor tipo de modelado es el de superficies, ya que los algoritmos de cálculo son más precisos que en el caso de los sólidos.

Con todo ello el presente trabajo se desarrollará utilizando los dos tipos de modelado. Analizando en un caso y en otro que herramientas construyen las superficies más fidedignas y concluyendo el modelo con el resultado más coherente y riguroso de todos los probados.

Es importante destacar el software con el que se evalúan los distintos resultados ya que la metodología seguida utilizando uno u otro programa puede variar considerablemente. Se trata del programa de cad MicroStation sin ninguna aplicación vertical complementaria.



Esquema copiado de la felicitación navideña de 1984 del arquitecto Francesc de P. Cardoner i Blanch, para la hucha de la cripta junto a la tumba de Gaudí.

Planta de las Escuelas Provisionales del templo de la Sagrada Familia formada por la intercesión de tres corazones que simbolizan la sagrada familia de Nazaret: Jesús, María y José.

Il·lustració 9-5 imatge extreta publicació per a la beatificació d'Antoni Gaudí¹¹

¹¹ (Asociación pro Beatificación de Antoni Gaudí) "Hacia la Beatificación de Antoni Gaudí" pag. 97

2. “Animation to Explain Constructive Geometry“

Genís Àvila¹, Isabel Crespo¹ and Joan Font¹

¹ Universitat Politècnica de Catalunya, ETS Arquitectura del Vallès (Dept. EGA-1),
Pere Serra 1-15, 08173- Sant Cugat del Vallès, Spain

genis@gifarquitectura.com; isabel.crespo@upc.edu; joan.font@cairat.upc.edu

Animation to Explain Constructive Geometry

Genís Àvila¹, Isabel Crespo¹ and Joan Font¹

¹ Universitat Politècnica de Catalunya, ETS Arquitectura del Vallès (Dept. EGA-1), Pere Serra
1-15, 08173- Sant Cugat del Vallès, Spain
genis@gifarquitectura.com; isabel.crespo@upc.edu; joan.font@cairat.upc.edu



Fig. 1 Palau Güell Chimney Stacks examples

Abstract. Development and widespread deployment of digital technologies, CAD and CAD-CAM systems, have modified not only the way we work but also the way we think. This fact, which is extensive to all design areas, is even truer in some branches, such as architectural design, sparsely identified with industrial production processes. Having a good CAD system, formalization capabilities are almost limitless. In the planning stage we can conceive all sorts of formal solutions in a relatively easy way. But in most cases this free creativity will clash with the reality of traditional production processes that are still predominant in the field of architectural construction. This contradiction is not important for middle-aged architects, still trained within the framework of a traditional culture, but it is important for young people, and especially for students.

Digital culture is fully integrated into the way new generations think. Today young people are used to generating forms very easily by using a few tools from some CAD software. It is not easy for them, though, to accept that those forms must be rethought from a completely different viewpoint, if they want to build. But this different viewpoint, from the constructive geometry, is rarely found on the Internet, where geometry is usually dealt with from its more mathematical side. We must go to some construction old treatises, where these topics are shown by an anachronistic visual language that is difficult to read for people of the 21st Century. In this context, we believe that animation can be a good resource to show how you can carry out a wide range of constructive forms, only helped by a ruler, a set square and some strings; a range of forms we could see, from current viewpoint, as impossible to be conceived and constructed without any digital system.

Gaudi's work is full of formalizations that from current thinking may seem as inexplicable as the Easter Island statues. However, the fact is that all of them were designed and executed without any of these instruments which seem so essential today. The project we are working on, and the one we want to present to the Conference, aims precisely to show, from a constructive viewpoint and by means of animation, what the geometry that supports the design and construction of several elements of the Gaudi's work is. In particular, we are planning to present a video clip showing the constructive control of geometry of one of the Palau

Güell's chimneys. Through the visual capability of the animation, this clip goes to show: how the hat of this chimney is governed by a logarithmic spiral and in which way we can control its construction only by means of a ruler, a set square and some strings.

Keywords: Constructive Geometry / Visual Communication / Antoni Gaudí / Architecture

1 Introduction

Precedents. Our first contact with animation, not only as an exercise but with the clear intention of putting forward our message was in 1999. The preparation of a programs series about the centenary of the foundation of FC Barcelona [1] took us to take an order from a TV channel to our school. Thinking towards the future, they asked students to draw up an architectural hypothesis about how the club stadium would look like in fifty years' time; that is about 2050. The proposals were to be presented in one of the series programs, and the exhibition format seemed obvious. In a TV channel, especially if it is the most popular and best high-rated channel in the country, rhetoric presentations or graphics with professional looks are not appropriate. We needed a moving images language that, talking about future projections, couldn't be other than animation.

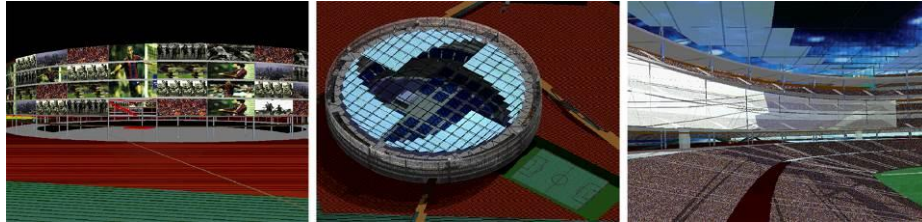


Fig. 2 Frames of FC Barcelona Short Film

Any television channel, obviously, has both professional people and facilities to produce any sort of audiovisual formats, real or animated. However, they understood that the project required some knowledge exceeding their own field of expertise. It required somebody with some knowledge of architecture and architectural geometry and being able to translate to a visual form the expressions -often vague and emotive but not much actual- as students express their proposals. So our position as teachers of architectural representation, specifically interested in exploring new expression forms arising from the use of computer systems, pointed us as the right team for this task.

Since then, the situation of having the required conditions to carry out the animated explanation of a particular topic has been repeated several times. We did the visual

discourse on the geometry of Gaudí "Gaudí. Exploring form"¹, "or the explanation of building systems and architectural elements of Catalan Romanesque churches, or virtual trip to the historical transformation of a territory, or the submission of proposals for the creation or renovation of a neighborhood or the explanation of the basics of Catalan brick vaults, or...



Fig. 3 Gaudí, Exploring Form Exhibition

All are job orders we have had because our expertise, as architects and teachers, about the concepts they wanted to explain and how to do it in a didactic way. But this expertise was not the only reason why we were the right people to do these jobs. A certain capability to express ourselves in a visual speech by animation was the main reason. Therefore it is because of this combination of factors that we could carry out these experiences.

Nevertheless we must make clear that we are not professionals in the animation field, we cannot even say that we are experts in it. Our specific area of expertise is architectural representation. And our experiences in the field of animation must be seen as exploring

¹ "Gaudí. Exploring form"[2] the central exhibition of the several cultural manifestations organized in Barcelona because of the "International Gaudí year", in 2002. Conceived as itinerant exhibition, it could be later seen also in León, Genova, Tokyo, Sao Paulo, Napoli, Peking and Shanghai. The exhibition contents can still be seen by means an interactive DVD, published in 2008[3]

some new expression in this area. Ways in which we feel more and more interested and we are more confident about its potential. However, these ways do not seem to attract much attention among colleagues of our specific knowledge field. We can define ourselves as "frontier people" between two adjacent fields of knowledge perhaps disjoint excessively.

Communicating with Students. For years, our animated works were always motivated by external requests. We were looking for any solution to some communication problems coming from outside. But a few years ago we observed, also in our daily work as teachers, important communication problems. Retaining attention from students for an hour lecture has practically become an unattainable desire, like trying to make them read, carefully enough, any academic text, either a lesson or a simple instruction manual. New student generations have grown into an audiovisual culture, and we can say that they do watch the world through a screen. Our awareness of this fact, among other reasons, has led us to change our lessons model. We do not do theory sessions any longer and we have channelized its contents towards a collection of 50 video tutorials [4] with an average duration between 8 and 10 minutes.



Fig. 4 Students in a working session

In the same work line, we want now to take a new step forward. The present project aims to contribute to finding solutions to a more general problem: the libraries of our schools are losing their readers. Students use the library books only to make some photocopies from their pictures or drawings, but they rarely pay attention to the text, to the narrative or argumentative discourse. In most cases, if the text is not read, those photocopied drawings and images become nothing but a few graphics without any meaning. A substantial amount of information is lost.

For many teachers, the first reaction is to complain about the apparent lack of interest from students. But complaining does not change anything. We need to find solutions for this problem. The experience of our video-tutorials system demonstrates the interest of the students to acquire knowledge has not diminished at all. What has

really changed is the way to connect with these skills. If you succeed in finding the way, students respond and, at least in our case, they respond very well.

We do not believe there is a magical and universal formula to deal with this problem. We think that, right now, what we need is trying new experiences, testing new ways to transmit knowledge to students. Therefore, the project we present aims to be only a contribution to this experimental path.

2 Key Features of the Project

From Communication by Text to the Audiovisual Communication. Geometry and construction processes are subjects traditionally transmitted by means of texts together with some drawings illustrating them. So they are publications where graphics or visual parts already play a key role, because the text cannot be completely understood without the picture. However, in a printed edition, the reading flow is channeled by the text, whereas in an audiovisual this flow becomes governed by the image. The voiceover plays the role of guiding the eye and it complements the image. But voice can pause and "disappear" whereas image cannot. It has a constant presence. If the voice extends his speech, the total time will grow and, therefore, the temporary space to fill with images will grow as well.

We cannot expect that, while the voice is completing a long speech, the reader remains looking at the same static picture or watching some actions or processes having a predictable ending. If it happens, our reader is likely to give up. In contrast to the textual reading, where readers impose the rhythm (they decide when to stop and when to do a quick read), in audiovisual media tempo is already established previously. Thus, image carrying a reasonably strong rhythm will be a required feature, without temporary delays that cause boredom and make our reader disconnect.

We must accept that an audiovisual with these features cannot have the same ability to contain information as a theoretical conventional publication for teaching. This fact, let us face it, is always painful for teachers, because of our natural tendency to more rhetorical speeches. The counterpart lies in the expectations of significant capabilities improvement of connecting with the reader and getting concepts better understood.

Narrative Proposal. All chapters of the collection we are projecting follow the same plot pattern. We report a real architectural element, showing a geometric structure evident but not trivial. After a description of the chosen item, we explain its main morphological features. Then we expose, from an abstract viewpoint (what we call "digital thought"), the geometric concepts being behind these morphological features. Concepts belonging to the mathematical universe, but that they do not seem to have any direct transcription into the material world, beyond the industrial production environment. Therefore, next step proves this is not true and shows in which way the same shape can be rethought from the tangible world of constructive geometry. Then, we show how that geometrical definition can be controlled, by hand and on site, only helped by instruments that builders of Gaudi's time could use, as rules, triangle, strings...

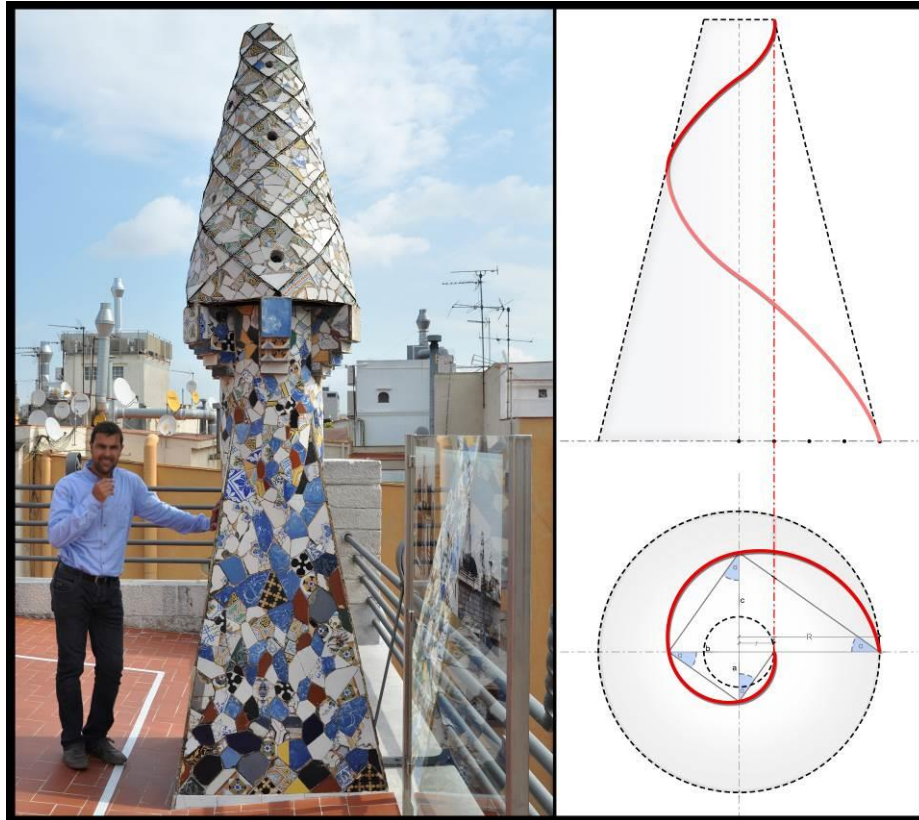


Fig. 5 Fotografia Chimney number 13 and helix projection of a logarithmic spiral

In the specific case of the example we are taking as prototype, the chosen element is chimney number 13 on the flat roof of Palau Guell in Barcelona [5]. When this element is examined in detail, a disconcerting point appears: the surface treatment of its top section is ruled by a helix that is a projection of a logarithmic spiral. As its name suggests, this curve is the graphical expression of a logarithmic function. It has an immediate drawing using CAD systems (just enter the start and end radii). But, at first appearance, the way to draw this curve on site is not evident. Even if we achieve its drawing with a reasonable effort, obtaining the projection on a cone does not seem an easy thing. So this video clip tries to answer these apparent enigmas.

Dark Points. In brief, this is the plot of the story. But, told like this, this story leaves several dark points. For example, we claimed that this Gaudi's design was ruled by a helix that is a projection of a logarithmic spiral [6]. Obviously this statement must be argued, because we are into an academic context and, therefore, unreasoned statements cannot be admitted.

The point to be discussed then is: how much extension and depth we must give to argue these dark points? As teachers, we can consider very interesting making a comprehensive explanation of arguments. But we must consider the aforementioned

limitations of this media, and be aware that excessive scholarship can easily ruin our global discourse. How to get out of this dilemma?

Browsing Reading. In our project, animating audiovisual is the main component, but it is not the only one. By means of these clips we will try to capture the reader's interest on a set of chosen subjects, but without any intention to make an exhaustive discourse. The voiceover and images should refer to those aspects which we called dark points. So, readers can see that there is a statement without being argued, but also without being hidden.

If the clip captures the readers' interest, we expect them to want to increase their knowledge about the subject. And here, in this second level of information, keeping audiovisual support is no longer needed. Now the matter is providing some easy access towards the answers to the questions that the clip has left opened.

So, our idea is that a set of links are joined with the video clip. These links will lead to complementary pages where, already in a conventional form (text and graphics), the arguments will be widely explained. This is a mixed format that, in fact, is matching the model of reading through hypertexts. And we are all used to this model already.

Abstract Geometry and Constructive Geometry. As is clear from all that has been said so far, comparison between abstract geometry and constructive geometry is the common element for all chapters in this collection. We want to get the message that, in Gaudí times and even now, abstract geometry, which is essential for conceiving forms, is not enough to accomplish their construction. To materialize these forms, we should think them again from a different geometry, this is: the constructive geometry.

From one or other viewpoint, the story focuses always around geometry. Therefore some perceptible differences in their look, between both discourses, seem necessary. With this aim, when the explanation refers to concepts of abstract geometry, we adopt a drawing look, cold and neat; however, when the story is at the constructive geometry universe, its look is changed to visually express this difference through environment.

Changing looks does not mean giving up abstraction. If we have chosen to operate with animation instead of real video, is only for its capabilities to make abstractions. Keeping the abstract aspect, the change of scenario is expressed by several strategies such as the adoption of perspective viewpoints or the use, in an iconic expression, of some hands and tools masonry (set square, straightedges, pencil, strings, etc.), to try to communicate the manual character of the building processes.



Fig. 6 Visual Expression to communicate the manual character.

3 Conclusions

In the current stage of the project development, there are still many questions to solve. Questions such as, the most appropriate support to contain and run this collection is not decided yet. We think, right now, this support could be any university multimedia website, either as MOOC form or as a multimedia collection for students.

In fact, this is not a question of first importance, right now. Producing some early chapters is now the priority. This will allow us to follow a process of trial and experimentation. A certain amount of experiences, both in production and in reading, will allow us solving several communication issues, which we are aware, and other ones which we still ignore. The reviews, advices and all that can bring us ideas to improve the prototype will be welcome inputs.

It is even possible that, after these experiences, we conclude that this path was not a good solution for the problem we wanted to solve. It is a risk we should accept. What we cannot accept is complaining without looking for answers.

References

1. Jaume Gil-Aluja (editor): Las universidades catalanas en el centenario del Fútbol Club Barcelona(estudios en el ámbito del deporte). Gil-Aluja, Barcelona (1999)
2. Giralt Miracle, Daniel (director) and other authors: Gaudí. Exploring Form. Lunwerg Editores SA, Barcelona (2002). (This book was also edited in Catalan, Spanish, Italian, Japanese and Chinese)
3. Several authors: Gaudí. La recerca de la forma / La búsqueda de la forma / Exploring form (DVD rom). Triangle Postals, Barcelona (2008)

4. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès: Dibuix 2 and Representació Arquitectònica 2 video-tutorials: www.etsavega.net/dibuix2/tutorials.htm www.etsavega.net/ra2/tutorials.htm
5. (González, Lacuesta, Moreno, Puig de, & Salvà, 2001): El Palacio Güell. Diputació de Barcelona, Barcelona (2001)
6. Nocito, Gustavo J. (Gustavo José): Los Cuerpos geométricos en la arquitectura de Gaudí: las chimeneas del Palau Güell construcción y geometría práctica en un ejemplo; director: Villanueva Bartrina, Lluís; Barcelona : UPC, DL 2010

3. "L'ànima geomètrica dels elements pinaculars en l'arquitectura gaudiniana"

Genís Àvila Casademont, Professor ajudant, Joan Font Comas, Professor titular.

¹ Universitat Politècnica de Catalunya, ETS Arquitectura del Vallès (Dept. EGA-1),
Pere Serra 1-15, 08173- Sant Cugat del Vallès, Spain

genis.avila@cairat.upc.edu

Títol

"L'ànima geomètrica dels elements pinaculars en l'arquitectura gaudiniana"

Autors

Genís Àvila Casademont, Professor ajudant.

Joan Font Comas, Professor titular.

Lloc de treball

Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès. UPC-BarcelonaTECH

Sant Cugat del Vallès, Catalunya

E-mail: genis.avila@cairat.upc.edu

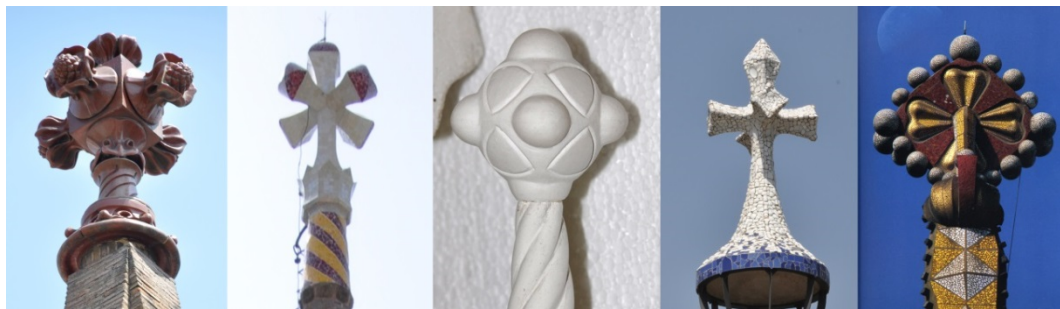
La comunicació és resultat d'un esforç d'investigació en procés, concretament forma part de la tesi doctoral: "Geometria i forma dels pinacles de la Sagrada Família, d'Antoni Gaudí". El contingut principal d'aquesta comunicació és inèdit.

Abstract

La tesi se centra en la geometria dels pinacles i la seva conseqüent lògica constructiva. L'anàlisi n'estudia la forma, és a dir, els pinacles hi són contemplats des del seu vessant compositiu, com a elements que prolonguen i rematen el conjunt de les torres del temple de la Sagrada Família.

Des d'aquest punt de vista, s'entén que aquesta mena de remats allargassats representa un element recurrent, en l'obra de Gaudí. Des del Capriccio fins a la Casa Batlló, passant per

Teresianes, Bellesguard o Parc Güell, aquest tipus de remats esvelts i punxeguts, de morfologia predominant cònica, esdevenen una constant. L'execució del pinacle dedicat a Sant Bernabé, condensa tot el bagatge d'experiència acumulada al llarg d'una vida dedicada a l'ofici d'arquitecte. Per tant s'entén que fer una recerca sobre els pinacles de la Sagrada Família obliga a obrir el focus i estendre l'anàlisi a altres experiències precedents i prou representatives dins de l'obra gaudiniana.



En els esbossos per a l'Església de la Colònia Güell, que Gaudí traça sobre fotos invertides del seu model catenari, s'aprecia clarament la seva intenció de rematar-ne les torres amb pinacles. Els dibuixos, molt embrionaris, recorden molt altres propostes en què Gaudí estava treballant; unes propostes sobre les quals s'han trobat, a la Sagrada Família, documentació i models d'escaiola. Tot plegat permet fer una aproximació a l'estructura geomètrica i morfològica dels pinacles que Gaudí tenia al cap quan traçava aquells esbossos, que constitueix l'objectiu de la comunicació.



Comunicació

El mètode del model estereofunicular

Com és sabut, Gaudí va començar a treballar en el projecte de l'església de la Colònia Güell el 1898. Però la construcció no es va iniciar fins al 1908. En tot aquest temps, l'arquitecte no va deixar de treballar-hi, seguint el procediment, radical i laboriós, de definir formes i estructures per mitjà d'un model estereofunicular. Sobre aquest model, fet de cordills penjats i sacs de perdigons amb pesos proporcionals a les càrregues previstes, l'arquitecte va anar definint i ajustant la forma general de l'estructura de l'edifici, és a dir, la manera com havia de disposar les masses per tal que l'obra fos naturalment resistent a compressió pura, i les tensions horitzontals quedessin equilibrades. Seguint aquesta metodologia de treball, el projecte no parteix doncs d'uns dibuixos o esbossos, amb què l'arquitecte formalitza la seva concepció de l'edifici, sinó de la morfologia estructural que va determinant el model funicular. És clar, però, que aquest model no fa altra cosa que definir les línies de pressions dels diferents elements resistents. És doncs un model de línies, transparent i sense espessor de paraments.

Els esbossos de l'església

Sabem que, per assolir una aproximació als espais resultants i per treballar en la materialització plàstica de murs, columnes i voltes, Gaudí treia fotos del model penjat i hi dibuixava a sobre. Prèviament, li calia revestir amb paper la trama de cordills de cada parament, amb la qual cosa evitava la superposició, a la mateixa imatge, de les parts de davant amb les del darrera. Feta aquesta preparació, podia obtenir les fotografies, les quals, en invertir-les, li donaven una imatge de l'esquelet estructural; imatge sobre la qual ja podia treballar, amb llapis, en la materialització de l'edifici. El resultat d'aquesta tècnica és la coneguda col·lecció d'esbossos, que tenen, si més

no pel que fa al que representen l'exterior de l'edifici, un caire clar de dibuixos de treball sobre els quals es pot reflexionar i madurar el projecte; dibuixos però, que semblen lluny de reflectir o aproximar les qualitats sensibles de l'obra construïda. Són esbossos d'un to gairebé tenebrós que, pel que podem constatar veient la cripta (única part executada del projecte), estan molt lluny de reflectir la sensibilitat i la força creativa que finalment va tenir la realitat construïda. En els dibuixos de conjunt, si bé s'hi identifiquen perfectament les formes del model catenari, no s'hi reconeix en absolut la cripta, tal com la coneixem. Ni s'hi veuen els murs en forma de paraboloides hiperbòlics ni els finestrals, ni la gràcia sorprenent del porxo ni, en definitiva, la força expressiva de la que per a molts és l'obra més genial de Gaudí.

Malgrat tot, estudiant en detall el model estereofunicular, resulta evident que, quan construeix la cripta, Gaudí hi és absolutament fidel. I és que una cosa no treu l'altra. Estudiant Gaudí, es fa evident que, en la seva manera de treballar, res no és definitiu fins que no ha estat construït. La seva creativitat no para mai de donar voltes a les coses, amb una constant voluntat de millorar-les¹.

Una obra sense plànols

No s'han trobat plànols ni altra mena d'instruccions gràfiques de construcció de la cripta de la Colònia Güell. De fet, tal com Gaudí va concebre i treballar aquest edifici, no sembla possible fer-ne cap mena de representació gràfica completa, a través de les convencions pròpies del dibuix tècnic. La representació gràfica arquitectònica permet descriure un edifici quan aquest està subjecte a una ordenació geomètrica. Però, en el cas de l'església de la Colònia Güell, les formes no responen a cap racionalització prèvia. En aquest projecte, Gaudí està buscant, de manera absolutament radical, la forma natural de les estructures. I deixa que sigui la gravetat, la saviesa de la natura, la que determini la forma. No hi poden haver plànols, doncs, d'una arquitectura concebuda d'aquesta manera.

Del model al geni creatiu de Gaudí

Pel que sabem, Gaudí va haver de replantejar l'obra treballant per coordenades que extreia i anotava del model de cordills i pesos que tenia en una caseta a tocar de l'obra. Però, recordem-ho de nou, d'aquest model no es desprèn la manera com acabarà materialitzant els murs, les columnes o les voltes. Ni tampoc se'n pot deduir la manera com acabarà resolent les obertures. Tot indica que, la materialització formal de tots aquests elements, Gaudí la va madurant i decidint a peu d'obra, o en el trajecte cap a l'obra -ja sigui en el tren que el porta fins a Sant Boi o en la tartana que el du de l'estació fins a la Colònia- o, tal vegada, durant les seves passejades per l'escullera del port de Barcelona. En qualsevol cas, el que resulta evident és que, quan feia els esbossos que coneixem, sobre les fotos del model catenari, el desenvolupament del projecte estava lluny encara del que seria la seva materialització en obra.

Pinacles a les torres

Tot i les incerteses que provoca la manca de plànols o de dibuixos més definits, i la ja esmentada evolució permanent del pensament de Gaudí, la seva voluntat de rematar amb pinacles les diferents torres de l'església superior sembla poc discutible. D'una banda, perquè la presència d'aquests pinacles és una constant en tots els esbossos que Gaudí traça per a l'edifici, però sobretot perquè rematar les torres amb una important massa concentrada sembla l'única manera de donar-los certa esveltesa i esdevé un recurs inherent a la metodologia de formalitzar l'edifici per mitjà d'un model estereofunicular. Més enllà d'aquí, poca cosa més es pot afirmar amb certesa. En els esbossos, Gaudí sembla insinuar repetidament uns remats en forma de creu de quatre braços, a la torre davantera i a les laterals, mentre que la de l'absis central sembla que pensava rematar-la amb una forma que fa pensar en algun tipus d'au. Pretendre treure més

conclusions d'aquests traços poc definits i d'uns dibuixos com aquests que, com s'ha dit, no són més que reflexions dins d'un llarg procés de treball, sembla certament agosarat.

Això no obstant, el tema dels pinacles, entesos com a remats allargassats que coronen l'edifici o algun dels seus elements singulars, és una constant en l'obra de Gaudí. Al llarg dels 10 anys que inverteix a completar el seu treball sobre el model catenari, ha resolt i ha construït un bon nombre de pinacles i remats afuats. En molts d'ells, es repeteix el tema de la creu de quatre



Il·lustració 1 Seqüència cronològica d'alguns dels pinacles estudiats. D'esquerra a dreta: 1-Pinacles a Convent Teresianes, 2-Tànger, 3-Bellesguard, 4-Parc Güell, 5-Església Colònia Güell, 6-Sagrada Família 1, 7-Casa del Mestre (Colònia Güell), 8-Sagrada Família 2

Les creus gaudinianes de quatre braços

Les creus de quatre braços esdevenen una constant en els pinacles gaudinians d'un període que, en bona part, coincideix amb el temps en què està treballant en el model funicular per a la Colònia Güell. Sense qüestionar la possible existència de precedents, el caràcter innovador i reiterat d'aquest element en l'obra gaudiniana ha portat a la seva identificació amb Gaudí, de manera que el concepte "creu de quatre braços" sol ja associar-se a aquest arquitecte.

Inevitablement, es poden fer i es fan moltes interpretacions sobre el sentit d'aquest element. La desbordant creativitat de Gaudí, l'originalitat de les seves formes i el to sovint transcendent i enigmàtic de les afirmacions i comentaris que formula als seus col·laboradors donen peu a tota mena d'interpretacions simbòliques entorn de la seva obra. Deixant de banda aquestes

interpretacions, sense afirmar-les ni desmentir-les, i analitzant el tema estrictament des del punt de vista compositiu, sembla clar que la creu de quatre braços és un recurs formal que agrada a Gaudí i que, conseqüentment, l'incorpora al seu repertori plàstic. D'una banda, la creu es pot entendre com un reflex de la seva religiositat, però una creu amb quatre braços no és pròpiament un signe cristià, més aviat sembla una indicació de les tres direccions d'un sistema de coordenades cartesià o, dit d'altra forma, una referència a l'espai de tres dimensions i al concepte tridimensional que Gaudí dona sempre a les seves composicions i formes.



El 1889, remata les quatre cantonades del convent de les Teresianes amb sengles pinacles acabats en forma de creu de quatre braços. En aquest cas, més enllà de ser un recurs decoratiu, sembla raonable interpretar-les en el seu sentit cristià, no en va es tracta d'un convent, un edifici de caràcter religiós; un edifici de planta rectangular, és a dir, amb quatre façanes ortogonals. Amb aquesta volumetria, la posició de les creus en els angles pràcticament obliga a fer-les de quatre braços. Una creu amb dos braços tindria sentit des del frontal d'una façana però no en tindria des de la façana adjacent, on apareixeria com un mer cantell lateral de la primera. Per tant, l'opció dels quatre braços resol la lectura com a creu,

indistintament des d'una o altra façana. Conseqüentment amb aquest criteri, doncs, Gaudí disposa els braços d'aquestes creus seguint les respectives orientacions de les façanes.

El cas del convent de les Teresianes és ben diferent del pinacle de Bellesguard i del de la creu de pavelló d'accés al Park Güell. Tot i tractar-se del mateix esquema formal, aquí l'orientació dels braços no guarda relació amb les façanes respectives sinó que segueix les direccions dels punts cardinals. Tot sembla indicar que, en aquests casos, el referent són els braços d'un penell. Una referència que ve ser confirmada pel pinacle amb què Francesc Berenguer -a qui Gaudí

considerava la seva “mà dreta i part de l’esquerra”- remata la Casa del Mestre de la Colònia Güell, en el seu projecte de 1911.



Encara dins del període en què Gaudí està treballant en l’església de la colònia del seu mecenes, cal fer referència a la creu de quatre braços amb què remata la façana de la Casa Batlló. Més enllà de possibles interpretacions més o menys fantàstiques, de nou hi ha arguments per pensar que la creu respon a una simbologia cristiana (s’ha dit que podia ser una referència a la creu de Sant Jordi). Des d’aquest punt de vista, té lògica doncs que s’orienti amb el pla de la façana. Ara bé, la de la Casa Batlló és una façana amb un concepte compositiu marcadament tridimensional, que faria incompatible un tractament pla o bidimensional de la creu. La lògica compositiva d’aquesta façana reclama, de manera inexcusable, una tercera dimensió en tots els seus elements; tercera dimensió que Gaudí obté recurrent, una vegada més, a la creu de quatre braços.

Evolucions de la creu

Com a gran creatiu que és, Gaudí està en constant evolució. Això es fa evident en tota la seva obra i especialment a la Sagrada Família, on la dimensió del projecte i la llarga durada d’execució prevista li permeten anar revisant propostes, modificant-les i millorant-les. És lògic doncs que aquest sentit evolutiu l’apliqui també a la composició d’elements com els pinacles que, en principi, es podrien considerar com a secundaris o accessoris.

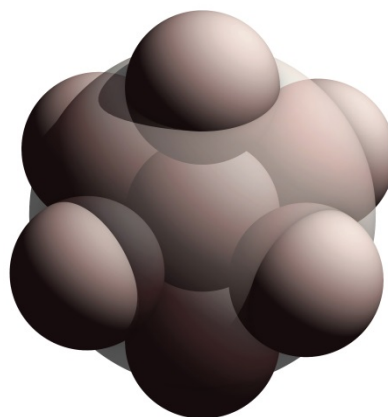
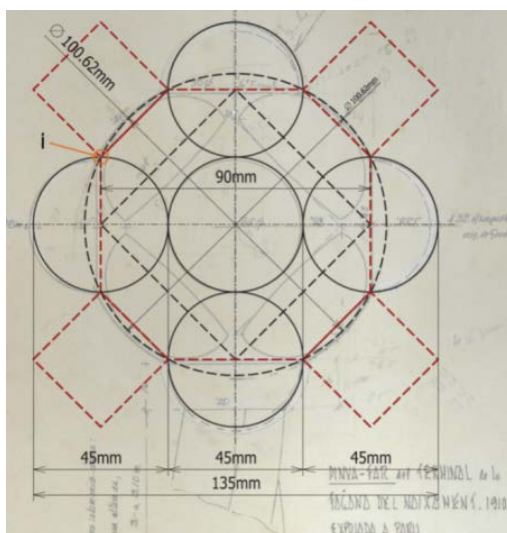
Com s’ha dit, l’evolució del seu procés creatiu és fa especialment palesa a la Sagrada Família, obra que Gaudí considera central en la seva trajectòria i a la qual aboca tota l’experiència que va acumulant a la resta de treballs que realitza. A l’Exposició de París de 1910ⁱⁱ, Gaudí mostra la maqueta de la Sagrada Família que correspon a l’estat del projecte en aquell moment. I crida

l'atenció que, en aquella maqueta, els campanars de les 3 façanes acaben rematats pel que ve a ser una abstracció geomètrica de la creu de quatre braços.



II·lustració 2 Creu casa del Mestre, a la Colònia Güell i creu de la maqueta de la Sagrada Família exposada a París

Si s'observa la creu, abans esmentada, amb què Berenguer remata el pinacle de la Casa del Mestre, es veu que l'element ve compost per 2 cilindres, disposats en creu, i 6 esferes: 4 en els extrems lliures de la creu i 2 a la base i al centre, on s'encreuen els braços i l'arbre. Seguint el mateix esquema, però limitant-lo a les esferes, la creu de 4 braços pot simplificar-se amb una abstracció geomètrica formada per 7 esferes tangents: 1 situada al centre i 2 a banda i banda de cada una de les 3 direccions principals de l'espai.



II·lustració 3 Dibuix del Terminal Pinya-Far del pinacle Façana del Naixement a la Sagrada Família realitzat per Carbonell. Visió tridimensional de la mateixa.

La figura correspon a un dibuix de Francesc de Paula Carbonell que analitza la geometria d'aquests remats de la maqueta de 1910, que fan abstracció de la creu de quatre braços. Es tracta d'un dibuix en planta on es poden observar l'esfera central i 4 esferes tangents a ella, amb una disposició en creu. Les 2 esferes restants, fins a arribar al total de 7, queden, en aquesta projecció, òbviamment superposades amb la central. Partint d'aquest esquema elemental, però físicament inestable, una nova esfera central relliga tot el conjunt, seguint la relació geomètrica que mostra la figura.

Aquesta formalització sintètica de la creu de quatre braços es va mantenir durant 10 anys, com a remat final dels campanars de la Sagrada Família, fins que la permanent evolució del pensament gaudinià donà lloc a la nova formalització que Gaudí acabaria fent realitat a la torre de Sant Bernabé.

Creus i pinyes de xiprer

Malgrat la lluita que Gaudí sembla mantenir, en obres com la Pedrera o la Colònia Güell, per desbordar els límits que li imposa la geometria, les formes constructives requereixen estar sotmeses a una racionalització que faci possible replantejar-les i controlar-les, a peu d'obra, seguint només unes poques instruccions senzilles. Això és especialment cert en els pinacles ja que es tracta d'elements que condensen una gran densitat de gestos formals que fan que se situïn a cavall entre la construcció i l'escultura. En el seu origen gòtic, la generació formal dels pinacles ve regida per l'anomenada "quadratura", un esquema geomètric que, partint d'un quadrat inicial, es basa en les combinacions possibles de successius quadrats inscrits, resultants d'unir punts mitjos de costats adjacents. Aquesta senzilla pauta dóna lloc a una amplíssima gama de formes que van reduint la seva secció, convergint cap a un virtual vèrtex superior.

Sense perdre aquest criteri general de convergència cap a un cim, Gaudí, com feia amb gairebé tot, fuig de la rigidesa dels traçats geomètrics clàssics i, també en els pinacles, busca acostar-se a

la forma natural. Lògicament, aquest naturalisme formal no l'alliberarà de la necessitat de sotmetre el disseny a unes pautes constructives i per tant geomètriques, però la gran diferència entre ell i els gòtics és que, mentre aquests utilitzen la geometria com a mecanisme de generació de la forma, Gaudí primer veu la forma, la té al cap, i després busca una geometria que la faci construïble.

En el cas de les creus gaudinianes de quatre braços, el seu disseny s'ajusta òbviamment a unes lleis geomètriques, però aquesta geometria no resulta evident si no és a través d'una anàlisi experta i detallada. Les seves creus, com tots els seus pinacles, són fruit d'un profund coneixement geomètric i d'una sòlida capacitat de percebre l'espai de tres dimensions. Cosa que no es dona en els pinacles gòtics, on la generació formal segueix pautes bàsicament bidimensional (Shelby). Per contra, aquestes creus de Gaudí resolen, per mitjà de geometria, la construcció d'una forma que ja ha estat prèviament concebuda.

Segons sembla, a l'exposició de París, en què es va presentar la maqueta ja esmentada de la Sagrada Família, s'exposava també un dibuix de Matamala mostrant una pinya de xiprer tancada i una altra de ja oberta, després d'alliberar les seves llavors. La pinya oberta adopta unes formes que evoquen, de manera força evident, les creus de Bellesguard i del pavelló d'accés al Park Güell. I sembla ser que, efectivament, està documentat que aquesta va ser la forma natural que les va inspirar.



II·lustració 4 Pinya de xiprer oberta a l'esquerra i tancada a la dreta

Si ens fixem ara en la pinya tancada i remirem la ja comentada abstracció geomètrica de creu de quatre braços dels pinacles inicials de la Sagrada Família, es fa difícil no relacionar una i altra forma. És clar que, en aquest darrer cas, l'abstracció i la geometria resulten més evidents que no pas en la creu de Bellesguard, però això només és per que la llei geomètrica seguida és més elemental i el concepte formal hi està més sintetitzat. El cert és que tant un cas com l'altre semblen respondre a aproximacions diferents a un mateix tema.

Conclusions

Analitzant la manera com Gaudí afronta la realització dels remats dels edificis, el grau d'atenció i dedicació que hi posa, del qual en són un bon exemple les seves creus de quatre braços, s'ha de concloure que els pinacles que dibuixa en els seus esbossos per a l'Església de la Colònia Güell no són més que gargots que indiquen la voluntat i la necessitat de rematar les torres amb pinacles. El dibuix dona, això sí, una certa idea de la proporció que haurien de tenir aquests pinacles, però poca cosa més. I així i tot, el cert és que aquests esbossos mostren una certa desproporció que difícilment es mantindria a mesura que s'avancés en l'estudi del projecte.

Igualment, si l'obra final hagués de ser gaire fidel a aquests dibuixos, cosa que ja s'ha comentat que no és el cas si es pren com a referència la part que es va construir, la solució esbossada presentaria diversos problemes, tant compositius com constructius. Així, per exemple, alguns dels pinacles que Gaudí dibuixa tenen forma d'ocell. És possible que aquesta fos la idea de fons que ell pensava arribar a desenvolupar. Una idea, però, que en tot cas jugaria el mateix paper que la pinya de xiprer en relació a les creus de quatre braços. Una idea sobre la qual quedaria encara molt de temps d'estudi, abans de poder-la arribar a construir. Una idea, en definitiva, que no representa més que una voluntat inicial que, com es pot veure en tantes altres, en el projecte de la Sagrada Família, pot acabar sent abandonada abans de portar-se a la realitat.

Les úniques conclusions certes que es poden treure de l'anàlisi d'aquests esbossos i del model estereofunicular per a l'església de la Colònia Güell són:

- que les torres forçosament haurien d'acabar amb pinacles;
- que, a diferència de casos com el de les Teresianes, on els pinacles juguen un paper essencialment compositiu, aquí el seu rol és estructural, per tant haurien de tenir un pes important, cosa que implica materials pesats, per tant construïts;
- i que, en conseqüència, són elements que requeririen un llarg període d'estudi abans de poder ser executats.

ⁱ Ho confirma l'arqueòleg i doctor en prehistòria i història antiga per la Universitat de Barcelona en una de les seves entrevistes a Joan Gaudó, un dels artesans de la Colònia Güell, explica que als matins, en arribar Gaudí a l'obra deia: - Aquesta nit he estat pensant que..."- , la qual cosa implicava desfer la feina feta i començar de nouⁱⁱ". (Gaudí al descobert, 2013)

ⁱⁱ Es tracta de la maqueta que es va enviar a l'exposició de 1910 de París. (Urbano, y otros, 2002)

Bibliografia

Gaudí al descobert. **Medarde, Manuel i Marín, Marià**. 2013. 1506, Barcelona : Revista El Temps, 2013, p. 12-29.

Shelby, Lon. *Gothic Design Techniques. the Fifteenth-Century Design Booklets of Mathes Roriczer and Hanns Schumuttermayer*.

Urbano, Judith y Bassegoda, Joan. 2002. Gaudí a París l'any 1910. Barcelona : s.n., 2002.

4. "La tercera directriz: la equi-distribución. Parametrización de superficies regladas en la arquitectura."

Genís Àvila¹, Isabel Crespo¹

¹ Universitat Politècnica de Catalunya, ETS Arquitectura del Vallès (Dept. EGA-1),

Pere Serra 1-15, 08173- Sant Cugat del Vallès, Spain

genis@gifarquitectura.com; isabel.crespo@upc.edu;

Aquest article està pendent de publicació a la revista EGA.

En el moment de la impressió de la tesi encara no estava publicat.