



*Tesi doctoral:*

## **EVOLUCIÓ GEOMÈTRICA I ESTRUCTURAL DE LES NAUS DE LA SAGRADA FAMÍLIA**

### **Volum 1**

*Autor:*

David Puig i Bermejo  
Arquitecte

*Directors de la tesi:*

Jordi Faulí i Oller  
Dr. Arquitecte

Ernest Redondo i Domínguez  
Dr. Arquitecte

Departament d'estructures a  
l'arquitectura.

Universitat Politècnica de Catalunya

Barcelona, setembre 2013.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

# *Evolució geomètrica i estructural de les naus de la Sagrada Família*

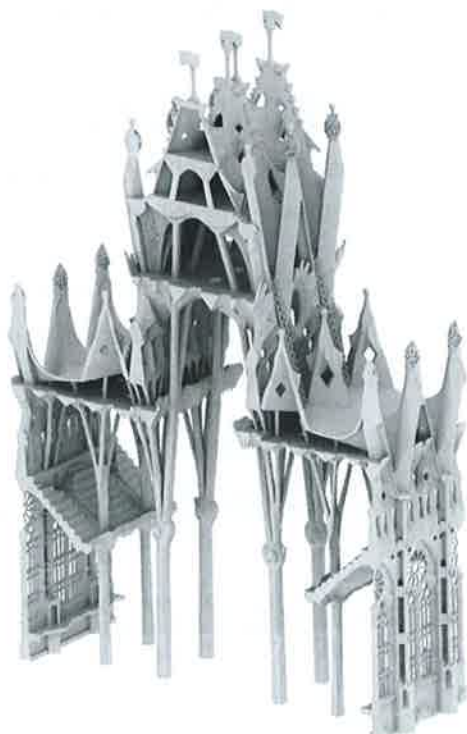
## *Volum 1*

**David Puig i Bermejo**

**ADVERTIMENT** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del repositori institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) i el repositori cooperatiu TDX (<http://www.tdx.cat/>) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual **únicament per a usos privats** emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei UPCommons o TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a UPCommons (*framing*). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del repositorio institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) y el repositorio cooperativo TDR (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=es>) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual **únicamente para usos privados enmarcados** en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio UPCommons No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a UPCommons (*framing*). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the institutional repository UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) and the cooperative repository TDX (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=en>) has been authorized by the titular of the intellectual property rights **only for private uses** placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading nor availability from a site foreign to the UPCommons service. Introducing its content in a window or frame foreign to the UPCommons service is not authorized (*framing*). These rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



*Tesi doctoral:*

## **EVOLUCIÓ GEOMÈTRICA I ESTRUCTURAL DE LES NAUS DE LA SAGRADA FAMÍLIA**

**Volum 1**

*Autor:*

David Puig i Bermejo  
Arquitecte

*Directors de la tesi:*

Jordi Faulí i Oller  
Dr. Arquitecte

Ernest Redondo i Domínguez  
Dr. Arquitecte

Departament d'estructures a  
l'arquitectura.

Universitat Politècnica de Catalunya

Barcelona, setembre 2013.



Curs acadèmic: 2013-2014

### Acta de qualificació de tesi doctoral

Nom i cognoms: DAVID PULG I BERMESO  
 Programa de doctorat: ANÀLISI D'ESTRUCTURES ARQUITECTÒNIQUES  
 Unitat estructural responsable del programa: DEPARTAMENT D'ESTRUCTURES A L'ARQUITECTURA

### Resolució del Tribunal

Reunit el Tribunal designat a l'efecte, el doctorand / la doctoranda exposa el tema de la seva tesi doctoral titulada  
EVOLUCIÓ GEOMÈTRICA I ESTRUCTURAL DE LES NAUS DE LA SAGRADA FAMÍLIA

Acabada la lectura i després de donar resposta a les qüestions formulades pels membres titulars del tribunal, aquest atorga la qualificació:

NO APTE       APROVAT       NOTABLE       EXCEL·LENT

(Nom, cognoms i signatura)  President/a <u>LINO CABEZAS</u>		(Nom, cognoms i signatura)  Secretari/a <u>JORDI MOLINOS</u>	
(Nom, cognoms i signatura)  Vocal <u>Josep Bertran Ilari</u>	(Nom, cognoms i signatura)  Vocal	(Nom, cognoms i signatura)  Vocal	(Nom, cognoms i signatura)  Vocal

Judice d/de febrer de 2014.

El resultat de l'escrutini dels vots emesos pels membres titulars del tribunal, efectuat per l'Escola de Doctorat, a instància de la Comissió de Doctorat de la UPC, atorga la MENCIÓ CUM LAUDE:

SÍ       NO

(Nom, cognoms i signatura)  * Presidenta de la Comissió de Doctorat	(Nom, cognoms i signatura)  * Secretària de la Comissió de Doctorat
--	--

\* Càrrecs vigents fins el 02/12/2013

Barcelona, 12 d/de febrer de 2014  
ANTONI OLIVÉ RAMON      MARIA PAZ MORILLO

President de la Comissió Permanent

Secretària de l'Escola de Doctorat

Dedicatòria:

A la meva família.

Agraïments:

A Jordi Faulí, arquitecte en cap de les obres del Temple Expiatori de la Sagrada Família i profund coneixedor de l'obra gaudiniana, per acceptar la direcció d'aquesta tesi, que s'ha vist àmpliament enriquida amb els seus comentaris i aportacions.

A Ernest Redondo, director d'aquesta tesi, per tots els consells i aportacions rebudes, que han estat decisives en l'impuls final d'aquest treball.

De forma especial el meu agraïment a Andrés de Mesa, que ha estat decisiu en el canvi d'orientació que va experimentar aquest treball quan travessava per moments difícils. Li agraeixo també tota la ajuda i formació rebuda, principalment en els aspectes tecnològics i històrics, que han influït profundament en la definició i concreció d'aquesta tesi.

A Jordi Coll, cap del Departament de Projectes del Temple Expiatori de la Sagrada Família i gran coneixedor de la darrera solució de les naus, per tots els aclariments i consells rebuts al llarg d'aquests anys.

A Josep Tallada i Albert Portolés, caps de modelistes, i tot el seu equip, pel suport rebut durant tots aquests anys d'amidament i interpretació de les peces originals de Gaudí. Vull fer una menció especial a l'Anna Ripol, per l'ajuda que em va oferir durant la primera etapa d'aquests treballs.

A Laia Vinaixa, responsable de l'arxiu de la Sagrada Família, per tota la documentació facilitada.

A Anna Ballbona i Albert Benzekry, que han participat activament en els treballs de revisió i correcció lingüística d'aquesta tesi.

A tots els meus companys de l'Oficina Tècnica i de la Sagrada Família que m'han donat ànims durant el feixuc procés d'elaboració d'aquest treball.

# EVOLUCIÓ GEOMÈTRICA I ESTRUCTURAL DE LES NAUS DE LA SAGRADA FAMÍLIA

## ÍNDEX

<b>1. PRESENTACIÓ</b> .....	<b>1</b>
<b><u>1a part: Context històric</u></b>	
<b>2. GAUDÍ I EL TEMPLE</b> .....	<b>7</b>
2.1. Inicis del Temple .....	9
2.1.1. La basílica de Loreto.....	10
2.1.2. El Projecte Villar.....	11
2.2. Els inicis d'Antoni Gaudí en les obres del Temple.....	15
2.3. Evolució de l'obra civil i la seva relació amb el projecte del Temple.....	18
2.3.1. Els inicis professionals de Gaudí: etapa historicista i eclèctica .....	18
2.3.2. Primera planta de Gaudí .....	19
2.3.3. La continuació de l'etapa historicista: arquitectura d'inspiració gòtica.....	19
2.3.4. Primera planta monumental.....	20
2.3.5. Evolució de l'obra civil de Gaudí: del món acadèmic a les exp. personals.....	21
2.4. La fi de l'obra civil de Gaudí .....	23
2.4.1. L'aparició del Noucentisme .....	23
2.4.2. Desavinences amb la propietat en les darreres obres executades per Gaudí .....	23
2.4.3. Solitud de Gaudí .....	25
2.5. La reclusió al Temple i la nova arquitectura.....	25
2.5.1. La situació econòmica de les obres del Temple.....	25
2.5.2. El treball en les noves versions del Temple .....	27
<b>3. LA REALITZACIÓ DEL PROJECTE DE LA NAU PRINCIPAL</b> .....	<b>31</b>
3.1. El primer projecte de Gaudí. La planta compacta .....	34
3.2. Estudi i desenvolupament del Temple. L'edifici generat per zones .....	35
3.2.1. Referents.....	35
3.2.2. La primera versió .....	39
3.2.3. La segona versió.....	45
3.2.4. La tercera versió .....	51
<b>4. LA CONTINUACIÓ DE L'OBRA DESPRÉS DE GAUDÍ</b> .....	<b>57</b>
4.1. Mort de Gaudí. Continuació dels treballs per part dels seus deixebles.....	59
4.2. El pavelló Gaudí, un projecte museogràfic fallit .....	62

4.3.	L'esclat de la Guerra Civil i la destrucció de l'obra	67
4.3.1.	Cripta	67
4.3.2.	Obrador	68
4.3.3.	Tallers	71
4.3.4.	Escoles	71
4.4.	Constitució de la nova junta i nomenament dels arquitectes continuadors	72
4.5.	Els treballs de recuperació del projecte i la importància de les maquetes	75
4.5.1.	El treball de recuperació de la darrera versió de les naus	77
4.5.2.	L'estudi de les versions prèvies	80
4.5.3.	Els treballs de recerca de Francesc Cardoner	84
4.5.4.	Noves troballes	87
4.5.5.	Material recuperat	90
<b><u>2a part :evolució geomètrica</u></b>		
<b>5.</b>	<b>LA GEOMETRIA EN LES OBRES DE GAUDÍ</b>	<b>93</b>
5.1.	Evolució formal en les primeres obres de Gaudí	95
5.2.	Gaudí i la ruptura amb l'arquitectura historicista	110
5.3.	Els primers intents de construcció amb lleis geomètriques	115
<b>6.</b>	<b>EL MODELAT EN 3D DE LA SEGONA VERSIÓ DE LES NAUS</b>	<b>119</b>
6.1.	L'anàlisi de les maquetes originals	122
6.1.1.	Presa de mides mitjançant mètodes manuals	127
6.1.2.	Fotografies rectificades:	136
6.1.3.	Escàner 3D:	136
6.2.	L'anàlisi de les seccions transversals originals	139
6.2.1.	Determinació de mides a través de les fotografies originals	144
6.3.	Procés per determinar les mides del conjunt	149
6.4.	Procés de modelat en 3D	153
6.5.	La realització de la maqueta de guix	160
<b>7.</b>	<b>LA GEOMETRIA DE LA SEGONA VERSIÓ DE LES NAUS</b>	<b>165</b>
7.1.	El catàleg de peces	168
7.1.1.	Columnes	169
7.1.2.	Capitells	176
7.1.3.	Voltes	204
7.1.4.	Contrafort de la nau lateral	214
7.1.5.	Cantoria	233
7.1.6.	Principis generals de la geometria de la segona versió de les naus	235
7.1.7.	Finestrals	243

<b>8. L'EVOLUCIÓ GEOMÈTRICA DE LES NAUS .....</b>	<b>265</b>
8.1. La primera versió de les naus .....	269
8.1.1. Disposició general del projecte .....	269
8.1.2. Mesures generals dels elements .....	271
8.1.3. Forma i geometria .....	271
8.2. La segona versió de les naus .....	277
8.2.1. Disposició general del projecte .....	277
8.2.2. Mesures generals dels elements .....	279
8.2.3. Forma i geometria .....	279
8.3. La tercera versió de les naus .....	285
8.3.1. Disposició general del projecte .....	285
8.3.2. Mesures generals dels elements .....	285
8.3.3. Forma i geometria .....	287
8.4. La segona versió de les naus com a inici de la nova arquitectura. L'evolució mostrada sobre els elements continus .....	292
8.4.1. Suports verticals.....	292
8.4.2. Voltes .....	294
8.4.3. Elements de trava horitzontals.....	296
8.4.4. Contraforts .....	298
8.4.5. Finestrals.....	300
8.4.6. Cobertes.....	304
8.5. La segona versió de les naus com a inici de la nova arquitectura. L'evolució mostrada sobre els elements concrets .....	306
8.5.1. Columnes.....	306
8.5.2. Capitells .....	309
8.5.3. Finestrals.....	314
8.6. Conclusions sobre els aspectes geomètrics de l'evolució de les naus .....	322

**3a part: evolució estructural**

<b>9. EL CÀLCUL ESTRUCTURAL EN L'OBRA DE GAUDÍ .....</b>	<b>327</b>
9.1. La forma de calcular precedent a Gaudí .....	329
9.2. El càlcul en les obres prèvies de Gaudí .....	336
9.3. Les darreres experimentacions geomètriques de l'obra civil. Cap a un canvi de concepció de les naus del Temple .....	342
9.3.1. La reforma de la Catedral de Mallorca (1901-1914) .....	342
9.3.2. Església de la Colònia Güell (1898-1914) .....	347



9.4. L'aparició de la nova estructura de les naus del Temple. "La superació dels estils anteriors" .....	351
9.4.1. Segona versió de les naus .....	351
9.4.2. Tercera versió de les naus .....	355
9.5. El càlcul amb estàtica gràfica de la resta del Temple .....	358
<b>10. EL PROCÉS DE CàLCUL DE LES NAUS DE LA SAGRADA FAMÍLIA.....</b>	<b>361</b>
10.1. Càlculs posteriors de les naus realitzats per deixebles de Gaudí .....	364
10.2. Obtenció dels materials i dels valors de càlcul utilitzats .....	366
10.3. Aplicacions informàtiques basades en els mètodes originals .....	373
10.3.1. Divisió del conjunt i càlcul dels centres de gravetat .....	374
10.3.2. Càlcul d'arcs .....	376
10.3.3. Composició de vectors segons el mètode de Sugrañes .....	381
10.4. Aplicació dels mètodes originals als models 3D de les naus .....	382
10.4.1. Càlcul d'un element en arc: la cantoria .....	382
10.4.2. Composició de vectors: el mòdul de la nau lateral .....	384
<b>11. LA VERIFICACIÓ DE L'ESTRUCTURA DE LES NAUS DE LA S. FAMÍLIA.....</b>	<b>387</b>
11.1. La primera versió de les naus .....	391
11.2. La segona versió de les naus .....	403
11.3. La Tercera versió de les naus .....	425
11.4. Conclusions del càlcul de les tres versions .....	438
<b>12. CONCLUSIONS .....</b>	<b>447</b>
12.1. Causes que van possibilitar els projectes de canvi de les naus .....	449
12.2. Característiques fonamentals de les tres versions de les naus .....	451
12.2.1. Primera versió .....	451
12.2.2. Segona versió de les naus .....	451
12.2.3. Tercera versió de les naus .....	453
12.3. Relació entre les diverses versions .....	454
12.4. El paper de la segona versió dins de l'obra gaudiniana .....	455
12.5. Futures línies d'investigació .....	455
<b>13. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....</b>	<b>457</b>

## ANNEXES

<b>ANNEX 1. L'EVOLUCIÓ DEL PLA GENERAL DEL TEMPLE .....</b>	<b>471</b>
<b>ANNEX 2. FOTOGRAFIES ORIGINALS .....</b>	<b>523</b>
<b>ANNEX 3. EL CATÀLEG DE PECES RECUPERADES.....</b>	<b>537</b>
<b>ANNEX 4. L'APLICACIÓ DE LA GEOMETRIA REGLADA .....</b>	<b>577</b>
4.1. Paraboloides hiperbòlic .....	580
4.2. Conoide .....	581
4.3. Hiperboloide d'un full .....	582
4.4. Helicoide .....	583
4.5. Propietats d'aquestes superfícies per utilitzar-les en l'obra .....	583
<b>ANNEX 5. CROQUIS DE LES PECES .....</b>	<b>585</b>



# 1. PRESENTACIÓ



Aquesta tesi és el resultat de l'elaboració d'un model tridimensional per a una maqueta molt detallada d'un dels projectes previs desenvolupats per Gaudí per a les naus del Temple.

El meu contacte amb el Temple Expiatori de la Sagrada Família es va produir l'any 2007, a partir d'un conveni signat entre aquesta institució i la Universitat Politècnica de Catalunya. El conveni consistia en el modelat tridimensional de les dues versions anteriors de les naus del Temple, sota un programa coordinat per Josep Gómez Serrano, qui va encarregar el treball de recerca geomètrica i dimensional, i el posterior modelat amb mitjans informàtics a dos estudiants.

El primer projecte de les naus va ser modelat per l'estudiant d'arquitectura Pol Foreman Campins, mentre que la segona versió de les naus se'm va encarregar a mi, que en aquell moment era estudiant del darrer curs de doctorat.

El treball de presa de les dades existents, a través de l'observació i l'amidament dels fragments de maquetes va suposar tot un repte, sobre tot tenint en compte els modestos mitjans amb què es comptava per a dur a terme l'encàrrec. La gran dificultat d'aquesta tasca radicava en les fonts documentals, que eren de dos tipus: fragments reduïts del que havien estat maquetes originals realitzades per Gaudí i un conjunt de material gràfic (alçats i seccions) que posteriorment van elaborar els seus continuadors abans de recuperar la gran part dels models i que, per tant, comptaven amb un resultat poc precís.

Finit el conveni i assolit l'objectiu de reproduir l'aparença de les maquetes en uns models de guix a escala 1:50, que actualment s'exposen en el Museu de la Sagrada Família, em vaig trobar amb un model que contenia unes regles de generació internes que no corresponien –segons la historiografia tradicional d'aquest gran arquitecte– al repertori de formes habituals desenvolupades per Gaudí.

Amb la revelació d'aquestes regles de generació de la forma, el contingut de la tesi es va ampliar de forma important respecte la intenció inicial d'explicar el procés de modelat i fer una simple comparativa entre les característiques més rellevants d'aquesta versió i les altres que va produir Gaudí. Aquestes regles obrien un nou camí en el qual el nou repte era determinar com aquests nous procediments de generació de la forma podien encaixar i explicar millor la resta de l'obra coneguda de Gaudí.

Amb la intenció d'esbrinar com aquests procediments de desenvolupament formal podien encaixar dins del repertori gaudinià vaig començar un nou treball de recerca tutelat pels meus directors de tesi Jordi Faulí i Ernest Redondo.

L'obra de Gaudí comprèn àmbits molt diversos, però en aquesta tesi ens centrarem en els aspectes geomètrics i estructurals que van possibilitar la transformació de les naus de la Sagrada Família. Una anàlisi exclusiva de la producció de Gaudí des d'aquests dos punts de vista seria incompleta. Per ajudar a la seva comprensió creiem que és necessària una introducció als aspectes històrics que ens permetran establir un context adequat per entendre com aquest van influir en la seva concepció.

Aquesta tesi no pretén ser un recull exhaustiu sobre l'obra gaudiniana, però sí vol donar una visió renovada d'alguns aspectes sobre Gaudí, on es remarcaran els fets més rellevants que ajudin a comprendre els temes principals d'aquesta investigació.

Antoni Gaudí va realitzar tres versions diferenciades de les naus. La primera la va definir poc després d'incorporar-se a les obres del Temple com a substitut del tècnic anterior, i la va resoldre amb un particular estil neogòtic. Les altres dues versions les va realitzar després d'abandonar la seva activitat professional com a arquitecte de prestigi i recloure's en les obres del Temple, i presentaven unes característiques formals que no encaixaven amb l'obra precedent.

Gaudí va concretar els diversos projectes a través de maquetes detallades de guix a escales 1:10 i 1:25, que es conservaven al seu obrador del Temple però que es van destruir durant els conflictes que es produïren durant la Guerra Civil.

Un cop acabada la guerra es van recuperar part dels fragments dels models que Gaudí havia produït al seu obrador, però la importància de la darrera versió, que era la indispensable per a poder prosseguir amb les obres de construcció del Temple, va eclipsar les solucions anteriors, que després de ser objecte d'alguns estudis, van caure en l'oblit. Així ens ho confirma l'extensa bibliografia que tracta sobre l'obra de l'arquitecte i el Temple, on en el millor dels casos –en els llibres més exhaustius– no dediquen més d'un parell de pàgines a les versions anteriors de les naus.

Tots aquests aspectes estan íntimament lligats entre sí. Degut a l'amplitud dels temes que es tractaran, aquesta tesi s'ha estructurat en tres parts diferenciades: context històric, geometria i estructura, que es lligaran entre sí en la darrera part d'aquest treball.

La primera part està estructurada en tres capítols. Aquí tractarem sobre la influència del context històric de Gaudí i la seva relació amb el Temple, que és imprescindible per assentar les bases que van fer possible la concepció del projecte i els seus posteriors canvis.

En el segon capítol, després d'aquesta presentació, explicarem els inicis de Gaudí en el Temple, i l'evolució de la resta de la seva obra, que en aquest treball hem designat com a obra civil, per estudiar la relació que tenia i les influències que va aportar al projecte de la Sagrada Família.

En el tercer capítol explicarem l'evolució del projecte del Temple, on veurem els referents que van influir en la seva concepció i estudiarem el paper que tenen les naus dins del conjunt de l'edifici.

Si fins aleshores haurem tractat la relació de Gaudí amb el Temple, en el quart capítol parlarem de l'evolució de l'obra després de la seva mort, i veurem les causes que van provocar la destrucció del seu llegat, que va estar a punt de perdre's per sempre.

En la segona part d'aquest treball, que s'estructura en quatre capítols, estudiarem la influència de la geometria en l'obra gaudiniana, concentrant la recerca en els aspectes que van servir per a la definició formal de les naus del Temple.

En el cinquè capítol –que és el primer d'aquesta part– estudiarem l'evolució de la geometria en l'obra de Gaudí, i veurem com aquesta geometria pren protagonisme de forma gradual fins a convertir-se en un dels motius fonamentals en la definició del Temple.

En el sisè capítol mostrarem la metodologia que s'ha seguit per modelar les peces que componen la segona versió de les naus a partir dels fragments de guix existents. Una vegada recuperades virtualment les diverses peces de la segona versió de les naus, entrarem en els capítols fonamentals d'aquest treball d'investigació.

El setè capítol recull totes les proporcions que s'han extret de l'amidament de les peces de guix que es van salvar de la destrucció i extraurem les seves regles geomètriques que ens serviran per modelar les peces que no s'han conservat fins els nostres dies. A través d'aquestes proporcions podrem recuperar el conjunt de tota la segona versió de les naus i començar l'estudi de l'evolució respecte les altres dues versions.

En el vuitè capítol ens dedicarem a analitzar l'evolució geomètrica de les naus partint d'una descripció de cadascuna de les tres versions i veurem, a continuació, els canvis més característics que ens permetran establir quines pautes va seguir Gaudí per modificar el projecte.

Una vegada haguem desglossat els aspectes geomètrics que formen les naus, ens concertarem en la tercera part d'aquesta tesi, que dividirem en tres capítols dedicats als aspectes estructurals.

L'estructura d'aquesta part és similar a l'anterior. Començarem per un capítol introductori –capítol 9–, on estudiarem el context tecnològic que va influir en la definició estructural que Gaudí va adoptar. Veurem, alhora, l'evolució en les estructures de l'arquitecte que determinaran la definició del suport resistent de les darreres versions de les naus del Temple.

En el desè capítol ens concentrarem a estudiar els mètodes de càlcul gràfic que utilitzaven Gaudí i els seus col·laboradors i els adaptarem als mitjans informàtics actuals per aplicar-los al càlcul de les versions de les naus.

En l'onzè capítol realitzarem el càlcul de les tres versions de les naus que Gaudí va realitzar amb la intenció de determinar com els mètodes de càlcul van influir en la evolució del projecte.

Per últim, desenvolupat el cos central de la tesi, ens centrarem en les conclusions, on destacarem els aspectes més importants que s'han extret d'aquest treball d'investigació i establirem les relacions més importants entre context, geometria i estructura que van fer possible l'evolució del projecte de les naus del Temple.





## 2. GAUDÍ I EL TEMPLE



## 2.1. Inicis del Temple

Josep Maria Bocabella i Verdaguer<sup>1</sup>, llibreter del carrer Princesa de Barcelona, va fundar l'any 1866 l'Associació Espiritual de Devots de Sant Josep, que tenia per objectiu aconseguir –sota la protecció de Sant Josep– el triomf de l'Església Catòlica. Era un moment en què el fenomen de la descristianització es veia propulsat per la Revolució Industrial i els canvis socials.

La nova associació comença a publicar a partir del desembre del mateix any el butlletí *El Propagador de la Devoción a San José*<sup>2</sup> i envia periòdicament almoines al Sant Pare per ajudar econòmicament el Vaticà.

Vuit anys després, en el número d'abril de l'any 1874 d'*El Propagador*, apareixen les primeres notícies de l'associació referents a la construcció d'un nou temple per immortalitzar les grans accions de pietat i devoció a través d'un monument religiós. La data no és casual i, tal com explica el butlletí, segueix la tendència dels devots del Sagrat Cor de Jesús, que uns anys abans havien promogut la construcció d'esglésies a Roma (Sacro Cuore di Gesù, 1870) i París (Basilique du Sacré-Coeur de Montmartre, 1873).

L'any 1875, l'associació josefina detalla en la seva publicació el temple que vol construir, que havia de ser una còpia de la Basílica de Loreto (Itàlia), inclosa la seva reproducció de la Santa Casa de Natzaret, que és on va viure la Sagrada Família i a qui es vol dedicar el Temple<sup>3</sup>.

A partir d'aquest moment l'entitat demana almoines per edificar el Temple al centre de Barcelona, sobre un solar que localitzen l'any 1876, valorat en 50.000 duros<sup>4</sup>. Les campanyes de donatius no són suficients per costejar un emplaçament cèntric de grans dimensions i decideixen buscar-ne un de més econòmic en el nou Eixample que tot just es comença a edificar.

No serà fins l'any següent, el 1877, que l'associació de devots troba un emplaçament adient per edificar-hi el seu gran Temple, però la modèstia de les aportacions –en comparació amb el valor del terreny– no en farà possible la compra fins l'any 1881. El solar adquirit és més econòmic que l'anterior –34.400 duros– i està situat a Sant Martí de Provençals<sup>5</sup>, entre els carrers de Marina, Sardenya, Provença i Mallorca, amb una superfície

1 Josep Maria Bocabella i Verdaguer (Sant Cugat del Vallès, 1815–Barcelona, 1892) va ser el propietari de la llibreria religiosa de la Viuda Pla.

2 *El Propagador de la Devoción a San José* va ser la revista de l'Associació de Devots de Sant Josep, que tractava temes de fe cristiana entorn a la figura de Sant Josep, amb articles d'actualitat i reflexió. Es va publicar entre els anys 1866 i 1947, quan va ser substituïda per la revista *Templo*.

3 L'adopció de la Basílica de Loreto com a model per al nou temple no és casual. El santuari italià conté la casa on, segons la tradició, va viure la Sagrada Família i on l'arcàngel Gabriel va comunicar a la Verge Maria la seva maternitat divina. Originalment la casa es trobava a Terra Santa però va ser traslladada a Loreto l'any 1294 per evitar-ne una possible destrucció durant les creuades. Per tant, el temple italià, junt amb la casa original que conté, era el motiu ideal per un temple dedicat a la Sagrada Família, encapçalada per Sant Josep, patró de l'associació.

4 En aquest capítol es transcriuen els valors monetaris tal i com apareixen a *El Propagador*. En aquesta publicació conviuen el ral, la pesseta –instaurada a Espanya el 1868– i el duro. La seva equivalència és 1 pesseta = 4 rals, 1 duro = 5 pessetes. (1 euro = 166,386 ptes.)

5 En el moment de comprar el solar (1881) Sant Martí de Provençals era un municipi independent, que no s'annexionaria a Barcelona fins l'any 1897, junt amb les viles de Gràcia, Sants, Les Corts, Horta, Sant Andreu del Palomar i Sant Gervasi de Cassoles.

de 388.000 pams quadrats<sup>6</sup>.

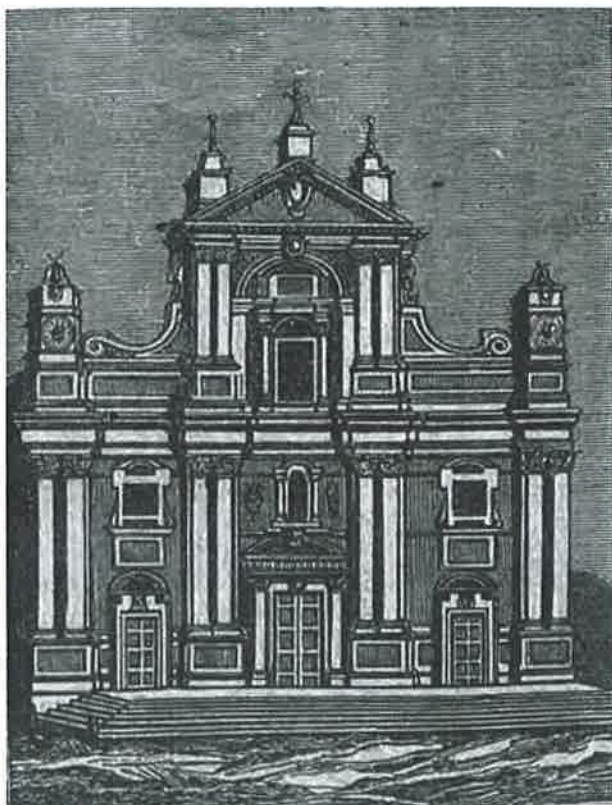
Finalment, passats set anys des de l'anunci per edificar un Temple i, després de renunciar a la idea de fer-lo al centre de la ciutat, els devots de Sant Josep donen un pas molt important per aixecar la seva rèplica de la gran basílica de Loreto.

### 2.1.1. La basílica de Loreto

La basílica de Loreto (*imatges 2.1 i 2.2*) és un gran temple, amb unes dimensions de 76x100 metres. La planta té disposició de creu llatina que es combina amb una certa idea de planta central. El presbiteri es situa al creuer i es cobreix amb una gran cúpula de 22 metres de diàmetre. Al voltant de l'espai central neixen els quatre braços, tres d'ídentsics, que corresponen al transsepte i l'absis –de tres naus amb capçalera trilobulada– i un de més llarg, que és el cos principal, també de tres naus.

Els seus inicis es remunten a l'arribada de la Santa Casa de Natzaret –l'any 1294– però l'edificació actual és fruit de l'actuació de diversos arquitectes, que ha donat com a resultat una mescla d'estils, on trobem des d'un interior gòtic fins a un exterior renaixentista, en el qual han intervingut arquitectes tan reconeguts com Donato Bramante.

Periòdicament, en la seva publicació, els josefins reproduïen imatges dels elements més significatius del temple (la Santa Casa i la façana), acompanyades de la corresponent explicació, mentre esperaven el moment de veure el seu somni construït.



**Imatge 2.1.-** Vista exterior del temple de Loreto publicada a "El Propagador"



**Imatge 2.2.-** Vista interior del temple de Loreto publicada a "El Propagador"

6 Per a les superfícies s'ha pres el mateix criteri que per a la moneda i es citen amb les mesures originals que apareixen a *El Propagador*. El sistema mètric decimal s'implanta oficialment a Espanya el 1868 i per tant, en el moment de comprar el solar, encara perdurava la tradició de mesurar en pams. Un metre quadrat equival a 26,468 pams quadrats, per tant, la superfície del solar adquirit era de 14.659m<sup>2</sup>.

### 2.1.2. El Projecte Villar

Per bastir una obra amb una pretensió tan monumental, el fundador de l'associació de devots, Josep Maria Bocabella, encarrega el projecte a l'eminent arquitecte diocesà Francisco de Paula del Villar<sup>7</sup>, que accepta l'encàrrec de bon grat i renuncia a cobrar pel seu treball, que ofereix a l'entitat com a donatiu en espècies.

El reconegut arquitecte no accepta fer una còpia d'un temple existent i realitza diversos projectes en estil neogòtic fins arribar a la solució definitiva, que es va presentar a *El Propagador* abans de la seva construcció.

El projecte final compleix amb les expectatives de l'associació josefina d'edificar un gran temple, de manera que Villar presenta una església en forma de creu llatina, amb tres naus al cos principal i una al transsepte, amb unes dimensions totals considerables, de 44x97 metres (*imatges 2.3 i 2.4*). A la capçalera hi situava nou capelles, amb una gran cripta sota l'absis –que havia de contenir la reproducció de la Casa de Natzaret– i una majestuosa escala que la comunicava amb el pla de temple, ubicada davant del presbiteri. Aquest tipus de comunicació amb la cripta era habitual en les construccions gòtiques i la podem trobar, entre d'altres, en la mateixa catedral de Barcelona.

Tot i que la disposició en planta és força convencional, la resta del conjunt presenta algunes innovacions. Villar dona protagonisme als extrems del transsepte, que deixen de ser els típics testers amb accessos auxiliars, i els converteix en unes façanes laterals ben resoltes, amb portalades de pedra rematades amb gablet i una gran rosassa (*imatge 2.5*).

En consonància amb la planta, l'alçat de l'edifici pren una gran verticalitat: Villar projecta un gran cimbori a sobre del creuer i una gran torre a sobre de la façana principal, amb alçades de 80 i 100 metres respectivament (*imatge 2.6*). Aquestes dimensions ens confirmen que no es tractava d'una església més de barri, ja que el projecte superava en alçada la pròpia catedral de Barcelona, on el cimbori actual –que és posterior– només arriba als 70 metres<sup>8</sup>.

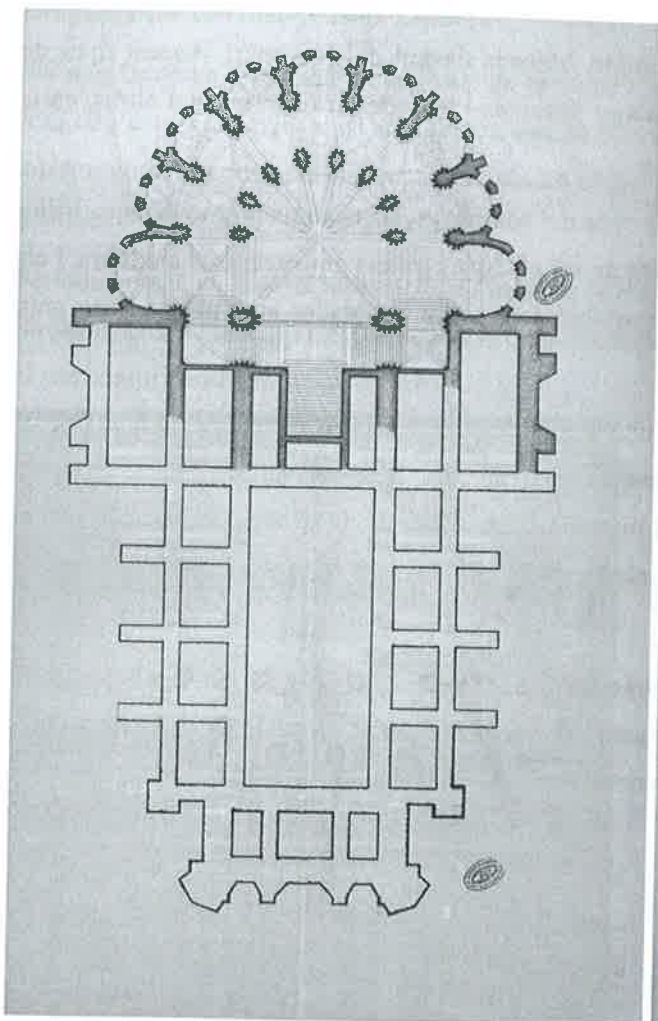
Si fem un cop d'ull als alçats del projecte trobem algunes característiques que es repetiran en els projectes posteriors de Gaudí, com l'absis<sup>9</sup> (*imatge 2.6*), on ja mostra una tendència a la verticalitat, i els remats dels finestrals de la nau lateral, que acaben amb un frontó, que és una solució inusual en el gòtic.

7 Francisco de Paula del Villar i Lozano (Múrcia, 1828-Barcelona, 1901) va ser un reconegut arquitecte, titulat a Madrid l'any 1852 per l'Acadèmia de Belles Arts de San Fernando. Durant la seva tasca professional va ocupar els càrrecs de catedràtic a l'Escola Provincial d'Arquitectura de Barcelona, membre numerari a la Real Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, vocal de la Comissió Provincial de Monuments, president de l'Associació d'Arquitectes i director de l'Escola Superior d'Arquitectura. A més, va ser arquitecte diocesà entre els anys 1874 i 1892. Les seves obres més reconegudes d'aquest període van ser la restauració de l'església de Santa Maria del Pi i el projecte de l'absis del Monestir de Montserrat.

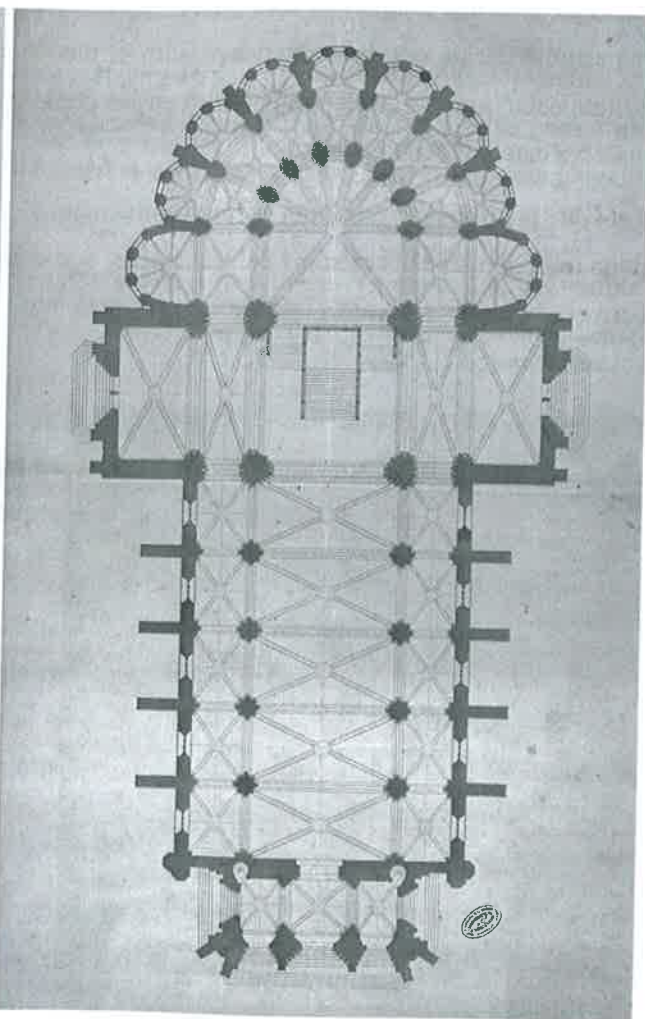
8 Les obres de remodelació de la façana de la catedral de Barcelona són de la mateixa època que el projecte de la Sagrada Família realitzat per Villar. El cimbori actual es va realitzar després (1906-1913) i és obra de l'arquitecte August Font i Carreras.

9 Gaudí va veure condicionat el traçat en planta dels murs de l'absis, perquè en època de Villar es va construir part de la Cripta.

El 19 de març de 1882, dia de Sant Josep –patró de l'associació– es va col·locar la primera pedra del Temple en un acte solemne. Hi varen assistir destacades personalitats de tots els àmbits, entre les quals hi ha el bisbe de la diòcesi de Barcelona, Josep Maria Urquinaona; el bisbe electe de Vic, Josep Morgades; el canonge de la catedral de Barcelona, Gualtero de Castro; el mariscal de l'exèrcit nacional, Pedro de Cuenca; el director de l'Escola d'Arquitectura de Barcelona, Elies Rogent; l'arquitecte del Temple, Francesc de Paula del Villar i el fundador de l'Associació de Devots de Sant Josep, Josep Maria Bocabella<sup>10</sup>.

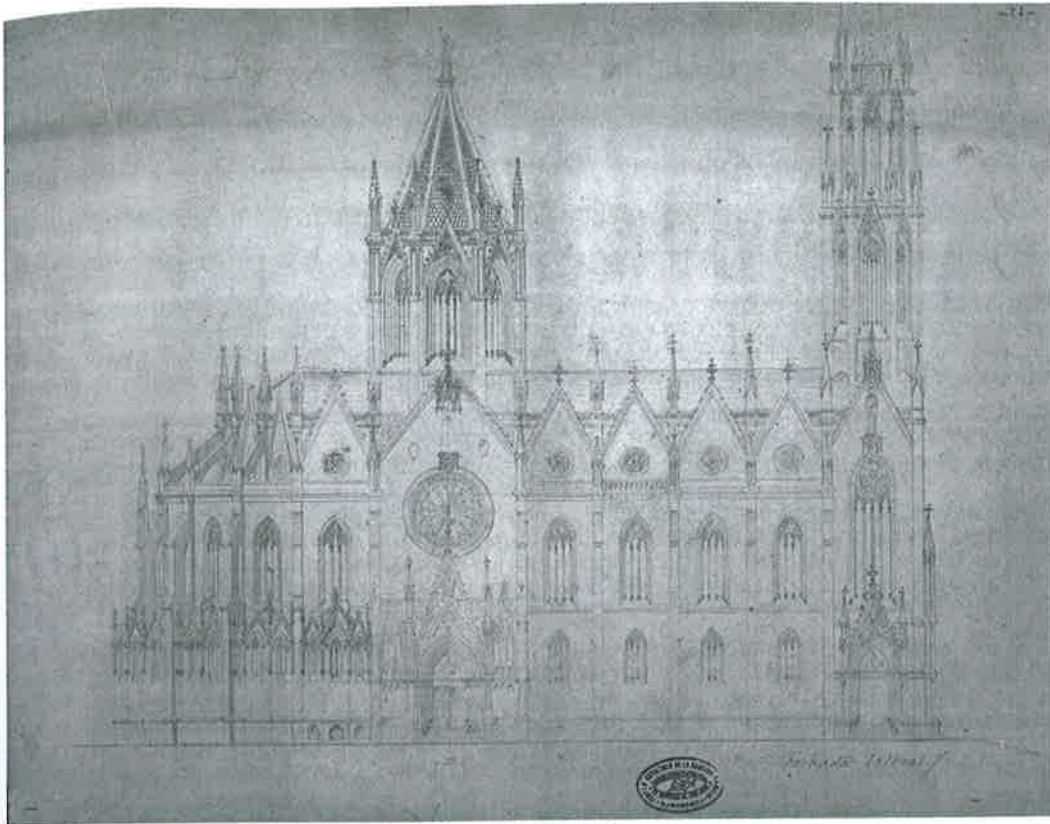


**Imatge 2.3.-** Projecte Villar. Planta de la cripta (variant prèvia amb un modul de nau menys que en el projecte definitiu).

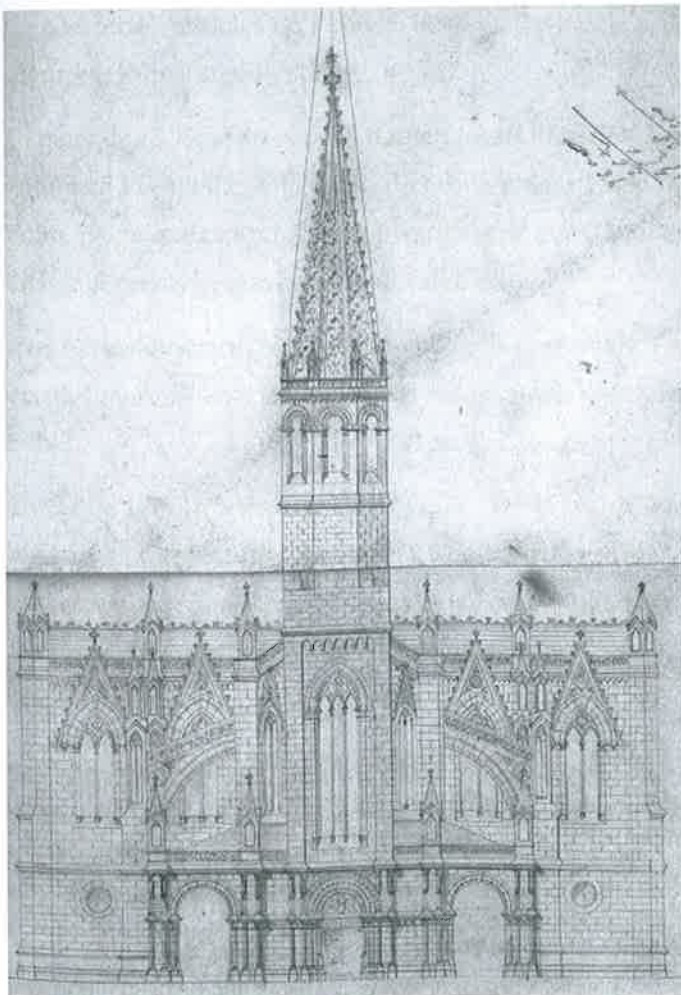


**Imatge 2.4.-** Projecte Villar. Planta

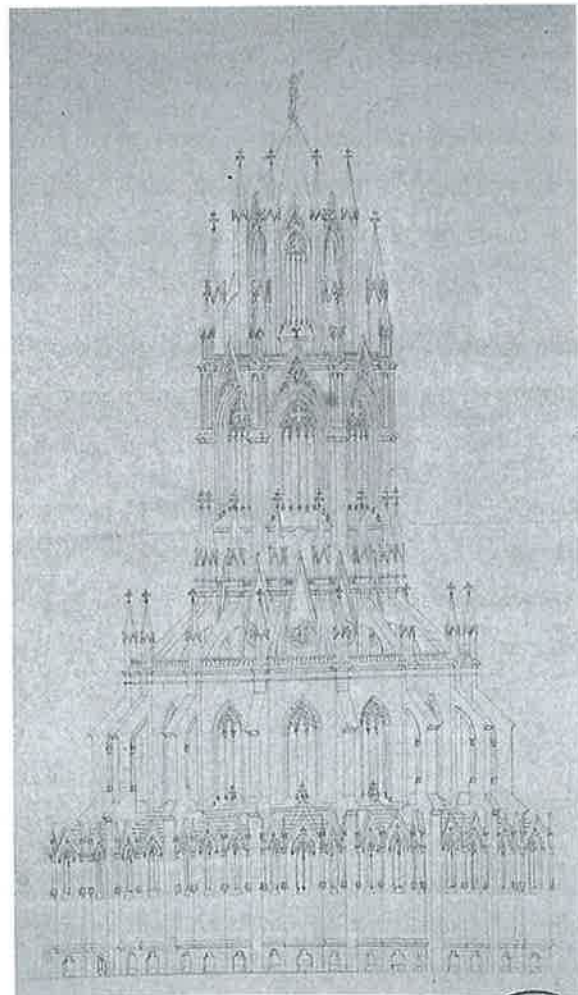
<sup>10</sup> La descripció de la jornada de col·locació de la primera pedra, que conté la transcripció de l'acta notarial es va publicar a *El Propagador* del mes d'abril de 1882. En l'article es detallen totes les personalitats que hi varen assistir i donen una idea acurada de la transcendència que va tenir l'acte.



Imatge 2.5.- Projecte Villar. Alçat lateral en estil neogòtic.



Imatge 2.6.- Projecte Villar. Façana principal



Imatge 2.7.- Projecte Villar. Abis



Amb aquesta important cerimònia, a la fi s'inicien les obres que tant desitjaven realitzar els josefins i es comença a construir la cripta. A principis de l'any següent, quan els murs de la cripta estaven a mitja alçada, sorgiren discrepàncies sobre el sistema constructiu de les columnes i les voltes. Villar pretenia fer tota l'obra amb les millors tècniques constructives, emprant carreus llaurats. En canvi, els josefins, que no disposaven d'un gran pressupost, volien aplicar un sistema més econòmic i substituir les parts no vistes per maçoneria irregular. Aquest fet provoca un enfrontament entre els devots –assessorats pel distingit arquitecte Joan Martorell<sup>11</sup>, volen continuar amb un sistema més d'acord amb les seves possibilitats econòmiques–, i Villar, que no admet cap canvi. La disputa va acabar amb la renúncia de Villar a executar el projecte.

En un principi, l'associació demana a Joan Martorell, que també és un arquitecte reconegut, que assumeixi la direcció de les obres, però aquest ho rebutja per motius d'ètica professional, ja que havia participat activament en els fets que propiciaren la renúncia de Villar i recomana a un jove arquitecte que col·laborava en el seu despatx.

La renúncia de Villar, que pocs mesos abans havia contribuït desinteressadament a l'inici de les obres, i la impossibilitat de substituir-lo per un altre arquitecte rellevant, com hagués estat Martorell, va fer que la notícia passés desapercibuda en un moment difícil per a l'associació que, amb molt de sacrifici, tot just n'estava arrencant la construcció. Només es pot intuir la marxa de Villar a *El Propagador* perquè l'any 1882 és el darrer on apareix la seva aportació en espècies a l'obra josefina<sup>12</sup>.

---

11 Joan Martorell i Montells (Barcelona, 1833-1906) va ser un reconegut arquitecte, titulat l'any 1876, que va desenvolupar la seva obra dintre de l'estil neogòtic, molt influït pel tractadista francès Viollet-le-Duc. Entre les seves obres destaquen l'Església i Convent de les Saleses (1877-1885), el projecte per a la nova façana de la catedral de Barcelona (1882) –no construïda per ell–, la restauració del Monestir de Pedralbes (1897) i la casa del marquès de Robert (1898-1903), totes elles a Barcelona. Altres obres seves van ser el tercer misteri de Goig i Primer dolor del Rosari Monumental de Montserrat, el Palau de Sobellano a Comillas (1878) i el projecte del convent de Villaricos a Almeria (1882 - no construït).

12 Francisco de Paula del Villar oferia el seu treball com a donatiu en espècies i aquest fet es publicava expressament a les darreres planes de *El Propagador*, junt amb la llista de les almoines en diners.

## 2.2. Els inicis d'Antoni Gaudí en les obres del Temple

Les primeres publicacions que tracten sobre el Temple de la Sagrada Família o d'Antoni Gaudí, confeccionades per deixebles seus<sup>13</sup>, expliquen de forma veraç i sintètica què va succeir després de la renúncia de Villar: el jove arquitecte que proposa Martorell era Antoni Gaudí, que va acceptar el càrrec el 3 de novembre de 1883. El nou director de l'obra va continuar la construcció i aviat va plantejar canvis en el projecte fins a definir el conjunt monumental que coneixem avui en dia.

Aquesta seqüència de fets és certa, però s'ha d'anar en compte amb la interpretació que en podem fer, no només des de la perspectiva d'avui en dia, sinó també pel moment en què els seus continuadors la van relatar, quan Gaudí ja era un arquitecte reconegut –i recentment mort– i l'èxit de la seva carrera professional donava una nova lectura al conjunt d'aquests fets.

Per aquest motiu, per entendre millor els inicis d'Antoni Gaudí en les obres del Temple, recorrem a l'anàlisi de la documentació coetània, que ens dóna una visió dels esdeveniments molt diferent.

En l'apartat anterior, dedicat al projecte de Villar, hem explicat que la marxa del primer arquitecte va ser discreta i que no se'n va fer ressò en la publicació oficial dels josefins. Per tant, és d'esperar que la continuació per part d'un arquitecte novell també passés desapercibuda.

A partir de la marxa de Villar, el seu nom simplement desapareix de les cròniques de *El Propagador* i en el seu lloc, en el millor dels casos es menciona el (nou) tècnic com “*el arquitecto director*”. Així ho podem trobar en nombrosos articles de l'època, que detallaven els progressos de la construcció. Per il·lustrar-ho, en citem alguns dels més significatius.

El març de 1885, apareix en el butlletí josefí l'article “*Explicación del grabado*”, on es detalla minuciosament com serà la capella de la cripta dedicada a Sant Josep (*imatge 2.8*). El text ve acompanyat per una imatge a doble plana que reproduïx un plànol signat per Gaudí –en una de les cantonades–, però en cap moment se'l cita de forma expressa com a autor de l'obra.

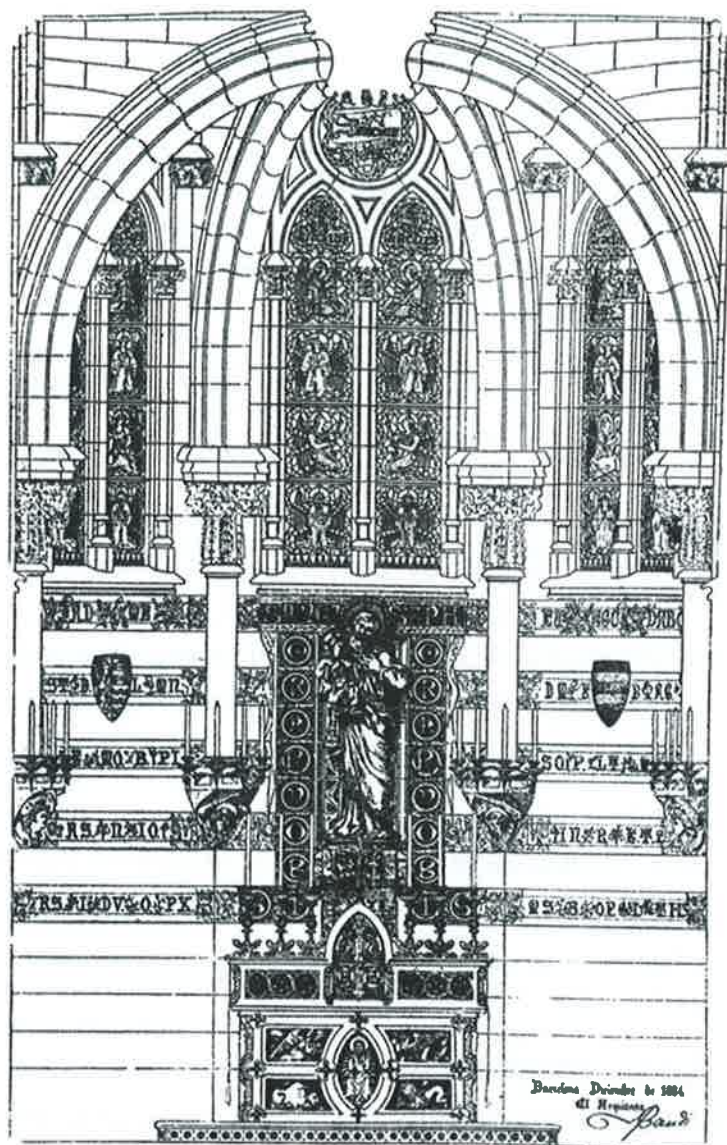
Dos mesos més tard, el 17 de maig de 1885, es publica a *Diario de Barcelona* una carta de Villar, on explica els motius de la seva renúncia com arquitecte del Temple, que a partir d'aquest moment passa a ser de domini públic.

Tot i que la “dimissió” de Villar ja no és cap secret, *El Propagador* continua eludint l'esment del canvi de director en tots els articles que parlen dels avenços de la construcció. Una mostra d'això la trobem el desembre del mateix any, quan es publica l'article “*El Templo de la Sagrada Familia*”, on es detallaven els progressos de la cripta, que estava a mig construir (*imatge 2.9*). A més, aquest text té interès per una altra raó, ja que precisa que l'espai té set capelles i no les nou inicials de Villar.

13 La primera menció que explica l'entrada de Gaudí a les obres del temple es troba al Primer Àlbum del Temple Expiatori de la Sagrada Família, publicat l'any 1914, quan l'arquitecte ja havia realitzat les seves obres més importants. Aquesta publicació servia per donar a conèixer l'obra del Temple i augmentar-ne els donatius. Es van publicar tres edicions més actualitzades els anys 1917, 1922 i 1929.

Poc després de la seva mort, el seu deixeble Josep Francesc Ràfols publica el llibre *Gaudí* (1928) i l'any següent, un altre deixeble, Isidre Puig Boada, publica un altre llibre fonamental, *El Temple Expiatori de la Sagrada Família* (1929), on també s'explica l'entrada de Gaudí al Temple de forma similar a la descripció de l'àlbum. Aquests llibres es consideren un referent i la majoria de bibliografia posterior s'hi recolza, de forma que la relació de Gaudí i el Temple s'explica pràcticament de la mateixa forma en la majoria de llibres.

Aquest detall ens mostra que hi havia canvis respecte el projecte inicial, que avui en dia sabem que eren realitzats per un altre arquitecte. L'any 1885 Gaudí ja havia elaborat un nou projecte per a tot el Temple –que incloïa les modificacions de la cripta Villar– però l'associació josefina no ho havia fet públic.



**Imatge 2.8.-** Primer plànol de Gaudí publicat (març 1885), sense que *El Propagador* mencioni de forma expressa el nou arquitecte.



**Imatge 2.9.-** Gravat de la cripta. Estat de les obres quan Gaudí s'encarrega de la direcció d'obra.

L'anonimat del nou arquitecte va continuar uns quants anys més, fins i tot en els articles on la figura del màxim responsable de les obres prenia un especial protagonisme. En l'article anomenat "*Una buena noticia para los asociados Josefinos, y para todos los devotos de San José*" (març de 1886) es donava contesta a les queixes d'alguns devots, que volien veure construït el temple i es lamentaven que degut a la seva grandiositat, podia ser una obra d'un segle. La resposta de l'associació simplement va recaure en "*el Director de obra*", que es comprometia a enllestir-lo en deu anys si no hi havia contratemp i es recaptaven uns sis mil duros mensuals.

Ens haurem d'esperar fins al març del 1902 –dinou anys després d'assumir la direcció de les obres– per trobar a *El Propagador* una referència clara de Gaudí com a arquitecte del Temple. És en aquest article, en què Bonaventura Conill<sup>14</sup> relata la visita que hi va realitzar l'Associació Excursionista, a qui Gaudí va rebre:

*"el arquitecto director de las obras (por no decir su alma toda) D. Antonio Gaudí, que hacía (como alguien dijo) los honores del templo en construcción"*

En la visita, l'arquitecte els va fer un breu comentari del pla general del temple (la disposició general que coneixem avui en dia) i una explicació detallada de la façana del Naixement, que llavors s'estava construint. El curiós d'aquest text és que es cita a Gaudí amb tota normalitat com a l'arquitecte director, sense secretisme de cap tipus i com una cosa coneguda per tothom.

A partir d'aquest número trobem referències constants a Gaudí i ja en el número d'octubre de 1903 es comença a explicar que el nou arquitecte, que és qualificat de geni, va continuar el projecte iniciat per Villar, transformant-lo amb el seu toc personal:

*"El Templo nace [...] con todas las proporciones y esplendores que acompañan el alumbramiento de un genio. A juzgar por lo ejecutado, la concepción de sus colosales formas, es algo que llenará una época de la historia del arte. [...] Se nos dirá que el Templo nació en sus comienzos bajo los planos del difunto arquitecto D. Francisco de Paula Villar y Lozano, pero a tal reparo contestaremos que dicho señor dejó casi terminada la Cripta, la cual forma como obra aparte del resto"*

Com hem vist en aquest apartat, els matisos de la història donen una visió molt diferent a allò que s'explica habitualment dels inicis de Gaudí en les obres del Temple. L'arquitecte comença sense ser objecte de cap mena de distinció, executant les obres d'un altre tècnic, fins a ser reconegut, al cap de vint anys, com un "*artista genial*".

<sup>14</sup> Bonaventura Conill i Montobbio (Barcelona, 1876 -1946) va ser un arquitecte modernista català.

### 2.3. Evolució de l'obra civil i la seva relació amb el projecte del Temple

En l'apartat anterior hem vist com Gaudí és nomenat director de l'obra i com després d'uns inicis anònims passa a ser reconegut com un gran arquitecte que introdueix grans canvis respecte el projecte inicial.

El canvi de consideració vers l'arquitecte no es deu només als progressos de l'obra del Temple, sinó també a la seva obra civil, que hi té un paper fonamental.

En aquest apartat no es pretén fer un repàs exhaustiu de les obres gaudinianes, àmpliament documentades, sinó que només es vol fer un incís per situar-les cronològicament i veure com aquestes es relacionen amb la construcció del temple.

#### 2.3.1. Els inicis professionals de Gaudí: etapa historicista i eclèctica

Quan Gaudí substitueix el primer arquitecte del temple, l'any 1883, és un jove de 31 anys que tot just en feia cinc que havia acabat els estudis. La seva pràctica professional es reduïa a col·laboracions amb el mestre d'obra Josep Fontserè<sup>15</sup> o altres arquitectes com Emili Sala<sup>16</sup>, Joan Martorell<sup>17</sup> o el propi Francisco de P. del Villar<sup>18</sup>, iniciades en la seva època d'estudiant, a més d'algunes obres per compte propi.

Les obres com a arquitecte es reduïen al disseny de mobiliari, com són l'expositor de la Guanteria Comella (1878) i l'equipament per al panteó de Comillas (1878-1880), el disseny dels fanals de la Plaça Reial de Barcelona (1878) i alguna construcció modesta, com ara la sala de blanqueig de l'Obrera Mataronense (1878-1883) i la casa Vicens (1878-1888).

Amb aquesta trajectòria tan reduïda es comprèn millor que Gaudí entrés en les obres del temple de forma discreta, i més si tenim en compte que substituïa Villar, que en aquella època era un arquitecte de molt prestigi. L'associació només necessitava un tècnic director que seguís un projecte ja definit.

El mateix any que assumeix la continuació del temple, projecta una habitatge a Comillas, popularment conegut com "El Capricho", però serà l'any següent, el 1884, quan veritablement comença a canviar el rumb de l'obra civil de Gaudí.

Eusebi Güell<sup>19</sup>, que era un important empresari barceloní, queda fascinat per l'expositor de la guanteria Comella –l'havia vist uns anys abans en l'Exposició Universal– i decideix confiar-li el projecte de dues obres.

15 Josep Fontserè i Mestre (Barcelona, 1829 - 1897) va ser un mestre d'obres. Gaudí va treballar com a ajudant seu quan era estudiant, participant en el projecte del Parc de la Ciutadella (1870), el dipòsit d'aigües (1874-1880) i la font monumental de la Ciutadella (1874-1882). Una altra obra de Fontserè va ser el Mercat del Born (1873-1876) on no es té constància que Gaudí col·laborés.

16 Emili Sala i Cortés (Barcelona, 1841 - La Garriga, 1921) Va ser un arquitecte, professor de Gaudí a l'escola d'arquitectura de Barcelona, que el va contractar ocasionalment com a delineant. Va ser l'arquitecte de la primitiva casa Batlló, que després Gaudí va transformar.

17 Gaudí va col·laborar com ajudant de Martorell en el convent de les Saleses i els projectes de la nova façana de la Catedral de Barcelona (amb Lluís Domènech i Montaner) i el convent de Villaricos.

18 Gaudí va col·laborar en la seva època d'estudiant amb l'arquitecte Villar en el projecte de l'absis del Monestir de Montserrat.

19 Eusebi Güell i Bacigalupi (Barcelona, 1846 - 1918) va ser un industrial, polític i mecenes. Entre les seves empreses, destaquen la indústria tèxtil de la Colònia Güell i la Companyia General d'Asfalts i Portland (Asland). Va ser gendre del primer Marqués de Comillas, Antonio López i López, i va ocupar càrrecs de conseller a les seves empreses.

La primera d'elles van ser uns pavellons per a la seva finca de Pedralbes, que consistien en un petit conjunt d'edificacions funcionals on el jove arquitecte mostra les seves innovacions formals i estructurals.

La següent obra va ser el Palau Güell (1885-1890), que era la residència de l'industrial. Tal i com indica el seu nom, l'edifici havia d'evocar la idea d'un luxós palau, i Gaudí fa ús d'un gran repertori de solucions formals per aconseguir-ho, mitjançant l'adaptació d'estils de diversa procedència.

L'obra va causar sensació a la ciutat des del primer moment i va obtenir ressò en revistes nacionals i fins i tot internacionals. A partir d'aquest moment el jove arquitecte és un personatge conegut i respectat, Eusebi Güell es converteix en el seu mecenes i en el futur li encarregarà més obres.

És precisament en aquest període d'afirmació professional, lligat al seu reconeixement com a arquitecte, quan Gaudí es guanya la confiança dels josefins. L'associació, que en principi l'havia contractat com a simple executor d'un temple definit per un arquitecte de renom, li permet introduir canvis substancials en el projecte de Villar.

### 2.3.2. Primera planta de Gaudí

L'any 1885 Gaudí realitza el primer projecte del Temple de la seva autoria, que varia el projecte inicial de Villar. Del projecte, presentat a l'ajuntament de Sant Martí de Provençals per sol·licitar la llicència d'obres, només se'n conserva la planta, que ha passat desapercibuda durant molts anys.<sup>20</sup>

Aquest projecte és una ampliació del realitzat per Villar i conserva alguns nexes amb aquest. A través de la projecció de les voltes que es marquen en planta es dedueix que manté l'estil neogòtic primitiu amb que es va construir l'absis.

Les característiques detallades d'aquest projecte s'explicaran en el següent capítol.

### 2.3.3. La continuació de l'etapa historicista: arquitectura d'inspiració gòtica

Després de realitzar la primera planta del Temple, i en paral·lel a les obres del Palau Güell, Gaudí comença a projectar obres de rellevància, com el Col·legi de Santa Teresa (1888-1890) a Barcelona.

En la mateixa època comença la seva etapa d'obres castellanques, amb l'encàrrec oficial del projecte del Palau Episcopal d'Astorga (1887-1893) i la Casa Fernández y Andrés (1891-1892) a León.

Totes aquestes obres es caracteritzaven per l'ús d'un llenguatge medieval, molt més sobri que el que havia emprat en els seus encàrrecs inicials, que ell deuria considerar adient a l'emplaçament d'aquests edificis.

Entre els anys 1892 i 1893 Gaudí projecta un gran edifici per a les missions catòliques d'Àfrica, a Tànger. Aquesta obra, a diferència de les anteriors, és significativa per a les obres del temple. Per primera vegada Gaudí trenca amb el repertori d'estils coneguts i en ella podem veure unes torres que ens avancen el que seran els nous campanars de la Sagrada Família. A més aquesta obra és rellevant per un altre aspecte, és el darrer

<sup>20</sup> Degut a la discreció amb que Gaudí continua les obres del temple, aquesta planta ha passat desapercibuda durant molts anys. Es va descobrir l'any 1990 a l'arxiu municipal del districte de Sant Martí de Provençals.

projecte de magnitud que trobem fins a la casa Calvet (1898).

L'ordenació cronològica de les obres gaudinianes (tot i les dificultats que això representa<sup>21</sup>) ens desvetlla un aspecte no comentat en els tractats sobre l'arquitecte: **entre els anys 1893 i 1898 no trobem cap obra rellevant de Gaudí**, període que pràcticament podem ampliar a partir de 1891 si tenim en compte que la direcció de les obres de León era puntual i que el projecte de Tànger no es va realitzar.

En aquest període Gaudí manté la seva activitat professional, però només signa algunes obres marginals, com coberts o safareigs per a finques de Güell, així com una tomba a Montserrat per a la mateixa família. El nom del propietari ens fa pensar que només accepta encàrrecs de gran compromís i reafirma la hipòtesi que rebutja obres d'altre tipus que li exigeixin una gran dedicació.

De nou hem de recórrer a *El Propagador* per trobar la pista que ens indiqui a que està dedicant el seu temps Gaudí, tot i que com hem vist abans, encara no se'l reconeix públicament com a l'arquitecte del temple. En l'article de març de 1890 es publica el breu text titulat "*El Templo de la Sagrada Familia*", on es demana almoïna per continuar les obres. És en la darrera frase de l'article que hi trobem:

*"El arquitecto está ultimando los planos, para continuar cuanto antes las obras con mayor impulso".*

En aquest moment Gaudí està preparant el projecte d'un nou temple, que ja no té res a veure amb l'escala de l'anterior.

#### 2.3.4. Primera planta monumental

La nova concepció del temple que prepara Gaudí ja no es limita només a una típica església de creu llatina. N'augmenta l'escala i projecta una cos principal de cinc naus amb un transsepte de tres, i una façana monumental a cada extrem, dedicades al Naixement –transsepte de llevant–, a la Passió –transsepte de ponent– i a la Glòria, situada als peus de la nau principal. Per unir les tres façanes situa un claustre perimetral, que rodeja la nau i l'aïlla de l'entorn, amb una construcció a cada cantonada que dedica a sagristies, baptisteri i capella.

El nou edifici es dota d'una gran càrrega simbòlica i també guanya en verticalitat. Cada façana conté quatre torres, d'uns 100 metres d'alt, que es dediquen als dotze apòstols. Al centre del creuer es projecta un gran cimbori, format per sis torres, encara més altes que les anteriors, dedicades a la Verge –sobre l'absis–, als quatre Evangelistes –un a cada cantonada del creuer–, i la gran torre central de Jesucrist, que havia de tenir

21 A causa de la poca documentació original existent, la datació de les obres gaudinianes és complexa. La diferència de criteris, entre considerar el temps d'elaboració del projecte, la data d'aprovació de l'ajuntament o el temps d'execució de les obres (administrativa o real), fa que es trobin variants en les diverses bibliografies de l'arquitecte. En aquesta tesi s'ha elaborat un diagrama amb la datació de les obres, basada en la bibliografia més fiable i s'ha tingut en compte des de l'inici del projecte fins al final real de les obres (o en el seu cas, el moment en què les abandona Gaudí).

Per a la datació de les obres s'han consultat els següents llibres, tots ells de referència en el gaudinisme:

- Ràfols, Josep Francesc: *Gaudí*. Barcelona: Editorial Canosa, 1928 (català) i 1929 (castellà).
- Martinell i Brunet, Cèsar: *Gaudí, su teoría, su vida, su obra*. Barcelona: Colegio de Arquitectos de Cataluña y Baleares, 1967.
- Bergós i Massó, Joan: *Antoni Gaudí. L'home i l'obra*. Barcelona: Ariel, 1954.
- Bassegoda i Nonell, Juan. *El Gran Gaudí*. Sabadell: AUSA, 1989

150 metres d'alçada<sup>22</sup>.

La definició del nou projecte monumental, que dividia l'edifici en diverses zones, no havia de ser una tasca fàcil i va tenir molts anys ocupat a Gaudí. L'arquitecte el va realitzar mentre es construïa la part exterior de l'absis –segons la planta de 1885 i la cripta– i s'iniciava el transepte de llevant (banda del Naixement), que ja seguia el nou planejament.

Podem considerar que Gaudí va deixar enllestida la definició bàsica de les diverses zones de la planta monumental cap al voltant del 1898, l'any que reprèn la seva obra civil amb la casa Calvet.

### 2.3.5. Evolució de l'obra civil de Gaudí: del món acadèmic a les experimentacions personals

Després del gran parèntesi en la seva obra civil, que Gaudí dedica a elaborar el gran canvi de plantejament i escala del temple, l'arquitecte, que llavors tenia 46 anys, reprèn la seva activitat amb dues obres que segueixen línies ben diferents: la casa Calvet i el projecte de l'església de la Colònia Güell.

Per una banda, la casa Calvet suposa la continuïtat amb l'obra prèvia de Gaudí. Des dels inicis de la seva carrera professional, l'arquitecte adopta l'ús dels estils històrics, dins del corrent eclèctic que predominava en l'època, tot i que amb una aplicació molt personal.

En els seus primers treballs trobem edificis basats en la lliure interpretació dels estils històrics, com les cases Vicens (1878-1888) i "El Capricho" (1883-1885), que ens recorden un cert aire oriental, o les següents obres on l'arquitecte s'inspiraria en el gòtic, entre les que podem destacar el Palau Güell (1885-1890), el palau episcopal d'Astorga (1887-1893), el col·legi de les Teresianes (1888-1890) i la casa Fernández y Andrés de León (1891-1892).

Després d'aquesta obra vindria la casa Calvet (1898-1900), inspirada en l'estil barroc i, per últim, Bellesguard (1901-1902), que tancaria l'època de l'obra gaudiniana inspirada en els estils històrics.

Per l'altra banda, després del parèntesi que l'arquitecte dedica al planejament monumental del temple, trobem el projecte de l'església de la Colònia Güell (1898-1914), que pren un rumb molt diferent a les obres anteriors i serà de gran influència en les versions posteriors de la Sagrada Família.

Gaudí rep l'encàrrec del comte Güell el mateix any que la casa Calvet, però a diferència d'aquesta, no l'executa directament i dedica deu anys al seu projecte. Per l'arquitecte, aquesta obra era molt més que una simple església d'una colònia obrera, i de la mà de Güell, que no li va imposar cap limitació pressupostària, va ser un autèntic banc d'experiments per assajar noves formes i tipologies estructurals que serien de rellevància en la seva obra posterior. Les obres començaren el 1908 i la part construïda ja no recorda cap estil històric. Per tant, podem considerar que des d'un punt de vista formal aquesta obra reprèn la tendència que Gaudí havia iniciat en les fallides missions Catòliques de Tànger.

L'any 1900 –el mateix que Bellesguard– l'arquitecte rep un altre encàrrec d'Eusebi Güell, la construcció d'una urbanització a l'estil de les ciutat-jardí angleses, batejada amb el nom de Park Güell. En la urbanització del terreny encara hi trobem les dues tendències: d'una banda, el lligam amb els estils històrics, on l'arquitecte

22 La primera alçada de la creu es fixa en 150 metres. *El Propagador*. Febrer de 1914.



realitza una gran plaça porxada que s'inspira en un particular estil grec; de l'altra, trobem la progressió iniciada en l'edifici de Tànger i l'església de Güell, amb una enginyosa xarxa de viaductes —on la forma es deriva del càlcul estructural— i dos edificis d'accés amb una coberta d'aire fantàstic, que res tenen a veure amb els estils precedents. Aquesta darrera serà la línia que seguirà Gaudí d'ara endavant en les seves obres.

L'any 1904 Gaudí rep un encàrrec força diferent: la remodelació de la Seu de Mallorca, que consistia en reordenar l'espai litúrgic. Per a les obres del temple de la Sagrada Família la influència d'aquesta obra no radica en les solucions formals, sinó en l'interès que mostra l'arquitecte per estudiar l'estructura d'un edifici amb unes dimensions similars. De nou, com havia fet en l'església de la Colònia Güell, Gaudí aprofita un encàrrec extern per estudiar solucions encaminades a ser aplicades a la seva obra magna, que estudiarem més endavant.

Des d'un punt de vista formal és en les seves darreres obres on trobem el canvi més notable. El mateix any que li encarreguen la reforma litúrgica de la Catedral de Mallorca, Gaudí accepta les obres de la casa Batlló (1904-1906) que consistien en la reforma i remunta d'una edificació existent al passeig de Gràcia. En aquesta obra l'arquitecte comença a aplicar unes formes naturalistes, basades en una geometria sense control, que potenciarà en la casa Milà (1906-1910), que és un gran edifici d'habitatges en xamfrà.

Tot i que aquestes obres segurament són les més característiques —i conegudes— de l'estètica gaudiniana, on aconsegueix un llenguatge de maduresa molt personal, que sorgeix després de trencar de forma definitiva amb els estils precedents, aquesta encara no serà d'aplicació directa per a la Sagrada Família.

Una petita mostra de les formes que Gaudí aplicarà en el Temple la trobem, precisament, en l'edifici provisional dedicat a acollir les escoles de la Sagrada Família, que l'arquitecte va projectar l'any 1909. En aquesta obra l'arquitecte "racionalitza", a través de la geometria reglada, les formes ondulades que havia aplicat en les seves obres anteriors. Amb aquesta operació, que l'arquitecte havia iniciat en l'església de la Colònia Güell, Gaudí crea un nou llenguatge que serà la base per a les noves versions del Temple.

## 2.4. La fi de l'obra civil de Gaudí

Com hem vist en l'apartat anterior, Gaudí va realitzar una obra extensa i amb un repertori estilístic molt variat, que parteix dels primers edificis de caire eclèctic —que seguien el corrent predominant de l'època en què era estudiant— fins a les seves obres més importants, en ple modernisme, on pretenia superar la submissió als estils històrics.

En aquest apartat veurem com, per diversos motius, el prestigi de Gaudí com a arquitecte civil disminueix i això provoca la reclusió en la seva obra magna.

### 2.4.1. L'aparició del Noucentisme

L'any 1906, mentre l'arquitecte està edificant dos dels seus edificis més coneguts al passeig de Gràcia —les cases Batlló i Milà— sorgeix un nou moviment cultural, el Noucentisme. El nou moviment, encapçalat per Eugeni d'Ors<sup>23</sup>, promulgava el retorn al classicisme, amb la imposició de la raó, l'ordre i la serenitat; per tant, negava el moviment anterior, el modernisme, que considerava formalment excessiu i massa carregat.

El nou moviment es consolida en els següents anys i la majoria dels arquitectes, entre els que podem citar Josep Puig i Cadafalch<sup>24</sup> o Josep Maria Jujol<sup>25</sup> —més joves que Gaudí— l'acaben acceptant.

Per contra, les figures que havien estat el màxim exponent del moviment anterior són l'objectiu de la crítica ferotge per part dels noucentistes i Gaudí, que llavors estava construint “l'estrambòtica” i incompresa casa Milà, rep fortes crítiques, que arriben a publicar-se en diaris satírics de l'època.

### 2.4.2. Desavinences amb la propietat en les darreres obres executades per Gaudí

La casa Milà va ser encarregada a Gaudí pel matrimoni format per Pere Milà i Roser Segimón. Milà era un gran admirador de l'arquitecte i va convèncer a la seva muller —que era de Reus, com Gaudí— perquè l'acceptés com a projectista del seu edifici d'habitatges.

Al principi el matrimoni no va imposar cap condició a Gaudí per a la realització del seu edifici, però a mida que avançaren les obres la relació es va anar deteriorant per diversos motius. El punt àlgid es va produir l'any 1909, coincidint amb la Setmana Tràgica<sup>26</sup>, quan la família Milà es va negar a col·locar el grup escultòric de la Verge que havia projectat l'arquitecte. Tot i que Gaudí va continuar amb la direcció de les obres, les relacions van empitjorar progressivament, fins que van acabar amb un litigi, on l'arquitecte demanava el cobrament

23 Eugeni d'Ors i Rovira (Barcelona, 1881 - Vilanova i la Geltrú, 1954). Escriptor i filòsof. Va ser secretari general de l'Institut d'Estudis Catalans, director de l'Escola de Bibliotecàries i màxim responsable d'Instrucció Pública de la Mancomunitat de Catalunya. Va escriure la secció Glosari del diari *La Veu de Catalunya*, on va posar en circulació el concepte Noucentisme.

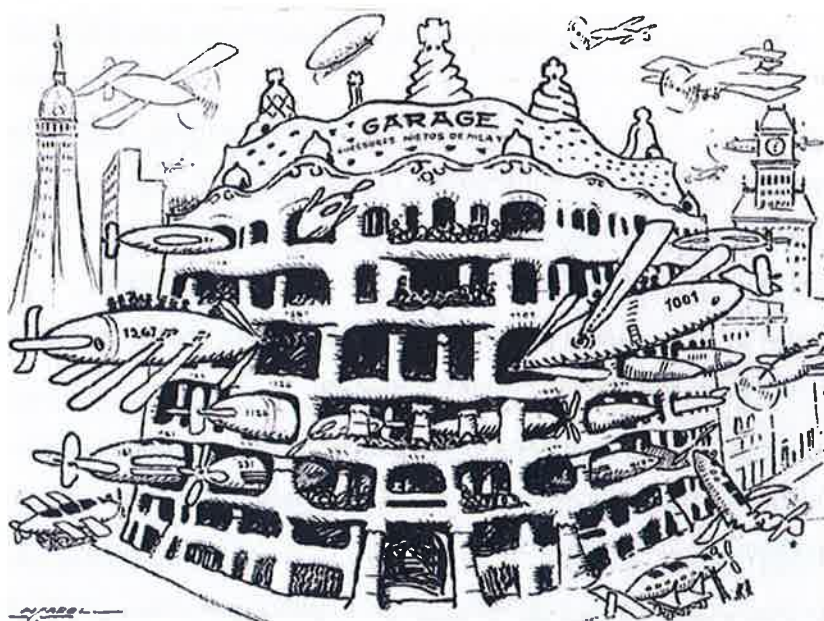
24 Josep Puig i Cadafalch (Mataró, 1867 - Barcelona, 1956). Arquitecte, historiador de l'art i polític.

25 Josep Maria Jujol i Gibert (Tarragona, 1879 - Barcelona, 1949). Arquitecte, va ser deixeble d'Antoni Gaudí, amb qui va col·laborar a les cases Batlló i Milà, el Park Güell, la reforma de la Catedral de Palma i a la Sagrada Família, on va policromar la maqueta de la façana del Naixement.

26 Es coneix com a Setmana Tràgica els esdeveniments succeïts a Barcelona i altres localitats catalanes, entre el 25 de juliol i el 2 d'agost del 1909, que varen consistir en l'assalt i incendis d'edificis religiosos.

dels seus honoraris. Gaudí va guanyar el judici l'any 1915 i Milà va haver d'hipotecar la seva casa per 21.000 duros<sup>27</sup> per satisfer els honoraris, que l'arquitecte va donar als jesuïtes.

La relació amb els Milà va acabar d'una forma molt desagradable, i amb la seva posició Gaudí segurament es va posar en contra a un sector de la burgesia, que durant molts anys li havia donat feina. Aquesta obra no va ser l'única que va acabar amb desavinences amb la propietat. La reforma litúrgica de la Seu Mallorquina, que s'estava executant al mateix temps, en va ser un altre exemple. Les obres, que s'havien iniciat l'any 1904, varen ser font de polèmica i, després d'un enfrontament amb el constructor, Gaudí les va abandonar l'any 1914<sup>28</sup>.



**Imatge 2.10.-** Caricatura de la casa Milà. Publicat al diari satíric "L'esquetlla de la torratxa" (1912)



**Imatge 2.11.-** Dibuix satíric de la casa Milà. (Anònim)



EN GAUDÍ A CAL BISBE

—No necessita una imatge pel cimbori de la Catedral?... Vegi si li fa pesa aquesta que estava destinada a có'n Milà... Li donaré baratejo...

**Imatge 2.12.-** Dibuix satíric. Gaudí i el grup escultòric de la verge del Roser. Publicat a la revista *L'esquetlla de la torratxa*, 17 de març de 1911.

27 Bassegoda i Nonell, Juan. *El Gran Gaudí*. Sabadell: Ed. AUSA, 1989. p 522

28 Op. cit. p 463

L'any 1914 seria també la fi d'un dels darrers projectes que l'arquitecte tenia en marxa, l'església de la Colònia Güell. L'esclat de la Primera Guerra Mundial va minvar les exportacions comercials i Güell, per prudència, va decidir aturar les obres quan només s'havia construït la cripta. L'any 1918, quan ja s'havia acabat la guerra, va morir el gran mecenes de Gaudí i els seus hereus van decidir no continuar-les.

Per tant, en base a aquesta successió de fets exposada, podem considerar que cap al voltant de l'any 1914 s'acaba l'activitat civil de Gaudí.

### 2.4.3. Solitud de Gaudí

Aquests anys no només van afectar l'arquitecte en el pla professional, sinó que també el van afectar en el terreny personal. Gaudí, que no s'havia casat, vivia amb el seu pare i la seva neboda: primer, en els diversos habitatges que havia ocupat al centre de la ciutat i, des del 1906, al seu nou habitatge del Park Güell. Aquell mateix any, al poc temps d'instal·lar-s'hi, moria Francesc Gaudí i Serra, pare de l'arquitecte, als 93 anys d'edat. Al cap de sis anys, el 1912, també moria la seva neboda, Rosa Egea Gaudí, als 36 anys, que havia estat al càrrec de l'arquitecte des que en tenia tres.

A partir d'aquell moment Gaudí es va quedar sol, i només comptava amb el suport d'alguns amics, com Llorenç Matamala<sup>29</sup>, que el va acompanyar molts anys en el seu habitatge del Park Güell. Gaudí va continuar residint-hi fins el 1925, moment en què es va traslladar a les oficines del Temple de forma permanent.

## 2.5. La reclusió al Temple i la nova arquitectura

Amb la fi de l'obra civil i la mort de la seva família, a partir de l'any 1914 Gaudí es reclou en la seva única obra activa, el Temple Expiatori de la Sagrada Família. L'evolució de l'obra en aquell moment, però, no era gaire millor que la situació dels encàrrecs civils.

### 2.5.1. La situació econòmica de les obres del Temple

El Temple Expiatori, construït gràcies a les almoines, ja havia patit dificultats econòmiques des de l'inici, amb la compra del solar. Després d'un començament modest, quan ja s'havia construït la cripta i s'estava aixecant l'absis –no sense alguna dificultat–, un donatiu anònim de 575.000 pessetes realitzat l'any 1898 va donar un nou impuls a l'obra<sup>30</sup>. El donatiu va fer possible concloure el parament de l'absis i iniciar la façana del Naixement, però el 1901 ja apareixen a *El Propagador* les primeres notícies que avisaven de la nova davallada de les almoines.

<sup>29</sup> Llorenç Matamala i Piñol (Gràcia, 1852 - Barcelona, 1925). Amic de joventut i col·laborador d'Antoni Gaudí, va ser el cap d'escultors de la Sagrada Família. Matamala, que estava casat i tenia fills, va demostrar la seva amistat incondicional a l'arquitecte a l'abandonar la seva família durant moltes nits per acompanyar Gaudí a la seva casa del Park Güell, en l'època que aquest estava sol.

<sup>30</sup> El donatiu es va fer entre els anys 1891 i 1898, fins a sumar la quantitat de 575.000 pessetes.

*El Propagador de la Devoción a San José*, juny de 1898, p. 285-288.

La baixada d'ingressos va ser constant. Davant d'això, el 1905 Joan Maragall<sup>31</sup>, un dels principals defensors del Temple, va publicar a *Diario de Barcelona* l'article "Una gracia de caridad"<sup>32</sup>, on alerta que s'estan acabant els recursos econòmics del Temple i fa una crida als donatius perquè no es paralitzin les obres.

La crida va fer efecte, però al cap de poc temps la situació econòmica del Temple va empitjorar. El 1913, un any abans que Gaudí s'hi dedicés de forma exclusiva, les obres patien un dèficit de 4.000 duros<sup>33</sup> i amenaçaven de fer fallida<sup>34</sup>.

L'arquitecte, que ja havia renunciat a cobrar el seu sou<sup>35</sup>, es va implicar més que mai en les obres. Quan l'associació josefina va considerar prudent aturar-les –justament l'any 1914– Gaudí es va negar a comunicar-ho als treballadors i va sortir a demanar almoïna. La campanya, que després van secundar el tresorer, el senyor Dalmases, i finalment entitats, corporacions i premsa de tota Espanya, va durar un any i aconseguí recollir una quantitat suficient per continuar els treballs<sup>36</sup>.

És en aquests moments difícils quan Gaudí reprèn el seu gran projecte, però a les adversitats econòmiques va haver de sumar-hi un altre pèrdua. Aquell mateix any va morir Francesc Berenguer<sup>37</sup>, el seu col·laborador més fidel, a qui Gaudí considerava la seva mà dreta. Berenguer havia col·laborat amb el seu mestre en la majoria d'obres, però especialment en la Sagrada Família.

31 Joan Maragall i Gorina (Barcelona, 1860-1911). Poeta i escriptor català, va ser una figura cabdal dins de la poesia modernista.

32 L'article va ser publicat per primera vegada a *Diario de Barcelona*, el 7 de novembre de 1905, i es va transcriure a *El Propagador* (p. 340-342) el novembre del mateix any.

33 Aquesta xifra apareix a *El Propagador* de novembre de 1913 (p. 337-339) on assenyala que el propi Gaudí va anunciar la quantitat del deute en el discurs pronunciat amb motiu del Congrés d'Art Cristià.

34 Aquesta afirmació apareix en negreta en l'editorial de *El Propagador* del mes de desembre de 1913 (p. 369-370).

".. a pesar de la generosidad y devoción de los josefinos, la realidad es que el Templo de la Sagrada Familia está en quiebra: Debe y no puede pagar."

35 El fet que Gaudí renunciés al seu sou confirma que va ocupar el càrrec d'arquitecte de forma remunerada, a diferència de Villar, que mai va cobrar pels seus serveis.

Aquesta informació és fiable i es va publicar en vida de Gaudí. A continuació es transcriu un fragment del text:

"¿Cómo hemos de ponderar los recursos inverosímiles de nuestro eximio arquitecto Sr. Gaudí, si todos los conocemos? Qué empeño tan grande no ha de poner a la obra, cuando no solamente pone en ella su inteligencia y amor, su alma toda, sino que le consagra su propia vida y gloria y no quiere honorario alguno renunciando a toda retribución mientras la obra esté en deudas?... ¡Pero, aun hace más! ¿Es posible? Sí, hace más: va de puerta en puerta mendigando. Tiende su mano de artista genial pidiendo una limosna para la obra del gran Templo que iniciaron unos, él continua y terminarán allá en las lejanías de los siglos las generaciones futuras."

Paràgraf extret de l'article "Hecha la suma, no lo entiendo", publicat a *El Propagador de la Devoción a San José*. Febrer de 1916 (p. 38-42).

36 El relat d'aquests fets es va publicar després de la mort de Gaudí a *El Propagador* d'abril de 1935. (p. 99-101).

Es cita la mateixa informació en vida de l'arquitecte, exceptuant la negativa de Gaudí a comunicar l'aturada de les obres, a *El Propagador* de febrer de 1916 (p. 38-42).

37 Francesc d'Assís Berenguer i Mestres (Reus, 1866 - Barcelona, 1914). Tot i que va iniciar els estudis d'arquitectura, mai va acabar la carrera. El pare de Berenguer havia estat mestre de Gaudí a l'escola de Reus i arran d'aquesta coneixença, l'arquitecte li va oferir feina com a ajudant seu quan es va traslladar a Barcelona l'any 1887.

### 2.5.2. El treball en les noves versions del Temple

La reclusió de Gaudí al temple no s'ha d'entendre com una retirada triomfant de la seva activitat professional, que li permetia a l'arquitecte continuar executant la seva obra magna. Com hem vist, les dificultats econòmiques eren extremes, les obres pràcticament estaven aturades i es limitaven a una construcció molt lenta de les torres del Naixement.

Arran d'aquestes circumstàncies s'ha d'entendre que Gaudí ja no buscava un reconeixement exterior sinó la persecució del seu projecte ideal, tot i que sabia que no el veuria construït mai.

Tal i com es desprèn de les seves paraules, de les adversitats en va fer virtut i es va concentrar a definir i millorar el seu edifici:

*“A la Sagrada Família tot és providencial. [...] La misèria present també és providencial. D'aquesta manera ho puc estudiar tot jo mateix [...] si hi hagués molts diners m'ocuparia les hores l'organització del treball; en canvi, anant a poc a poc, podem pensar solucions per a cada cas, sense caure en repeticions industrials. La lentitud forçosa que han de portar les obres és aprofitada perquè aquestes tinguin un ritme creixent de perfecció, puix que àdhuc els casos que permetien ésser repetits, ara, amb abundor de temps, poden tornar-se a estudiar per tal de millorar-ne els resultats. Reconec que el que dic és una visió optimista dels fets, però sense optimisme no es realitzen obres d'importància.”<sup>38</sup>*

L'arquitecte, que llavors passava de la seixantena, dirigia la construcció des del seu taller i delegava les visites d'obra en els seus ajudants<sup>39</sup>. Ell es concentrava en la definició del projecte, on aplicava tota l'experiència que havia adquirit en la seva darrera etapa professional i ho plasmava en plànols, però sobre tot, maquetes de guix, a escala 1/10 per als elements de detall i 1/25 per al conjunt.

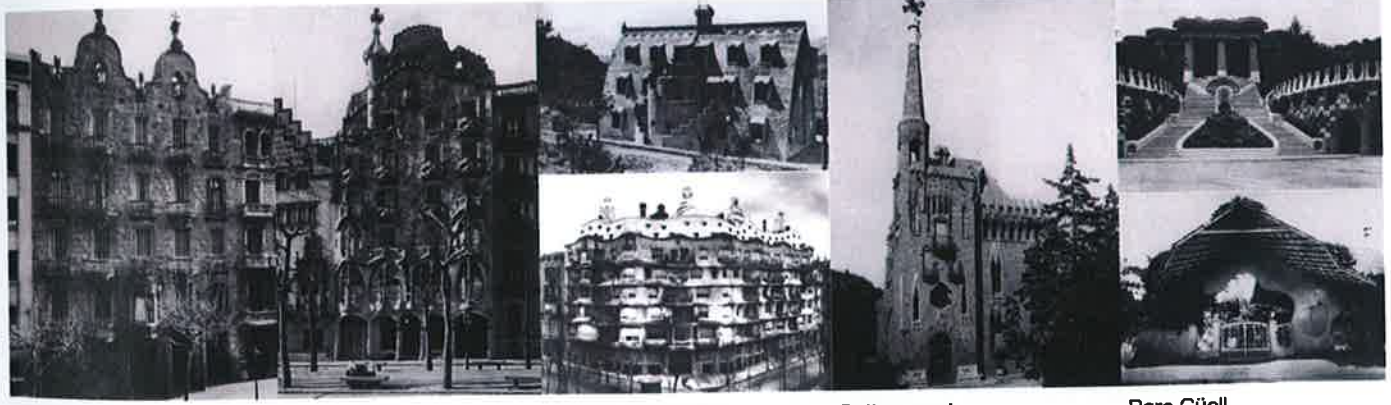
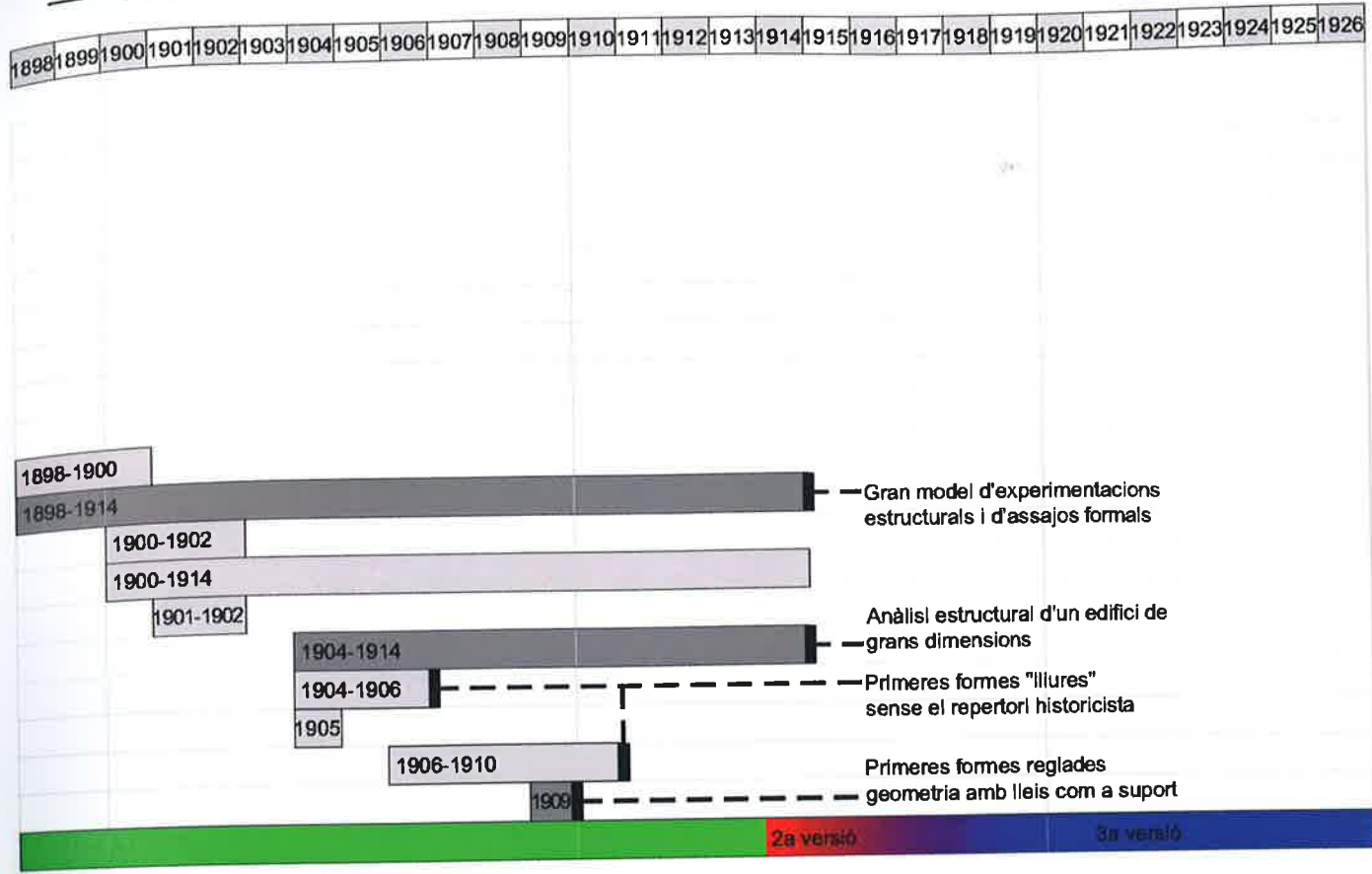
Gaudí va treballar-hi fins el 1926, any de la seva mort, i en aquests dotze anys va realitzar dues versions més de les naus del temple.

<sup>38</sup> Paraules de Gaudí recollides per Cèsar Martinell el dia 19 de desembre de 1915.

Martinell i Brunet, Cèsar: *Gaudí i la Sagrada Família comentada per ell mateix*. Barcelona. Ed. Aymà, 1951. p.113

<sup>39</sup> En aquells moments els col·laboradors principals de Gaudí eren els arquitectes Domènec Sugrañes i Francesc de P. Quintana.





Casa Calvet

Casa Batlló

Xalet de Catllaràs  
Casa Milà

Bellesguard

Parc Güell  
Finca Miralles



Catedral de Mallorca (reforma)

Església de la Colònia Güell

Escoles provisionals de la S.F.





**3. LA REALITZACIÓ  
DEL PROJECTE DE  
LA NAU PRINCIPAL**



En aquest capítol s'explica de quina forma Gaudí va realitzar el projecte de la nau principal, com a part del temple. Com s'ha explicat en el capítol anterior, ell no en va ser el primer arquitecte, sinó que va seguir les obres iniciades per un altre tècnic.

Ben aviat Gaudí realitza canvis en el projecte original, però aquests no només afecten la forma final, sinó també el procés de definir-los, que és molt diferent del mètode emprat per Villar.

El primer arquitecte es va prendre l'encàrrec com una obra oficial i, després d'unes propostes prèvies, va elaborar un projecte acadèmic "definitiu", que s'havia d'executar sense cap tipus de canvi. Precisament va ser la negativa de Villar a acceptar variacions —imposades per l'associació— el que va acabar amb la seva renúncia.

El cas de Gaudí és molt diferent i en la majoria de les seves obres trobem variacions molt significatives entre el projecte i el resultat construït. En el cas del temple aquest procés s'accentua fins arribar al que podem considerar una forma "medieval" de projectar. Gaudí no elabora un projecte definitiu de conjunt abans de construir, sinó que es limita a definir una planta reguladora sobre la que posteriorment definirà en detall la resta dels elements que componen l'edifici.

Aquest procés té una altra similitud amb el procés "medieval": el temps. El nou arquitecte no defineix tot el conjunt en un període breu, sinó que la tasca es prolonga durant la resta de la seva vida —o més enllà<sup>1</sup>— i les seves vivències afecten de forma directa el projecte.

A continuació es descriuen les diferents fases del projecte fent incís en els referents i l'evolució de la pròpia obra, que també va influir en el resultat final.

---

<sup>1</sup> Quan Gaudí varia l'escala del projecte ja és conscient que no el veurà construït. Així ho va expressar en les seves pròpies paraules: "No és de doldre que jo no pugui acabar el Temple; jo em faré vell i hi hauran d'anar d'altres a renovar-se; així serà, àdhuc, més grandios." Puig Boada, Isidre: *El pensament de Gaudí*. Barcelona. Publicacions del Col·legi d'arquitectes de Catalunya, 1981. p. 192.

### 3.1. El primer projecte de Gaudí. La planta compacta

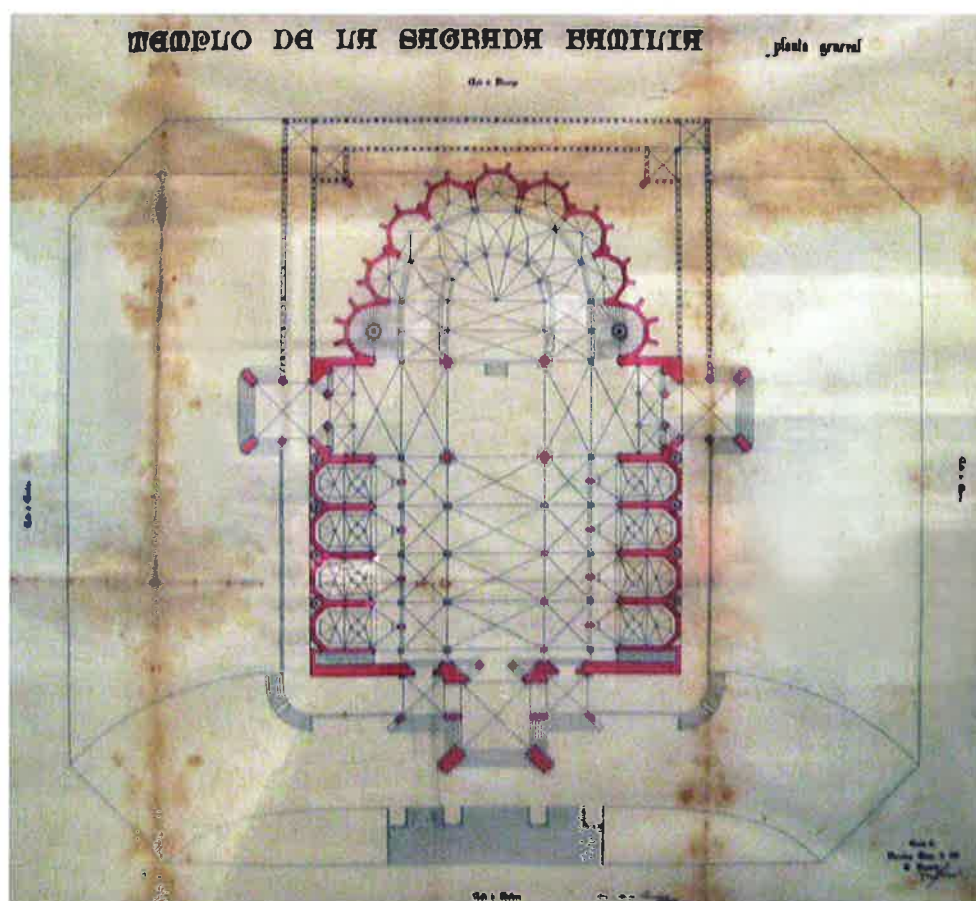
La primera proposta de Gaudí (1885) planteja una certa continuïtat amb el projecte de Villar, tot i que hi introdueix algunes novetats (*imatge 3.1*).

El nou arquitecte varia l'amplitud de les naus i en canvia el nombre en el cos principal, que passa de tres a cinc. En aquest primer projecte manté l'estructura amb contraforts –que augmenten considerablement de dimensió–, però Gaudí, a diferència de Villar, té una intenció clara de dissimular-los, i els absorbeix entre les profundes capelles de la nau lateral. La solució d'amagar els contraforts entre les capelles és típica del gòtic català i espanyol i podem trobar-la, entre d'altres, en l'església de Betlem i la catedral de Segòvia.

Aquest projecte manté la idea de transepte curt d'una nau d'amplada, que ara s'allarga el mínim necessari –en comparació amb el projecte de Villar– per tal alinear-lo amb la nova amplada del cos principal.

En la zona de l'absis, Gaudí manté les traces del projecte inicial –pràcticament invariables en planta perquè s'assentava sobre la cripta en construcció– però canvia les dues capelles extremes per unes escales i, per tant, redueix el nombre de capelles de nou a set.<sup>2</sup>

Precisament és en la zona de la capçalera on trobem una de les novetats més singulars. El nou arquitecte situa un claustre de tres costats, en forma de U, que uneix les dues façanes del transepte. El claustre s'alinea amb el límit del solar i conté un petit edicle a cada cantonada, que veurem desenvolupats en les següents propostes.



**Imatge 3.1.-** Primera planta del Temple de Gaudí (1885)

<sup>2</sup> En el capítol anterior ja hem fet referència a aquest canvi, que es publica a *El Propagador* sense esmentar de forma expressa que és obra de Gaudí, que en aquell moment ja estava variant el projecte de Villar.

Tot i que del projecte només se'n conserva la planta, aquesta ens dóna alguns indicis de com Gaudí havia plantejat l'exterior. En aquesta nova proposta, el nou arquitecte no es limita només a mantenir la idea de les tres façanes ben resoltes –iniciada per Villar– sinó que a més les emfatitza amb la col·locació d'una gran torre<sup>3-4</sup> a sobre de cadascuna, solució que abans només succeïa en l'accés principal.

En el creuer hi trobem quatre grans columnes –descomunals en comparació amb els suports de les naus–, fet que fa suposar que Gaudí, com a mínim, mantenia un cimbori similar al de Villar. Per tant podem establir –a través de les dades recollides de les torres i el cimbori– que es reforça la idea de verticalitat que ja tenia el temple inicial.

Gaudí desenvolupa tota aquesta solució en llenguatge neogòtic, tal i com ens mostren les projeccions en planta de les voltes, estil amb el qual construirà tota la capçalera de l'absis.

Al cap de pocs anys de plantejar aquest projecte, Gaudí el desestima per fer-ne un de nou.

### 3.2. Estudi i desenvolupament del Temple. L'edifici generat per zones

Quan Gaudí interromp la seva activitat civil per concentrar-se en el projecte de les naus<sup>5</sup>, realitza un canvi de concepció i escala respecte el seu projecte previ.

Podem considerar que el projecte primerenc era una transició entre el definit per Villar i l'autèntic ideari de Gaudí, que havia deixat escrit en una obra de joventut: el manuscrit de Reus, on, entre d'altres aspectes, havia expressat les característiques que havia de complir un temple. Ara, que començava a tenir notorietat professional, havia arribat el moment de posar-les en pràctica.

L'arquitecte es dedica a materialitzar les principals idees en el nou planejament –que ara aspira a ser més que una gran església de creu llatina– i porta al límit alguns aspectes que ja havia introduït Villar i que Gaudí havia potenciat en la seva primera planta. El conjunt resultant té una forta càrrega simbòlica i passa a ser un gran edifici format per diverses zones, on destaquen les tres façanes monumentals i un gran cimbori central, que guanya en verticalitat i s'aproxima cap al cel.

#### 3.2.1. Referents

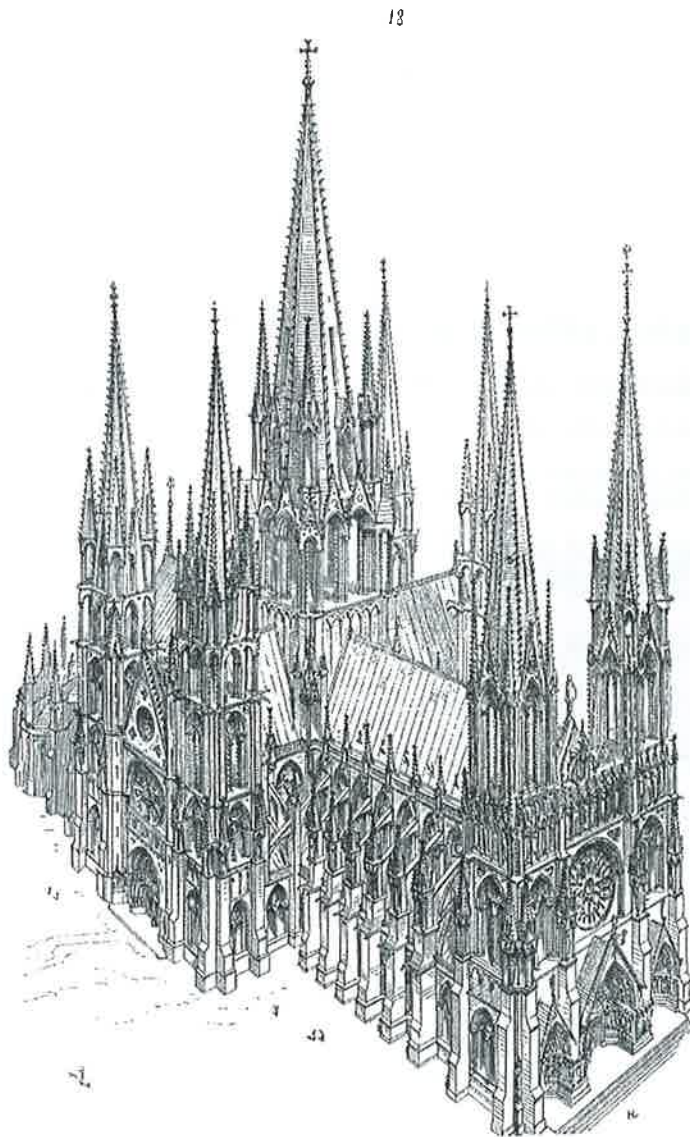
Les fonts escrites no ens han deixat constància de quin va ser el model exacte que va inspirar Gaudí per al nou plantejament del Temple, però sí alguns indicis que ens poden guiar.

3 Jos Tomlow dedueix, a través de l'estudi de les plantes, que la torre central podria tenir una alçada d'uns 100 metres, mentre que les laterals en tindrien uns 80. Aquestes dimensions serien similars a les plantejades per Villar. Tomlow, Joss. *El primer projecte de Gaudí para la Sagrada Família en Marzo de 1885*. Publicacions de la Reial Càtedra Gaudí. Barcelona. Abril de 2000.

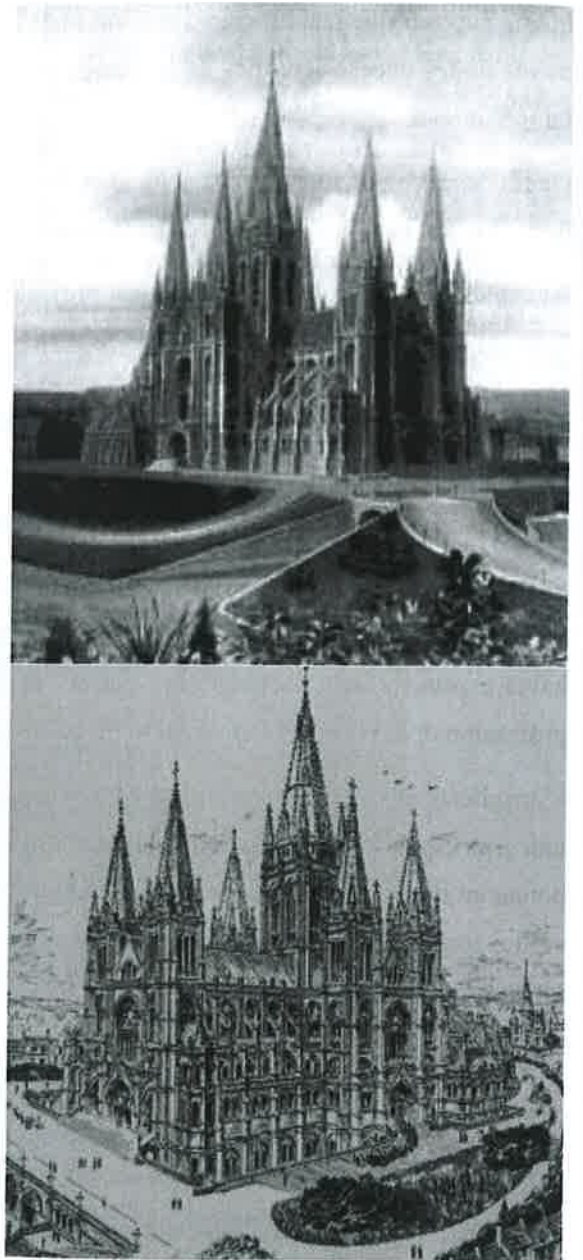
4 Villar no és l'únic a col·locar una torre a sobre de la façana d'ingrés, que és típica del gòtic centreuropeu. Gaudí ja estava familiaritzat amb aquesta solució a través de les seves col·laboracions amb Martorell, que n'havia projectat una per a la façana de Sant Francesc de Sales.

5 Ens referim a l'aturada de la seva activitat professional que realitza entre les obres de les missions catòliques d'Àfrica i la casa Calvet (1894-1898), que ja hem comentat en el capítol anterior.

Gaudí era un gran admirador de l'obra escrita de Viollet-le-Duc<sup>6</sup>, i es té constància que en la seva època d'estudiant havia consultat assíduament els *Entretiens sur l'architecture* i el *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle*<sup>7</sup>. En aquest diccionari trobem una làmina on el tractadista ens mostra la perspectiva de la seva catedral ideal<sup>8</sup> i la imatge mostrada no podia coincidir més amb l'ideari de Gaudí (imatge 3.2).



**Imatge 3.2.-** Catedral ideal segons Viollet le Duc, amb tres façanes i un gran cimbori.



**Imatge 3.3.-** Dues vistes de la basílica de Koekelberg (1905), que s'inspira en el tractat de Viollet.

6 Eugenne-Emmanuel Viollet-le-Duc (París, 1814 - Lausanne, 1879) va ser un arquitecte i teòric francès, conegut principalment pels seus llibres sobre arquitectura i restauracions monumentals. Els seus tractats van tenir molta influència en les generacions posteriors.

7 En el manuscrit de Reus Gaudí cita el llibre de Viollet-le-Duc, on explica que els temples han de tenir forma piramidal. També se'n té constància a través del llibre de Puig Boada sobre la Sagrada Família, on comenta que Gaudí va consultar el *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle* (1854-68). En el llibre es cita que els hi prestava el seu company mataroní Emili Cabanyes.

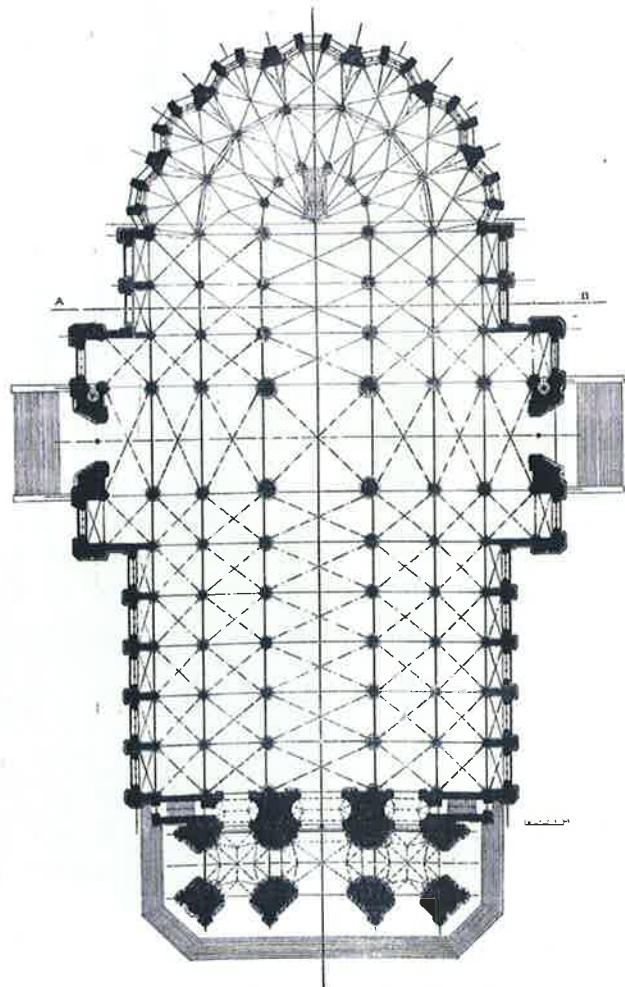
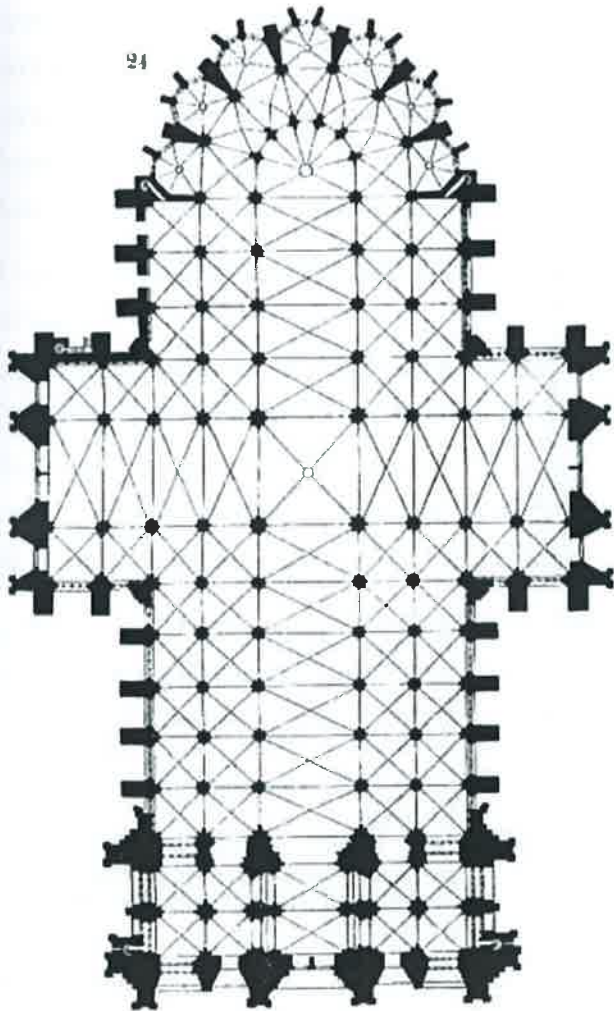
Puig Boada, Isidre. *El Temple Expiatori de la Sagrada Família*. Barcelona, Ed. Barcino, 1929. p. 191.

8 Viollet-le-Duc. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle*. París. Librairies - Imprimeries Réunies. Vol. 2 p. 324.

Els extrems del transsepte deixen de ser uns testers decorats amb portes auxiliars i passen a convertir-se en unes imponents façanes, quasi tan importants com la principal, flanquejades –totes elles– amb uns imponents campanars. Els campanars de les façanes, però, no són l'element més alt del Temple, com era habitual, i la verticalitat del conjunt s'assoleix amb un gran cimbori, format per una gran torre –centrada amb el creuer– que es rodeja de quatre agulles.

Segurament, Gaudí va trobar la referència en aquesta obra, però també necessitava una gran planta en consonància amb la monumentalitat de la perspectiva mostrada. En el mateix tractat trobem plantes de grans catedrals, com la de Beauvais<sup>9</sup>, però segurament va ser la de Colònia<sup>10</sup> (imatge 3.4) la que va servir-li d'inspiració. Gaudí era un entusiasta declarat de la seu alemanya –fins al punt de considerar-la com la millor de les catedrals gòtiques– i anys més tard la va fer servir de referent per a les seves argumentacions estructurals<sup>11</sup>.

No hem d'entendre aquests possibles referents com una cosa aïllada, o poc possible, perquè en aquell moment l'obra de Viollet tenia una gran difusió. La majoria de les construccions neogòtiques es basaven en les teories del tractadista francès i a Europa trobem obres inspirades directament en aquests models, entre les que podem



**Imatge 3.4.-** Planta de la catedral de Colònia. Cos principal amb tres naus, transsepte de tres, i absis amb set capelles.

**Imatge 3.5.-** Planta de la nova catedral de Vitória (1907)

9 *Op. cit.* Vol 2. p. 334.

10 *Op. cit.* Vol 2. p. 338.

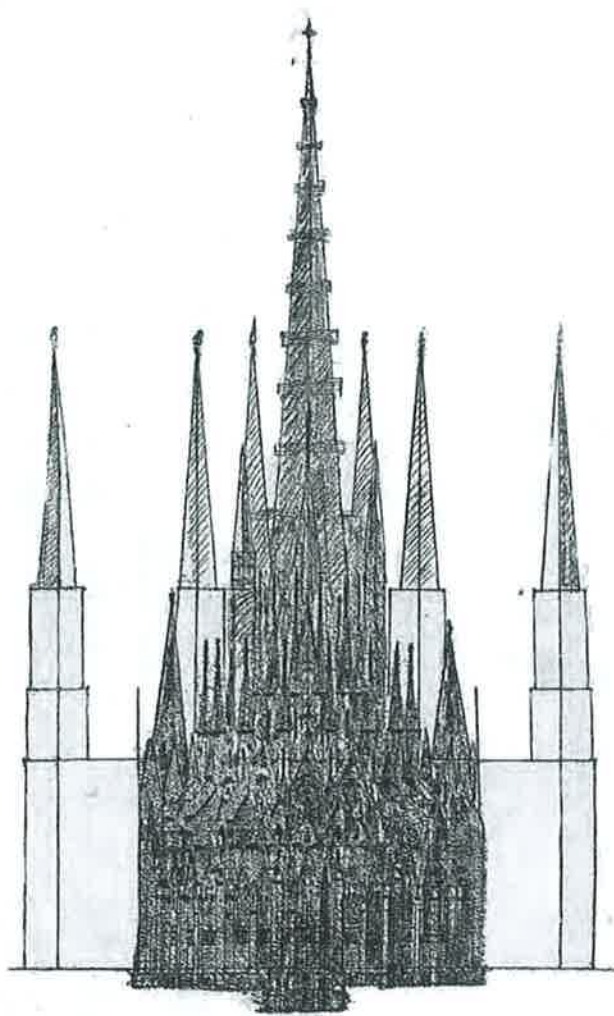
11 Anys més tard, el col·laborador de Gaudí, Domènec Sugrañes, va escriure una conferència on exposava les bondats del nou sistema estructural ideat pel mestre. En la introducció posava exemples de les construccions anteriors i va triar la catedral de Colònia com a exponent del gòtic.



citar el projecte de la basílica neogòtica de Koekelberg<sup>12</sup> (Brussel·les, 1905) (*imatge 3.3*) –no realitzada segons el projecte original– o la nova catedral de Vitòria<sup>13</sup> (1907), aquesta darrera amb una planta de les naus molt semblant a la de Gaudí (*imatge 3.5*). Sense anar més lluny, algunes de les definicions més característiques del projecte de Villar –tres façanes, grans torres i cimbori– coincideixen plenament amb la proposta de Viollet i són precisament les que Gaudí conservarà en les seves modificacions successives.

La definició del nou planejament del Temple no consistirà només en una planta de creu llatina amb un alçat monumental –com el de Viollet– sinó que es complementa amb un programa més extens i hi afegirà, entre altres, les innovacions que Gaudí va introduir a la planta de 1885, com el claustre processional al voltant de l'absis.<sup>14</sup>

Gaudí recull totes aquestes influències i comença a realitzar el nou conjunt monumental a partir de 1890. L'arquitecte hi va treballar 36 anys més, fins a la seva mort, i durant aquest temps va realitzar tres versions més del temple.



**Imatge 3.6.-** Primer dibuix de conjunt de Gaudí. Alçat de l'absis (1890). Inclou la silueta del primer conjunt monumental, amb tres portalades i un gran cimbori.

12 Es conserven unes perspectives exteriors del primer projecte de la basílica (1905-1970), que eren una còpia quasi literal de la catedral ideal de Viollet-le-Duc. Finalment es va construir en estil Art Déco.

13 Les obres de la catedral de Maria Immaculada de Vitòria (1907-1969), popularment coneguda com la catedral nova, es van aturar l'any 1914 i no es van reprendre fins el 1946. El projecte original era molt més monumental que l'executat i exteriorment s'assimilava al temple ideal de Viollet, però amb un cimbori més baix que la façana.

14 Gaudí va situar un claustre al voltant de l'absis aplicant directament els postulats del seu manuscrit de Reus: "*Un claustro (procesional) que esté alrededor del ábside da gran aislamiento al santuario, veneración y conveniencia a los usos de culto*".

El text del manuscrit es troba transcrit íntegrament al llibre: Bassegoda Nonell, Juan. *El Gran Gaudí*. Sabadell. Ed. AUSA, 1989. p. 78.

### 3.2.2. La primera versió

#### *Situació cronològica*

Les fons documentals originals—entre les que podem citar *El Propagador*— indiquen que la planta monumental es va establir l'any 1890. Aquesta data queda ratificada per Puig Boada<sup>15</sup>, que explica que Gaudí, a petició de Bocabella, va mostrar a la Junta Constructora el nou pla monumental l'any 1891, acompanyat de l'alçat l'absis, dibuix on ja s'aprecia el cimbori i les tres portalades monumentals amb quatre torres.

L'evolució de l'obra també ens confirma aquesta data, i l'any 1894 es defineix amb tot detall la façana del Naixement, que es situa a l'extrem del transsepte de llevant, alhora que se'n comencen els fonaments. La dimensió del transsepte, així com el plantejament de la façana, havien variat des de la planta primerenca de Gaudí (1885) i només es podien construir amb el nou pla monumental.

#### *Descripció del conjunt*

Les traces generals que Gaudí estableix pel pla monumental de la primera versió resulten pràcticament invariables durant l'evolució del projecte. L'arquitecte, al llarg de la seva vida, estudia canvis en l'edifici, però aquests sols afecten parts concretes del conjunt, i tot i que determinen el resultat formal de la planta no varien la disposició dels elements dins del planejament. Per tant, procedim a descriure el pla regulador de la primera versió (*imatge 3.7*)—que en línies generals serà el mateix per a la resta— i en les següents versions ens dedicarem a explicar les variacions entre elles.

El centre del conjunt està format per una planta basilical de creu llatina, que és l'evolució del projecte previ de Gaudí.

L'arquitecte manté les cinc naus del cos principal, però augmenta l'amplada de l'espai interior en unificar l'amplada de les naus laterals—on les extremes eren molt més estretes que les interiors— i elimina les profundes capelles laterals i els contraforts que aquestes amagaven. Gaudí manté la idea de transsepte curt, però també en varia l'amplada, i passa d'una nau a tres. Les dimensions de les naus són: nau i absis, 87,5m; creuer, 60; ample de la nau central, 15; laterals 7,5, en total 45m; amplada del creuer, 30m.

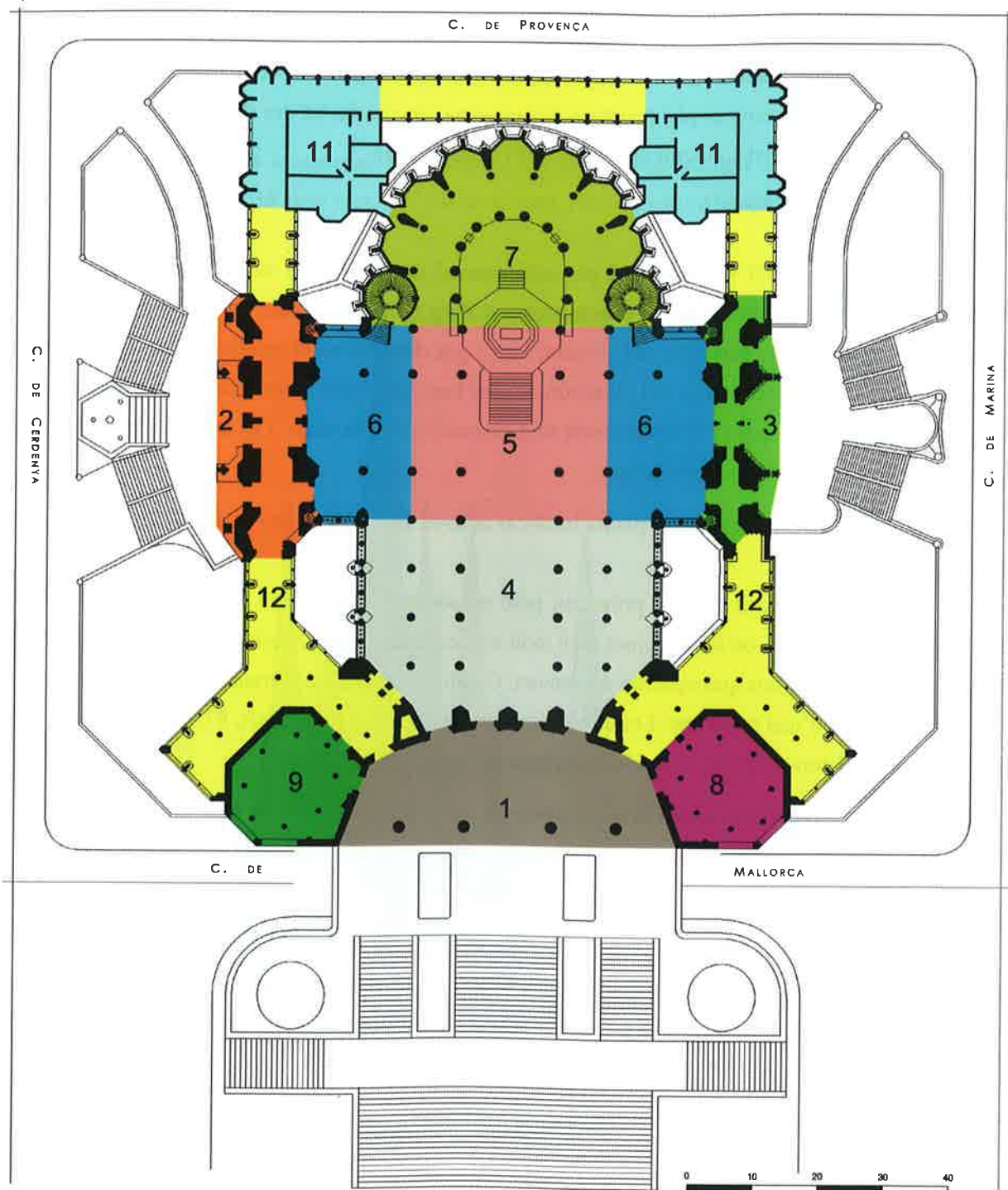
L'absis és la part que menys varia—ja que venia condicionat per la traça de Villar i la part d'obra executada amb la planta prèvia de Gaudí— i manté la seva forma lobulada amb set capelles i dos cossos d'escapes circulars—un a cada banda— amb el deambulatori a l'entorn del presbiteri.

Com en l'exemple de Viollet, Gaudí situa una gran portalada en l'extrem de cada nau. En el transsepte de llevant hi ha la façana dedicada al Naixement i la infantesa de Jesús, la de ponent es consagra a la seva Passió i mort i, per últim, la gran façana de la nau principal—a migjorn— la dedica a la Glòria i és un gran judici final.

<sup>15</sup> Puig Boada, Isidre. *El Temple Expiatori de la Sagrada Família*. Barcelona. Ed. Nou Art Thor, 1986. p. 156. En el peu de pàgina fa referència a *El Propagador* de l'any 1890 on apareix el següent comentari: "El arquitecto está ultimando los planos".

Cada façana té quatre campanars, d'uns 100 metres d'alçada, que en total sumen dotze i es dediquen als apòstols.

El programa simbòlic es completa amb els cimboris, formats per sis torres: la central, que es situa sobre el creuer, és la més alta, amb 150 metres<sup>16</sup> i es dedica a Jesucrist, i al seu voltant en situa quatre més –com Viollet– que es dediquen als evangelistes. En l'última, sobre l'absis, hi situa la torre dedicada a la mare de Déu (*imatge 3.8*).



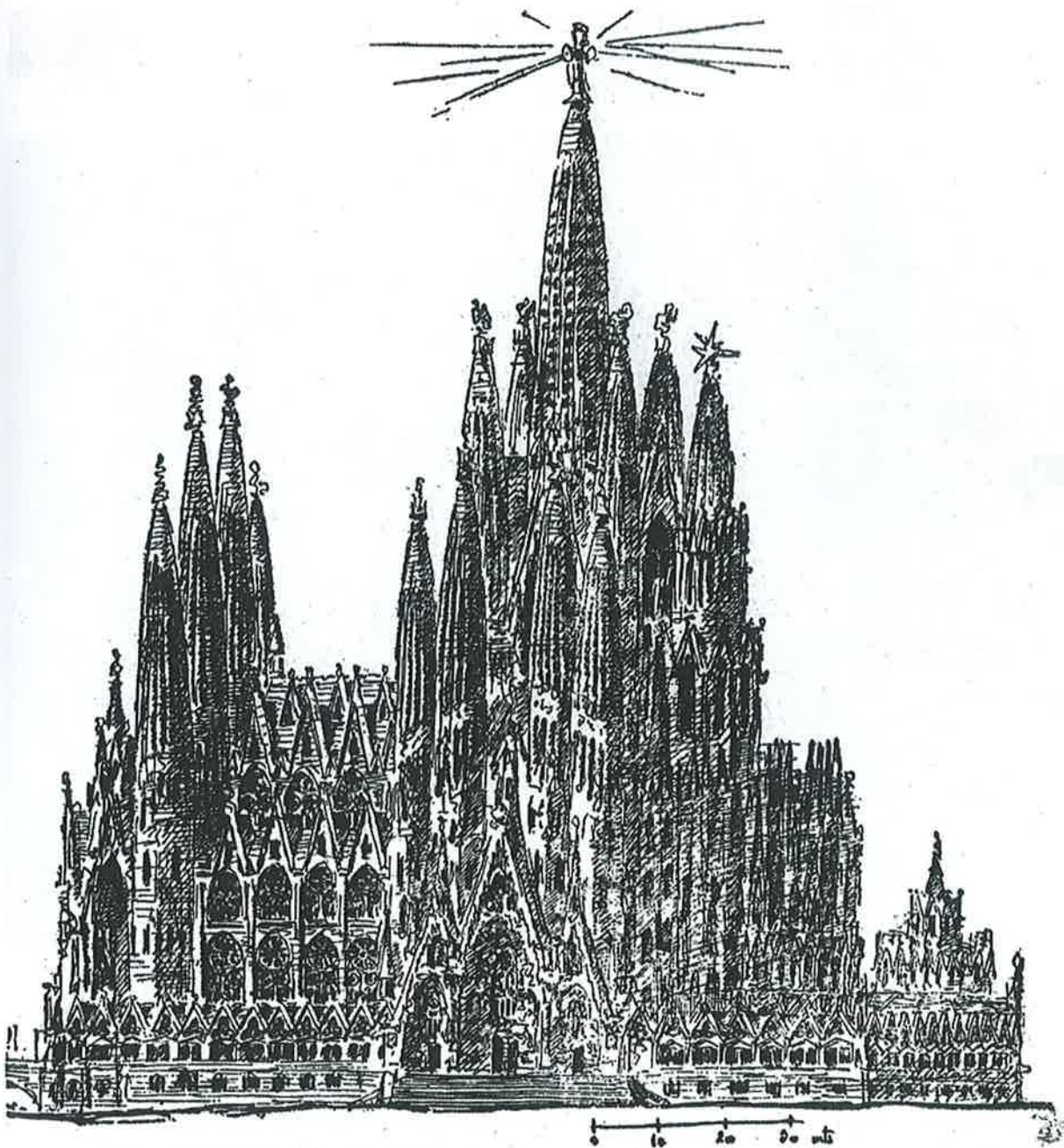
**Imatge 3.7.-** Primera planta monumental del Temple. .

1.- Façana de la Glòria / 2.- Façana de la Passió / 3.- Façana del Naixement / 4.- Nau Principal / 5.- Creuer / 6.- Transseptes / 7.- Absis / 8.- Capella del Sagrament i la Penitència / 9.- Baptisteri / 11.- Sagristies / 12.- Claustres

<sup>16</sup> Les primeres descripcions que es fan a *El Propagador* fixen l'alçada de la torre de Jesucrist en 150m, mida que variarà posteriorment.

A banda d'aquests elements, l'edifici es completa amb una extensió del programa que es concreta amb unes edificacions auxiliars concentrades al voltant de la nau.

El primer element és el claustre —que havíem vist per primera vegada al voltant de l'absis de 1885—, que ara rodeja tot el cos principal i uneix les tres portalades, alhora que aïlla l'edifici de l'entorn urbà. A cada cantonada del claustre hi trobem un nou volum: dues sagristies als angles nord —en la posició dels antics edicles—, i dos edificis més en la zona sud: un baptisteri a l'angle oest i la capella del santíssim i la penitència a l'est. Els dos edificis de la zona sud no apareixen de forma clara en els primers alçats que es conserven de la primera versió (fitxes AN-1 a 3 de l'annex 1), però sí es mostren en un altre alçat de la mateixa que es publica molt després (AN-4).



### EL SOMNI REALISAT

(Autoritat per en Gaudí, un dels seus admiradors ha registrat les darreres del gran arquitecte, però per ab els dats gràfics trobats dispersos per allí, aquest llengua crequis de lo que vera el prodigiós temple, una vegada més).

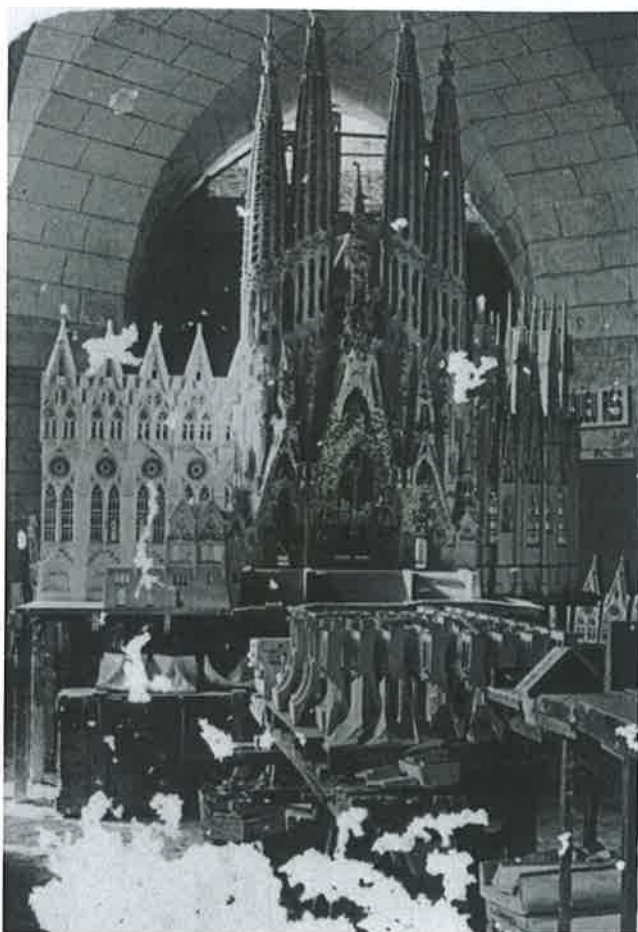
Imatge 3.8.- Alçat de conjunt del Temple. Primera versió de les naus. Publicat a *La Veu de Catalunya* (1906).

*Descripció de les naus*

L'interior del temple havia d'estar en consonància amb el conjunt exterior i Gaudí va dedicar molts esforços a desenvolupar una solució innovadora per les naus, que s'allunyava del repertori neogòtic habitual.

A diferència del que succeeix a l'exterior, d'on es conserven esbossos de l'alçat, en l'actualitat no disposem de documentació gràfica que ens mostri com era l'interior, però el coneixem a través dels fragments de les maquetes de guix a escala 1:25 que va fer servir per projectar-lo<sup>17</sup> i de les seves fotografies (*imatges 3.9 i 3.10*). La resolució de les naus al detall –tal i com es mostra en les fotografies– deuria portar un llarg temps a Gaudí.

La bibliografia habitual considera que les va tenir enllestides a partir de l'any 1898<sup>18</sup>, però un anàlisi de la documentació original –entre la que destaquem *El Propagador*<sup>19</sup>, que ens explica el procés de l'obra– ens fa pensar que aquestes ja estaven definides uns anys abans. El butlletí josefí ens explica que l'any 1895 ja s'ha aixecat el transsepte fins una alçada de 12m i, tres anys més tard, ja està executada la tribuna de 20m. Tal com explica el text, aquesta zona conté els arcs torals de les naus, que avui podem veure parcialment construïts,



**Imatge 3.9.-** Maqueta de conjunt a escala 1:25, durant el procés de muntatge .Primera versió de les naus.



**Imatge 3.10.-** Vista de la maqueta de conjunt des de l'interior.

17 Gran part de les maquetes i de la documentació es va perdre en la destrucció de l'obrador de Gaudí, ocorregut l'any 1939, tal i com s'explicarà en el capítol següent.

18 Puig Boada cita la primera versió de les naus; *neogòtica*, es va definir l'any 1898.

Puig Boada, Isidre. *El Temple Expiatori de la Sagrada Família*. Barcelona. Ed. Barcino, 1929 p. 149.

La majoria de llibres que s'han escrit després no han comprovat la data i l'han pres com a correcta, tot i no ser-ho. En els articles originals no s'ha trobat la data exacta on es va definir aquesta solució i pot ser que l'autor la fixés a través de testimonis al cap de molt temps. Puig Boada va conèixer Gaudí cap a l'any 1907 (op. cit. p. 207).

19 *El Propagador a la devoción de San José*. Números de gener de 1895 (p. 9) i abril de 1898 (p. 178).

i es corresponen amb les maquetes de la primera versió. Per tant, podem afirmar que les naus ja estaven pràcticament definides en aquest any –tan sols cinc anys després que Gaudí definís el planejament monumental.

En aquesta versió de les naus Gaudí adopta un estil neogòtic particular, amb influències eclèctiques. L'arquitecte elimina els arcs apuntats i les voltes de creueria, i les substitueix per arcs catenaris<sup>20</sup> creuats, girats 45° respecte l'eix de la nau (*imatge 3.11*).

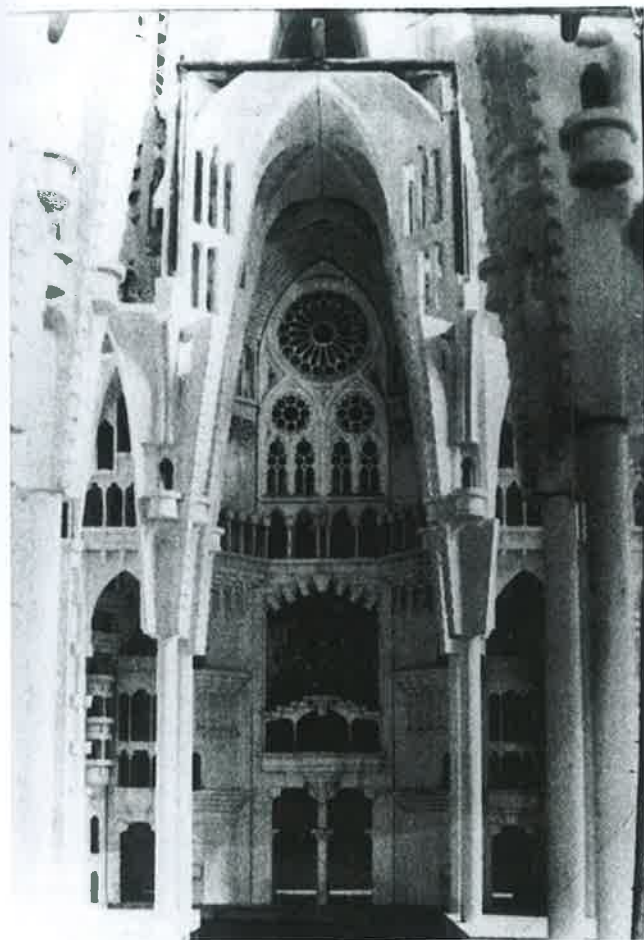
A les dues naus laterals de cada banda hi situa una galeria, a 20,5 metres d'alçada, que es recolza sobre uns arcs apuntats. La galeria és una retícula de passadissos, amb un mur calat a cada banda, que sustenta les voltes de la nau lateral (*imatge 3.12*).

Totes les voltes de les naus queden delimitades per requadres estructurals i tenen una influència àrab.

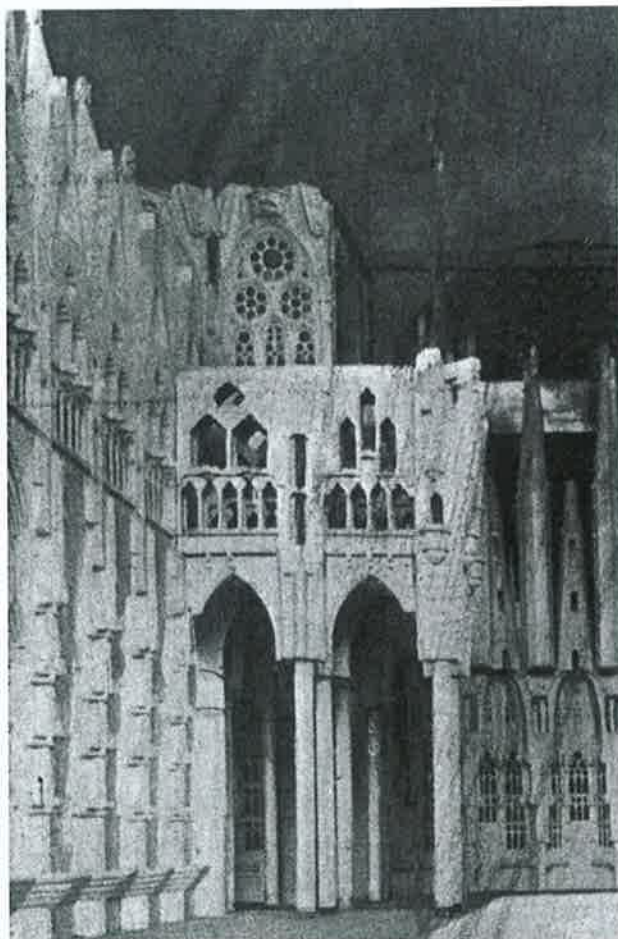
En aquesta versió, Gaudí introdueix innovacions estructurals i suprimeix els contraforts i arcbotants exteriors, recolzant els arcs catenaris a sobre de columnes verticals.

#### *Zones resoltes en detall*

Mentre avança la construcció de l'absis, que seguia la traça dels projectes antics, Gaudí realitza el projecte de les naus, les sagristies, el claustre i la façana del Naixement en models de guix. En aquesta època també projecta la primera solució de la façana de la Passió, que només es resol en dibuix.



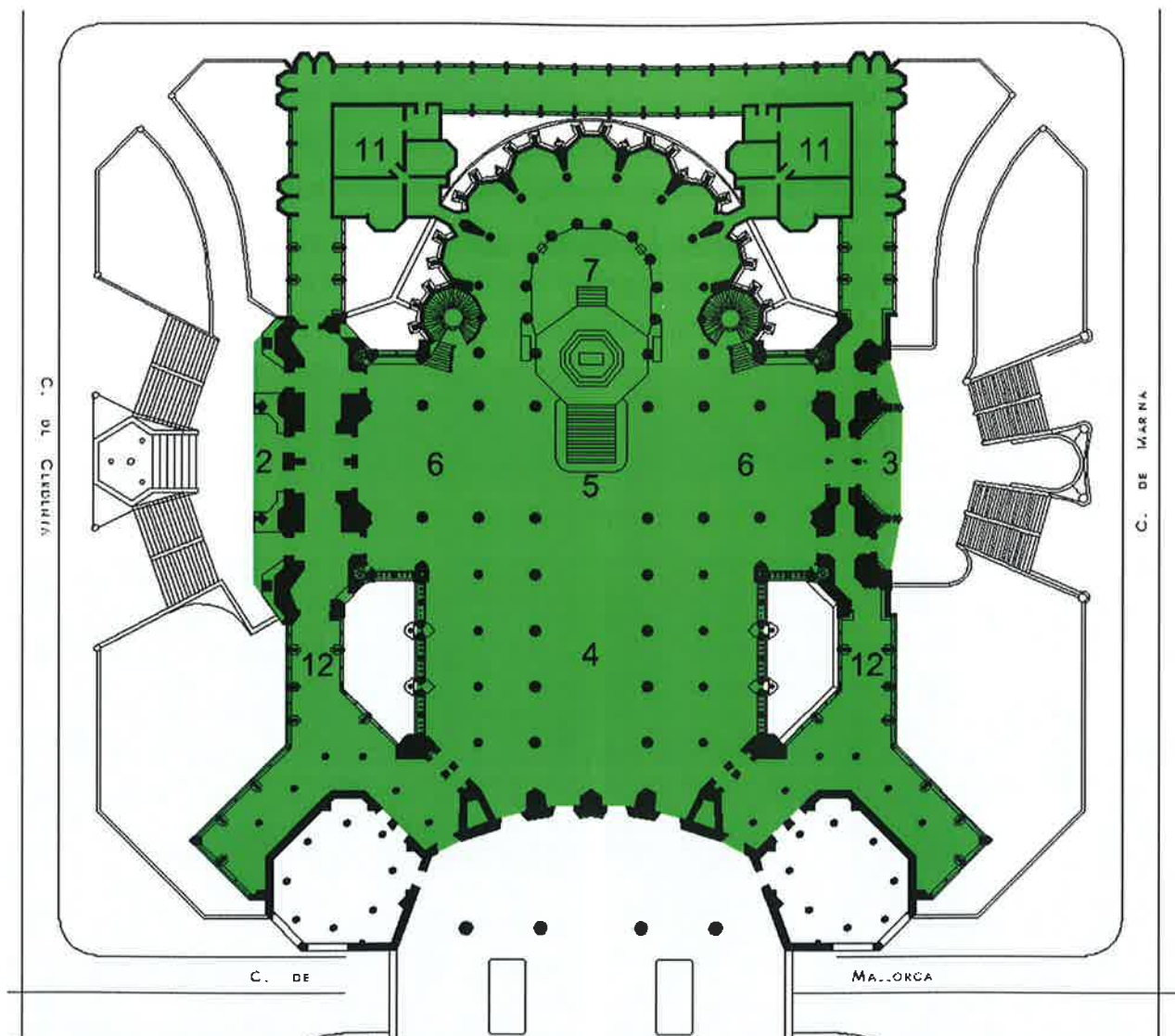
**Imatge 3.11.-** Primera versió de les naus. Model de guix del transepte a escala 1:25.



**Imatge 3.12.-** Primera versió de les naus. Model de guix de les naus laterals a escala 1:25.

<sup>20</sup> En la bibliografia existent s'explica que els arcs de la primera versió són parabòlics. A través de l'estudi de les fotografies originals i del procés de modelat 3D de les naus s'ha comprovat que realment són catenaris.

Quan s'acaba la construcció de l'absis l'obra continua a la façana del Naixement, que conté el tram de claustre adjacent, amb la capella del Roser. La façana del Naixement ocuparà la construcció del Temple fins la mort de Gaudí, que no la veurà acabada. L'arquitecte mantindrà aquesta versió de les naus mentre continuï amb la seva obra civil. L'any 1915 encara la trobarem com a la solució vigent a *El Propagador*.



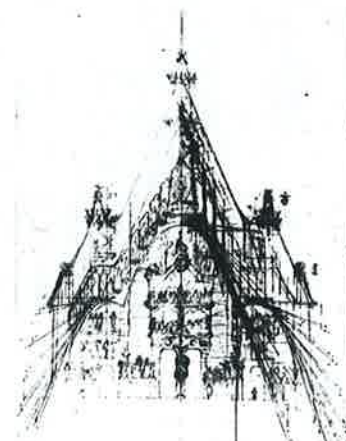
**Imatge 3.13.-** Planta del temple. (Primera i segona versió de les naus) S'han sombrejat en verd les zones definides durant la vigència de la primera versió de les naus: 2.- Façana de la Passió / 3.- Façana del Naixement / 4.- Nau principal / 5.- Creuer / 6.- Transseptes / 11.- Sagristies / 12.- Claustre.



**Imatge 3.14.-** Conjunt des de la façana del Naixement. Primera versió.



**Imatge 3.15.-** Primera versió de la sagristia



**Imatge 3.16.-** Primera versió de la façana de la Passió.

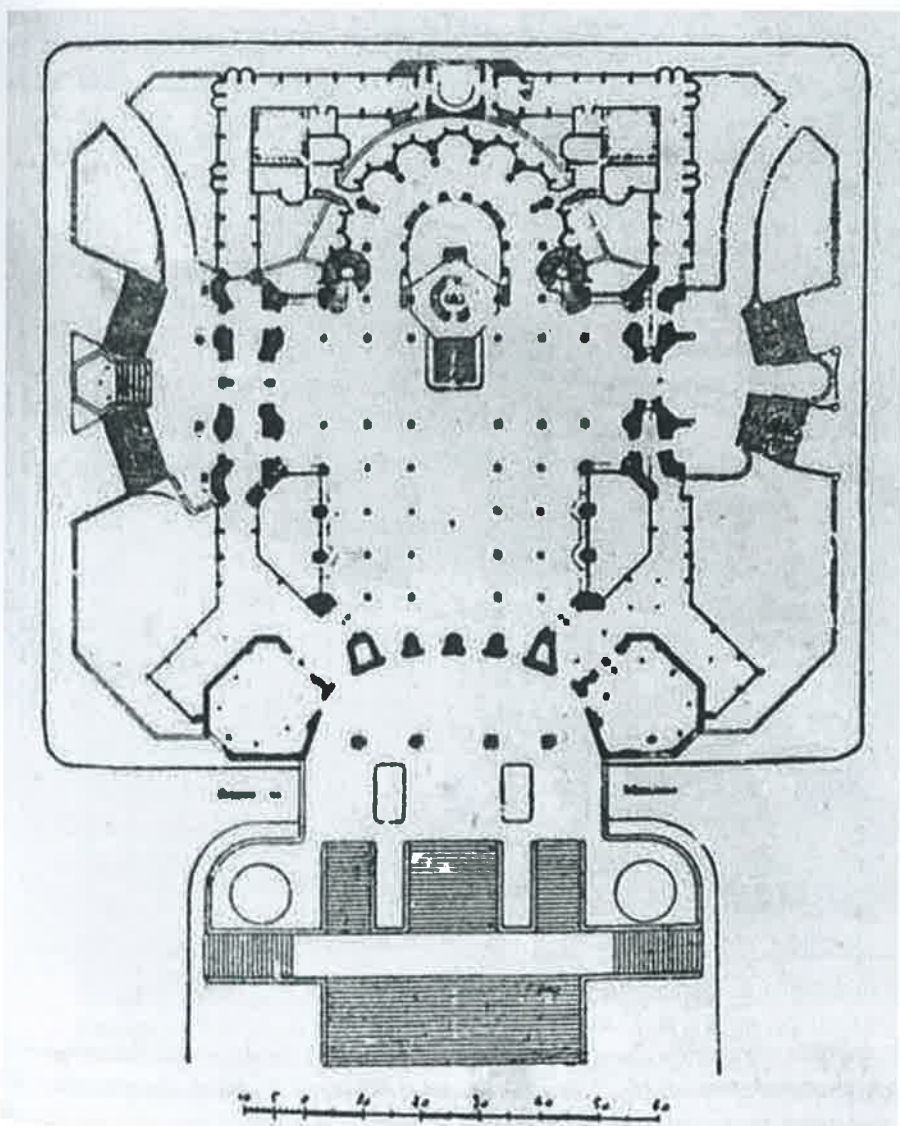
### 3.2.3. La segona versió

#### *Situació cronològica*

Gaudí es dedica a elaborar la segona versió de la Sagrada Família a partir de 1914, moment en el qual abandona la seva obra civil i es reclou al Temple. La nova proposta de les naus, que s'elabora aproximadament 25 anys després de l'anterior, presenta canvis més que substancials en els aspectes formal i estructural, i és fruit d'un intens procés. Els primers resultats (*imatge 3.18*) es faran públics a partir de 1917, quan es publiquen a *El Propagador* i a *L'àlbum del Temple*, que eren els mitjans de comunicació oficials de l'associació josefina.

#### *Descripció del conjunt (exterior)*

Tot i que la segona versió de les naus suposa un gran canvi respecte la precedent, això no queda reflectit en el planejament general del conjunt. La planta, que es publica per primera vegada el 1917, recull totes les parts de l'edifici que havíem vist resoltes en la primera versió, com les sagristies –que es corresponen amb els models de guix– o la façana primerenca de la Passió –només dibuixada–, que quedaran obsoletes en poc temps. També hi apreciem la capella del Sagrament i el Baptisteri, que encara no es reflectien de forma clara en alguns dels primers esbossos de l'alçat lateral de la banda del Naixement. Precisament són aquestes construccions les que delimiten pels laterals el gran ingrés de la façana principal, que a partir d'aquesta versió Gaudí començarà a concretar, tal i com ens mostren els dibuixos de la secció longitudinal.



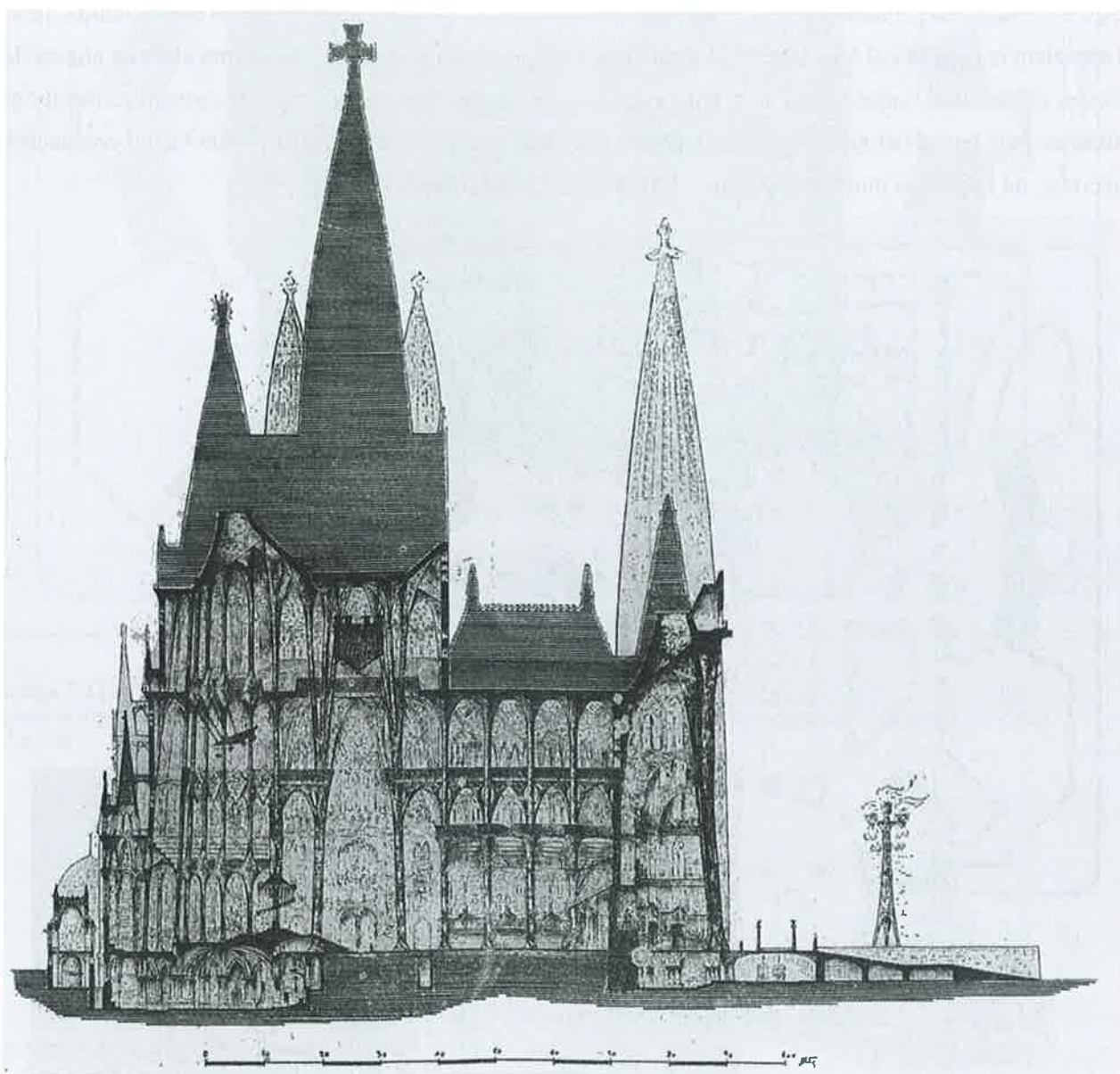
**Imatge 3.17.-** Planta monumental. Segona versió de les naus. (PL-2) Es va publicar quan ja no era vigent (1922) i es diferencia de la planta anterior en la capella de l'Assumpció (situada enmig del claustre de la banda muntanya).



*Descripció del conjunt (interior)*

A diferència de la primera versió, on Gaudí elabora diversos dibuixos que ens il·lustren l'aparença que havia de tenir l'exterior del Temple, per la segona l'arquitecte no realitza cap esbós de l'exterior, però es concentra a definir els de l'interior, que plasma en una sèrie de seccions longitudinals (*imatge 3.18*). Els dibuixos no estan concebuts com a dibuix tècnic o analític, sinó tot el contrari, només pretenen mostrar de forma entenedora quin serà el caràcter de tot l'espai interior del Temple.

De la mateixa forma que Gaudí havia desdibuixat la planta de creu llatina en l'exterior—amb l'addició de cossos auxiliars que la fan poc perceptible—, a l'interior segueix el mateix joc, i en aquest cas busca l'efecte de planta central, que considerava superior per aquest espai<sup>21</sup>. Si observem la planta amb deteniment (*imatge 3.17*), veiem que avança el presbiteri respecte la posició habitual de l'absis i situa l'altar molt a prop del creuer, que ocupa en gran part amb l'escalinata d'accés. Aquesta és una primera maniobra d'aproximació cap a l'espai central, però és l'equilibri de proporcions en les tres dimensions la que realment li dona l'efecte desitjat.



**Imatge 3.18.-** Secció longitudinal. Correspon a la segona solució de les naus.

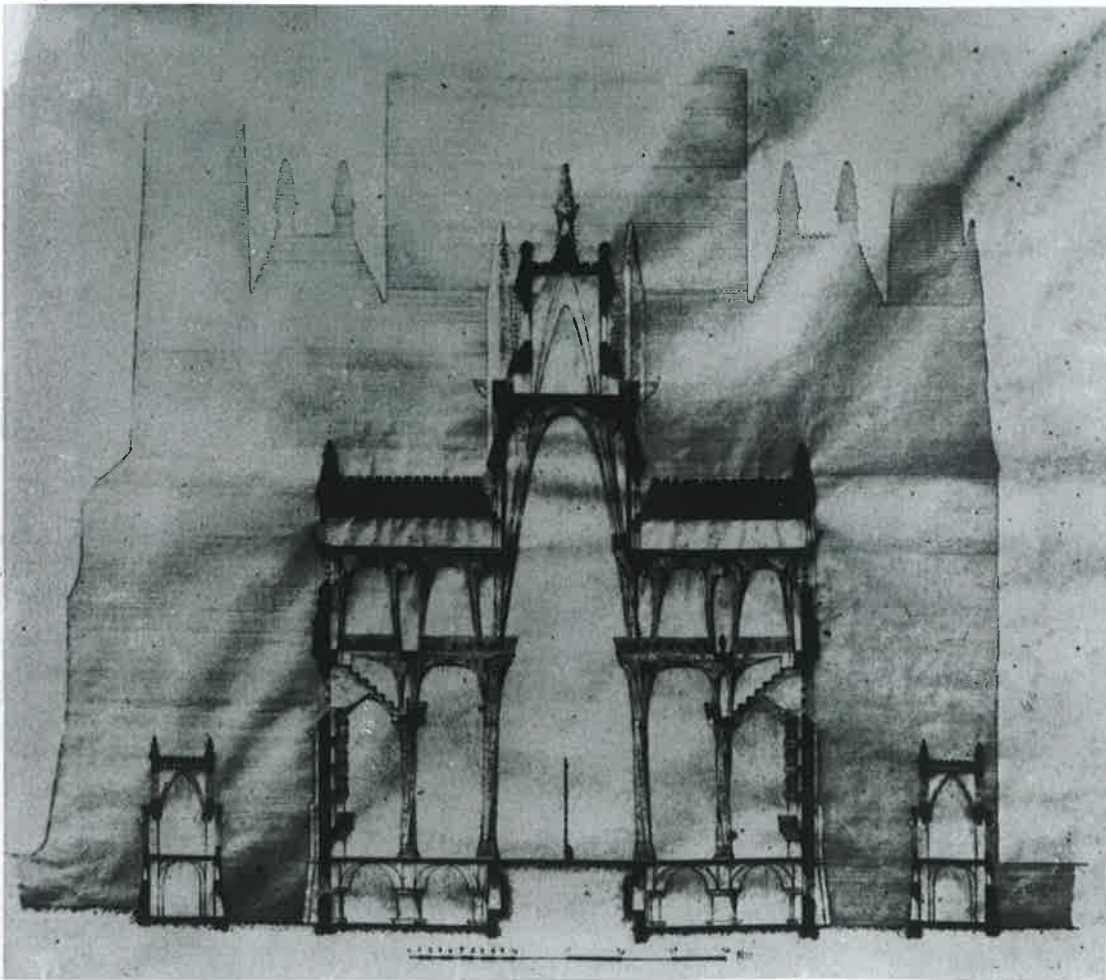
21 “La nau principal d’una església té quelcom a veure amb la unitat de la Divinitat, i igualment la cúpula central indicaria sempre aquesta mateixa unitat. [...] Una església sense cimbori, exteriorment i interiorment no té la gran importància de la creu i de son creuer.” Antoni Gaudí, Manuscrit de Reus (1880-1881).

La secció longitudinal així ens ho mostra (*imatge 3.18*) i en ella veiem que Gaudí va fixar l'alçada de la nau central en 45m<sup>22</sup>, que és una dimensió semblant a la llargada de les naus fins al creuer (39m). Per a les voltes del creuer va establir 65m, que s'assimilen als 60m de la seva longitud i als 61m que hi ha entre l'accés i les columnes de l'arc triomfal. Finalment, per la volta de l'absis, va establir una alçada de 70m, semblant a la distància entre l'accés i les columnes de la girola que la suporten (80m).

Aquest sistema de proporcions, lligat a l'escassa longitud de les naus fins al creuer, aconseguix que l'observador pugui veure les voltes central i absidal des de la porta d'entrada i, per tant, s'obté la qualitat espacial de la planta central.

Aquest equilibri de proporcions es compleix en les tres dimensions, i la secció transversal ho corrobora (*imatge 3.19*). El cos principal està format per cinc naus, una de central i dues laterals a cada banda, amb una amplada de 15 i 7,5 metres respectivament. Per tant, l'amplada total és de 45 metres, que es correspon de forma exacta amb la seva alçada. Les naus laterals s'elevan fins els 29 metres, dimensió molt propera a la suma de les seves amplades (30m).

Tot i que Gaudí vol emular un gran espai de planta central, realment està en una disposició de creu llatina i és precisament la repetició de la secció transversal la que genera, en bona mesura, la imatge interior del temple. Per tant, el mòdul estàndard de la nau és l'element que més bé defineix l'edifici i al que Gaudí va destinar-hi més esforços.



**Imatge 3.19.-** Secció transversal de les naus. Correspon a la segona versió.

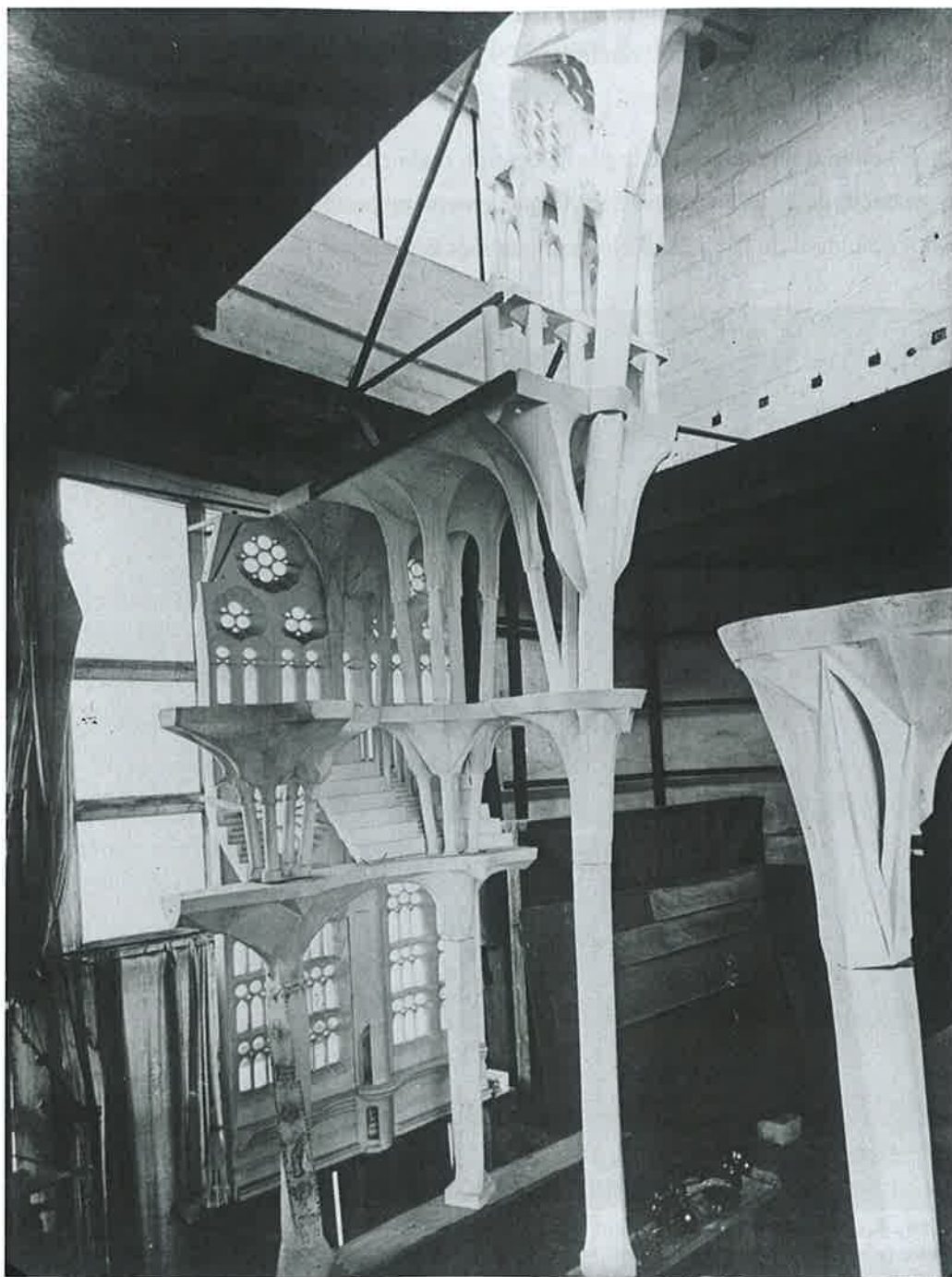
22 Puig Boada, Isidre. *El Temple de la Sagrada Família*. p. 85. La interpretació de la documentació original ha donat diferents alçades per a les naus, però aquí es mostren les d'aquest autor, per ser de les més antigues.

*Descripció de les naus*

Quan el 1914 Gaudí realitza aquesta versió ja ha adquirit l'experiència de tota la seva obra civil, i això es manifesta en la solució de les naus. L'arquitecte abandona la interpretació dels estils històrics i planteja unes naus resoltes amb l'ús de la geometria reglada, amb un predomini dels paraboloides (*imatge 3.20*).

L'estructura de les naus també sofreix variacions i els arcs catenaris donen pas a una estructura descomposta en nivells, que segueix la direcció dels esforços estructurals i es ramifica augmentant el nombre de suports en alçada. L'augment de suports és significatiu en la nau lateral, on les columnes passen a substituir el mur calat de la retícula de passadissos.

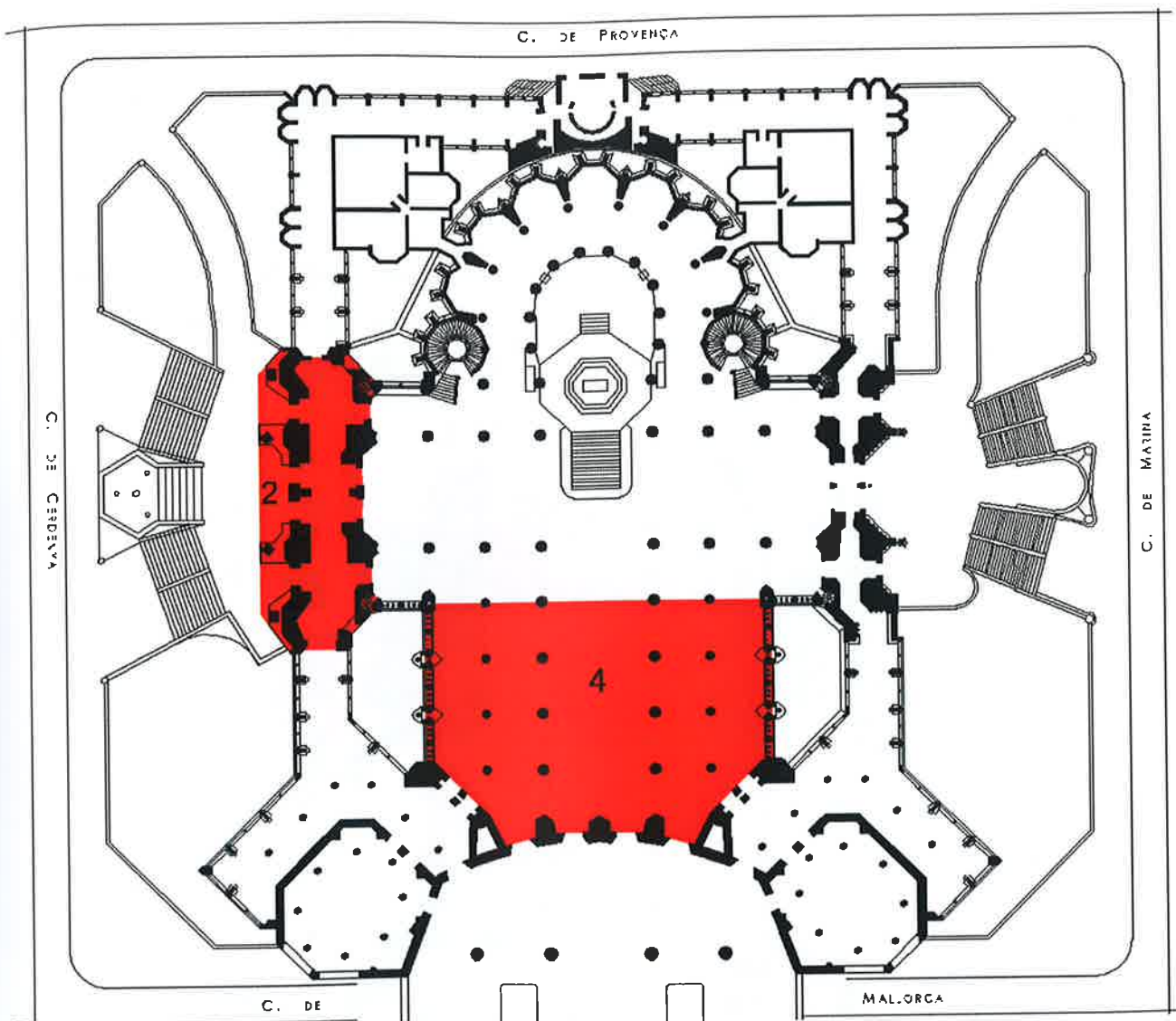
En aquesta versió, que manté el volum de la proposta anterior, l'arquitecte introdueix la cantoria, que és una grada que es situa a les naus laterals extremes, a sota del nivell intermedi dels passadissos.



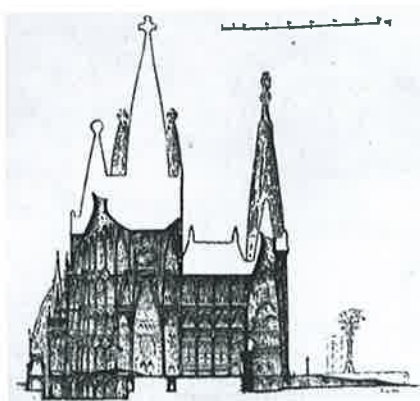
**Imatge 3.20.-** Segona versió de les naus. Model de guix a escala 1:10.

Zones resoltes en detall (imatges 3.21 a 3.23)

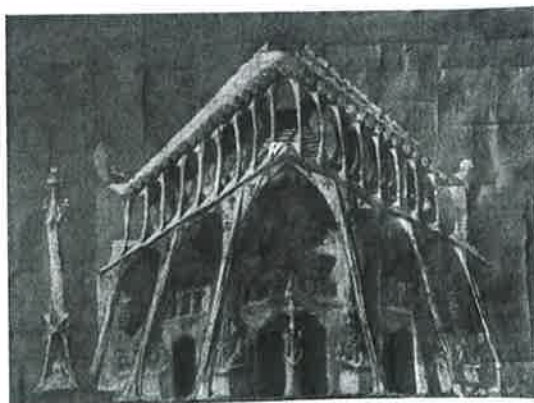
Gaudí estudia les noves solucions en una època de fortes dificultats econòmiques per les obres del Temple, on pràcticament no es construeix res i els pocs recursos disponibles es destinen a continuar la façana del Naixement.



**Imatge 3.21.-** Planta del temple (Primera i segona versió de les naus. S'han sombrejat en vermell les zones definides en detall durant la vigència de la segona solució: 2.- Façana de la Passió / 4.- Nau principal



**Imatge 3.22.-** Secció longitudinal (variant de la mostrada anteriorment).



**Imatge 3.23.-** Façana de la Passió. Correspon al període de la segona versió de les naus.

L'arquitecte es concentra en l'estudi de les naus, que incloïa la definició general que hem vist en dibuixos, i la resolució en detall del tram tipus del cos principal, que va resoldre en models de guix.

En aquests anys, Gaudí projecta la nova façana de la Passió, que apareix perfectament descrita l'any 1917<sup>23</sup>, i hi introdueix un gran porxo d'accés, que encara no es plasma en la planta general.

Durant aquesta versió encara trobem una altra novetat: la capella de l'Assumpció, que es situa enmig del claustre nord. Aquesta zona de l'edifici apareix grafiada per primera vegada en una planta posterior (PL-02 de l'annex 1), que encara no mostra les columnes del porxo de la nova façana de la Passió.

L'arquitecte continuarà amb l'evolució de les naus i començarà a introduir els hiperboloides a partir de 1918-19, quan comença a elaborar variants que encara mantenen els trets característics de la segona versió, però que acabaran desembocant en la darrera solució de les naus al cap de poc temps.

---

23 L'any 1917 es mostra dins el segon *Àlbum del Temple* un dibuix de la façana de la Passió. El projecte de la façana és anterior, però no s'ha trobat la data exacta en cap publicació de l'època. Puig Boada, en la darrera versió del seu llibre, la fixa en l'any 1911, data que trobem molt avançada pels motius explicats en el punt anterior.

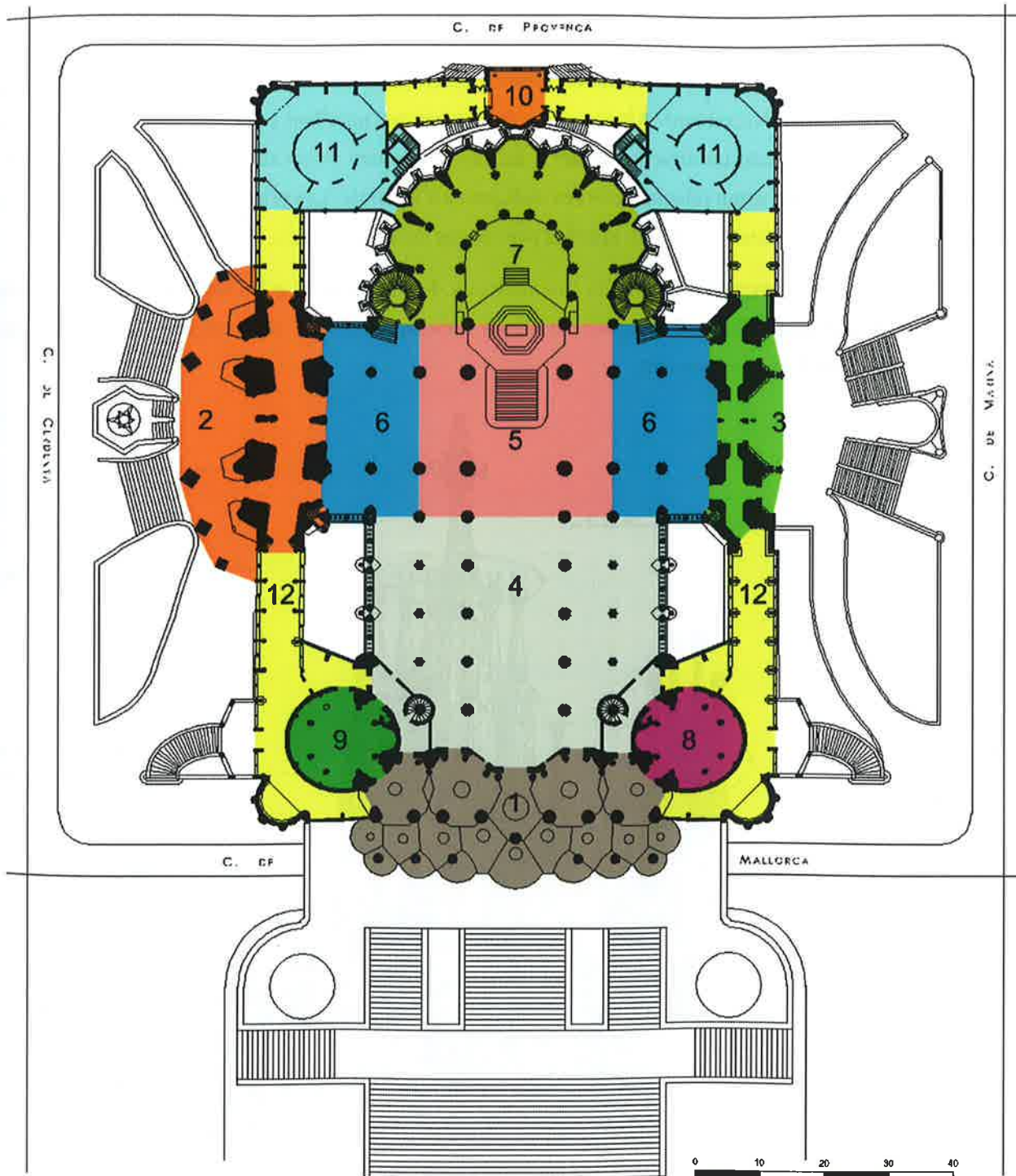
### 3.2.4. La tercera versió

#### *Situació cronològica*

Tots els estudis previs donaran pas a la tercera versió de les naus, que Gaudí té resolta l'any 1922 i construïda en maquetes de conjunt l'any següent.

#### *Descripció del conjunt*

La darrera planta (PL-3 de l'annex 1) es publica els anys 1927 i 29, després de la mort de Gaudí, i és un bon exemple per il·lustrar com els diversos canvis locals acaben modificant l'aspecte del traçat regulador general.



**Imatge 3.24.-** Planta monumental del Temple. Tercera versió de les naus.

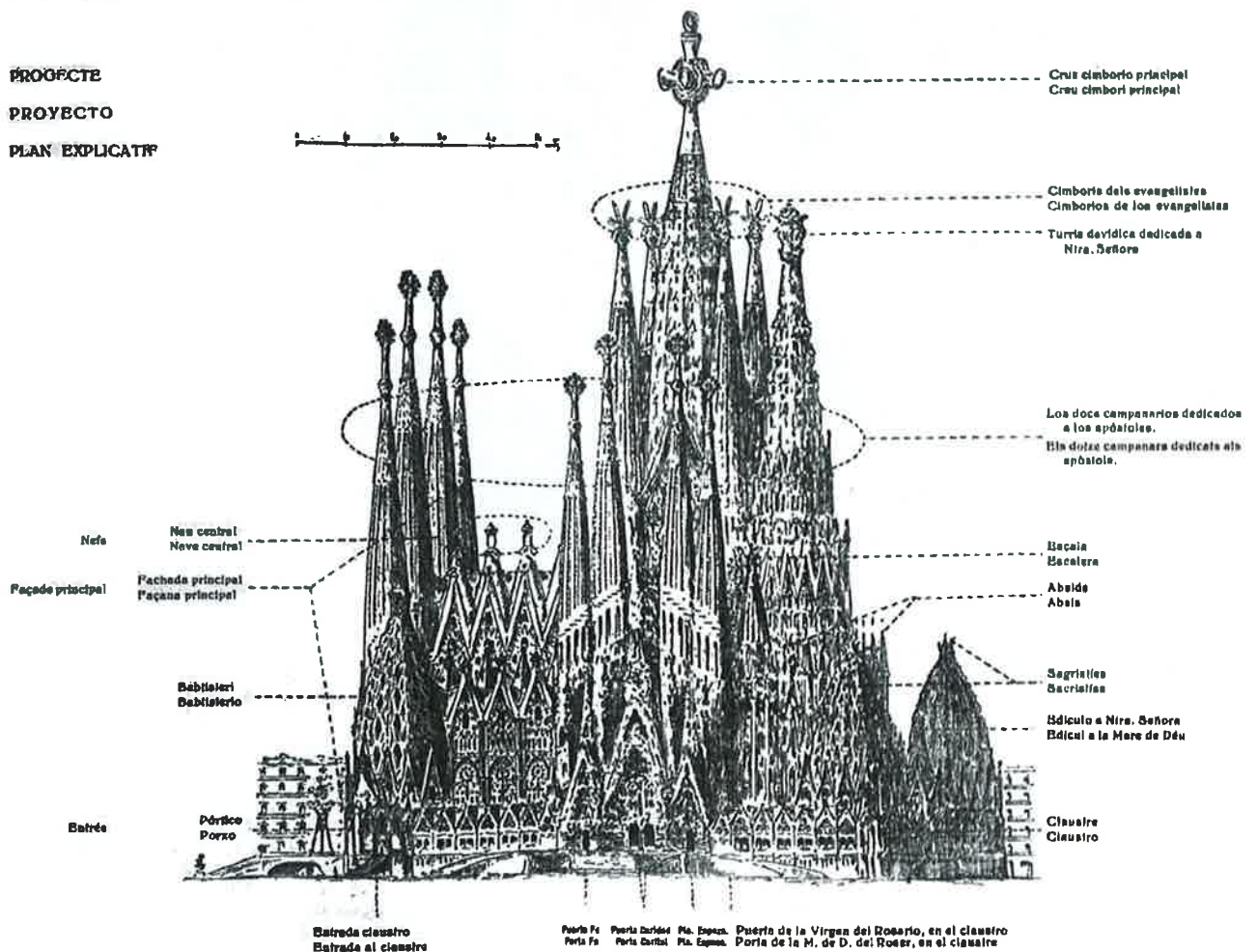
1.- Façana de la Glòria / 2.- Façana de la Passió / 3.- Façana del Naixement / 4.- Nau Principal / 5.- Creuer / 6.- Transseptes / 7.- Absis / 8.- Capella del Sagrament i la Penitència / 9.- Baptisteri / 10.- Capella de l'Assumpció / 11.- Sagristies / 12.- Claustres

En aquesta planta (*imatge 3.24*) ja es mostra la segona solució de la façana de la Passió, amb el gran porxo d'entrada que abans hem comentat. També hi veiem reflectides noves solucions dels edificis que es situen en les cantonades del claustre (baptisteri, capella del Sagrament i les sagristies). Gaudí no es limita a modificar les construccions adjacents i també aplica canvis a la façana de la Glòria, que ampliarem més endavant. El gran accés refós que s'emmarcava entre la Capella i el Baptisteri s'avança cap al carrer Mallorca i l'espai alliberat es guanya dins la nau, que s'incrementa en un mòdul de longitud fins el creuer, que passen de quatre a cinc.

D'aquesta versió del conjunt també es van publicar un parell d'alçats esquemàtics, vistos des de la banda del Naixement, (AN-5 i 6 de l'annex 1), que, com la planta, també ens mostren l'acció dels canvis locals sobre el planejament regulador.

En l'alçat (*imatge 3.25*) veiem la convivència de zones projectades –i construïdes– amb el llenguatge antic, com l'absis i la façana del Naixement. Alguns elements que encara no s'han construït, com les torres de la façana de la Glòria, segueixen un disseny similar a les del Naixement –com succeïa en els alçats anteriors AN-1 a 5– ja que totes elles estan relacionades i es dediquen als apòstols. Les primeres torres, però, encara no s'havien aixecat en la seva totalitat i Gaudí aprofita per canviar-ne els terminals.

La resta d'elements que componen el conjunt, que inclouen des de les naus a les sagristies o les torres del creuer, s'allunyen del particular estil neogòtic de Gaudí i s'adapten al nou llenguatge, on predomina una geometria de suport molt més contundent.



Imatge 3.25.- Alçat del conjunt des de la banda de la façana del Naixement. Tercera versió de les naus.

El canvi que, de forma simplificada, podríem anomenar “estilístic” no és l’única variació, i també trobem modificacions en l’alçada de les torres del creuer. La variació de les alçades és una constant en l’evolució del projecte del Temple, i aquests alçats ens mostren clarament l’augment de la verticalitat del conjunt. L’augment de les alçades també el trobem reflectit en el text que Puig Boada publica el 1929, on estableix que la torre central de Jesucrist assoleix els 170 metres<sup>24</sup> –en lloc dels 150 inicials–, que les quatre que l’envolten, dels evangelistes, en tenen 130, i per últim, la de la Mare de Déu, les supera, amb 140 metres. Aquest darrer punt –l’alçada relativa entre les torres dels evangelistes i la Mare de Déu– patirà canvis i contradiccions constants durant el desenvolupament del projecte. Així ens ho mostren els diferents dibuixos del conjunt –des de les bandes de Naixement i Passió– on, en tot cas, ens mostren la torre de la Verge més baixa, o com a màxim al mateix nivell.

<sup>24</sup> *Op. cit.* p. 72. Gaudí no va estudiar en detall les torres i va deixar les pautes per executar-les. Es conserven reproduccions de diversos plànols de conjunt, amb dates molt diferents. La determinació exacta de les alçades és complexa i per això s’ha escollit la descripció de Puig Boada, tot i que hi ha més interpretacions.

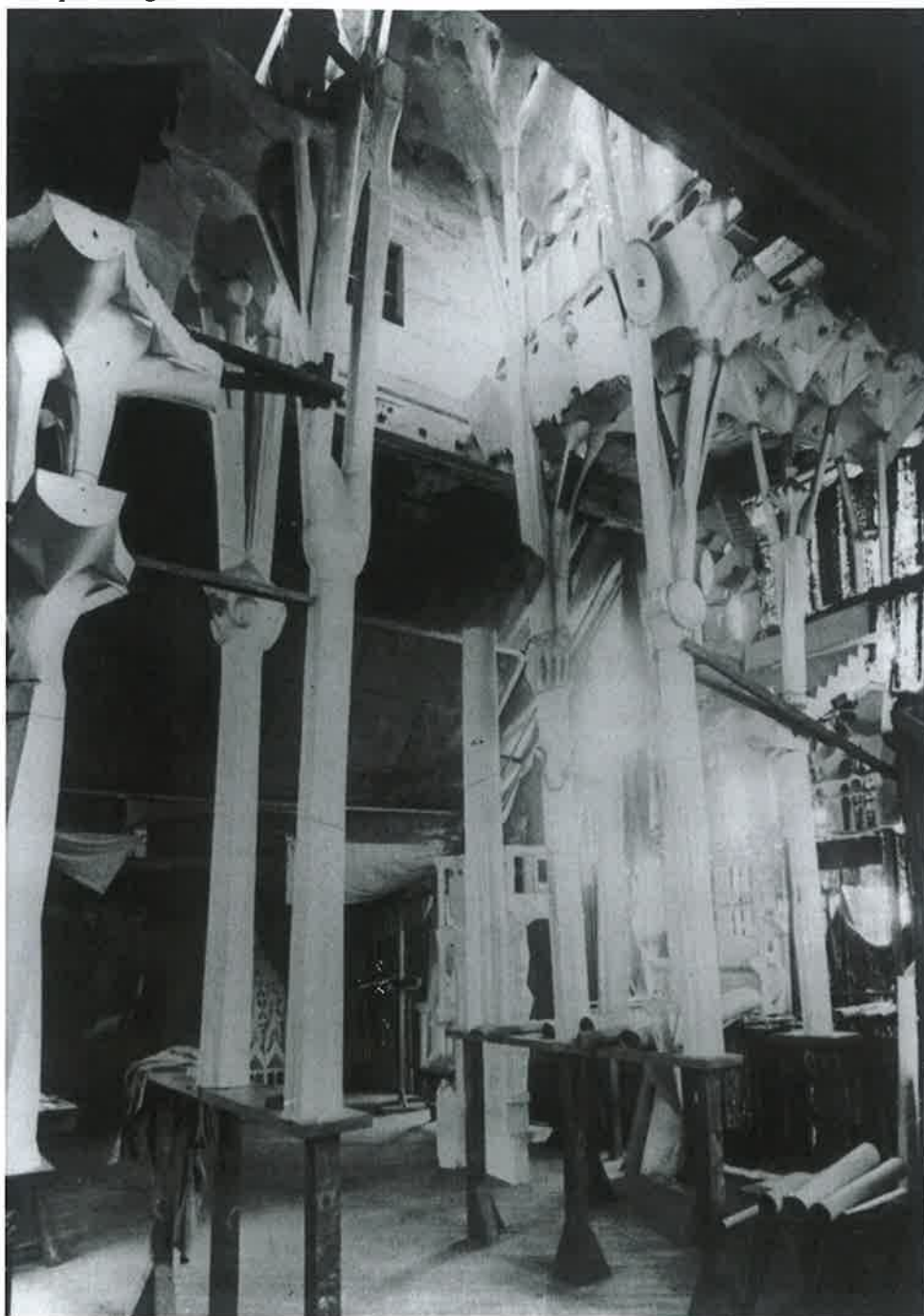


*Descripció de les naus*

El llarg procés d'estudi realitzat per Gaudí acaba amb un canvi de la geometria de base utilitzada. El paraboloides deixa de ser la figura geomètrica dominant i cedeix el protagonisme a l'hiperboloide, que fins el moment pràcticament només s'havia utilitzat en els finestrals. L'arquitecte traspasa aquesta figura al sostre, fet que li permet foradar les voltes per crear les lluernes, que havien de reforçar la il·luminació (*imatge 3.26*).

El canvi geomètric no és l'únic, i va lligat a un altre d'estructural. Si comparem les fotografies de la nova maqueta i de l'anterior veiem com Gaudí simplifica els nivells de traves (com els passadissos de la cota +20m) i les columnes, que fins aleshores veïem dividides per aquests nivells, passen a quedar exemptes, el que consolida l'estructura arborescent sobre la qual s'ha escrit tant.

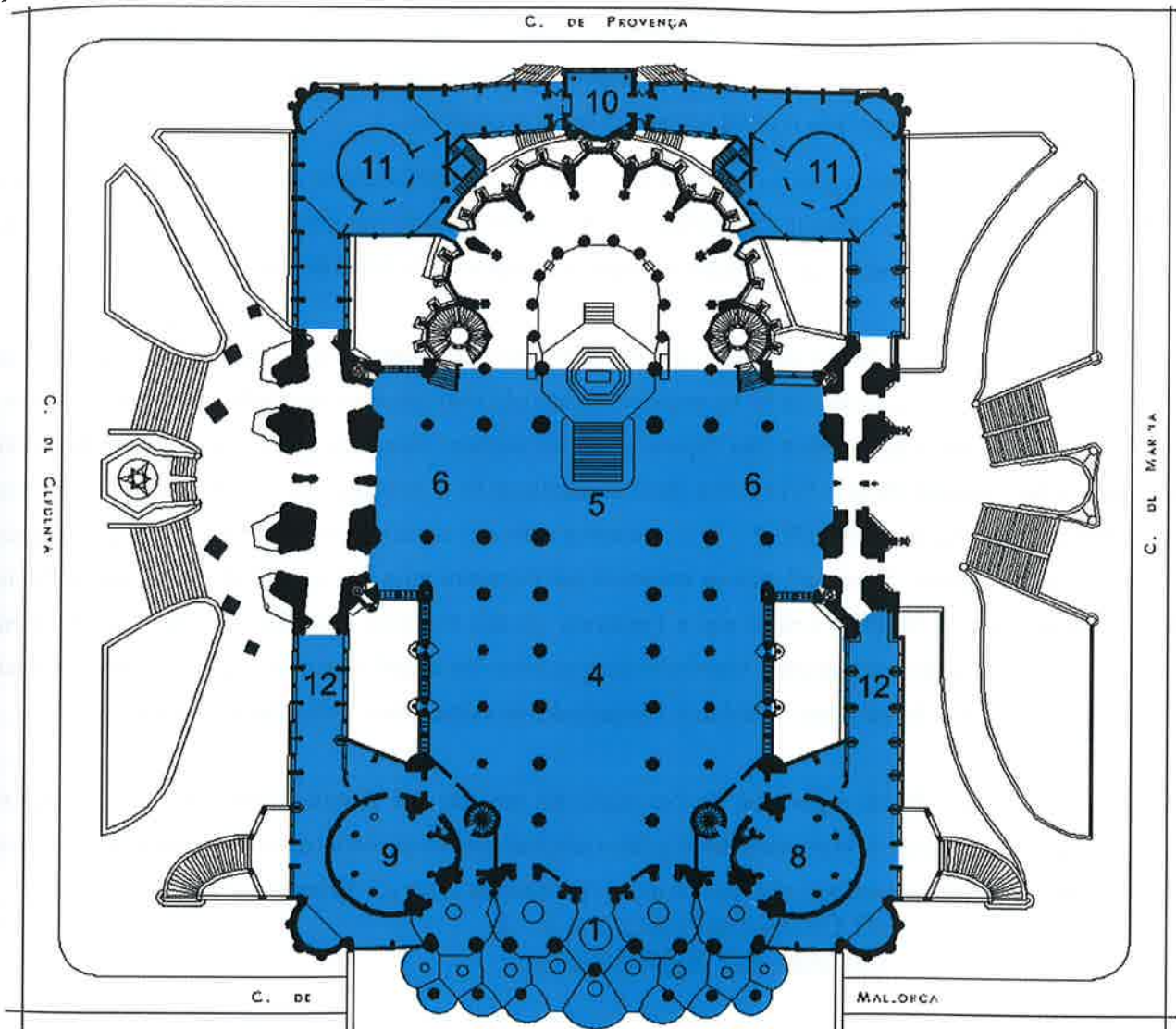
En les darreres parts d'aquesta tesi ens concentrarem a mostrar el procés detallat de tots aquests canvis, vistos des dels dos aspectes: geomètric i estructural.



**Imatge 3.26.-** Tercera versió de les naus. Model de guix a escala 1:10

Zones resoltes en detall (imatges 3.27 a 3.30)

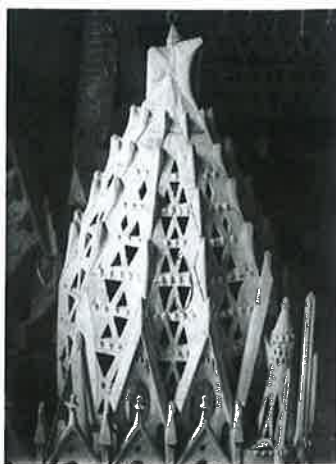
El ritme lent de les obres va permetre que Gaudí pogués dedicar pràcticament tot el temps a definir diverses zones del projecte amb el nou llenguatge que havia definit. A més de les naus descrites, l'arquitecte va resoldre el claustre, la capella del Sagrament i la Penitència, el baptisteri, i les sagristies, que no havien variat des de la primera versió.



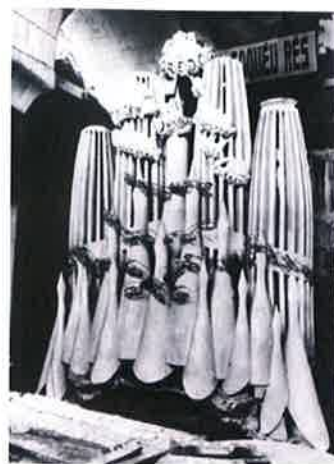
**Imatge 3.27.-** Planta del temple. Tercera versió de les naus. S'han sombrejat en blau les zones desenvolupades en detall durant aquest període: 1.- Façana de la Glòria / 4.- Nau principal / 5.- Creuer / 6.- Transseptes / 8.- Capella del Sagrament i la Penitència / 9.- Baptisteri / 10.- Capella de l'Assumpció / 11.- Sagristies / 12.- Claustres



**Imatge 3.28.-** Conjunt des de la façana del Naixement. Tercera versió.



**Imatge 3.29.-** Sagristia. Tercera versió de les naus



**Imatge 3.30.-** Façana de la Glòria. Tercera versió de les naus.

En totes elles es produeix un canvi notable en la seva concepció i abandonen la composició a través d'un repertori històric, que és substituït per una geometria de base molt contundent. El cas més representatiu el trobem en les sagristies (*imatge 3.29*), que deixen de ser unes modestes construccions de planta quadrada, que es remataven amb unes cobertes inclinades i una llanterna. Ara passen a convertir-se en un gran volum integrat per dotze grans fusos de paraboloides, on la geometria pren el protagonisme i passa a ser l'estructura de base sobre la qual s'articularen la resta d'elements. Com a exemple clarificador podem citar les finestres, que abandonen la composició habitual de traceria neogòtica per convertir-se en simples triangles o rombes que sorgeixen del retall de la superfície reglada segons les seves generatrius.

Tot l'estudi geomètric de les sagristies –que Gaudí va executar minuciosament en maquetes de guix– no és exclusiu d'aquests elements i l'arquitecte determina que s'haurà d'extrapol·lar a les torres del creuer, que en la primera versió seguien les pautes de les del Naixement (a excepció de la Mare de Déu).

En aquesta versió també trobem l'estudi de dos elements més: la capella de l'Assumpció i la façana de la Glòria (*imatge 3.30*), que a diferència de les anteriors no havíem vist –almenys en detall– en la primera versió. En el cas de la façana, Gaudí aplica una depuració de les versions anteriors, que havíem vist en la secció longitudinal de la segona (SL-1 a 3) i havíem intuït en els alçats de la primera (AN-1 i 3). El gran porxo refós de la primera planta monumental (PL-1 i 2) es coronava amb una espècie de volta de revolució que després canvia cap a una espècie “d'embut”, que es rematava per l'exterior amb una espècie d'agulla cònica. En la darrera versió, quan la façana s'avança cap a l'exterior, els dos elements –interior i exterior– guanyen en contundència i es fusionen en uns grans hiperboloides que donen un esquelet geomètric molt contundent. Així ens ho mostra el model de guix que va elaborar l'arquitecte, on es mostrava l'esquelet de la façana.

En aquest capítol hem fet un repàs breu de l'evolució del projecte del Temple. En l'annex 1 s'ha ampliat aquesta informació a través de la documentació gràfica original que es conserva i que s'ha agrupat en fitxes que es complementen amb la descripció dels canvis que es produeixen entre els diversos documents.

24

## 4. LA CONTINUACIÓ DE L'OBRA DESPRÉS DE GAUDÍ



Avui en dia hi ha veus crítiques que consideren que sense la figura de Gaudí les obres s'haurien d'haver aturat. És veritat que la mort de l'arquitecte va suposar un gran pèrdua, però aquest va deixar un projecte ben definit que es va continuar de forma natural després del seu traspàs.

L'autèntica tragèdia per a la continuació de les obres es produiria deu anys més tard, quan es va perdre gran part del material que definia el projecte.

En aquest capítol veurem com van succeir aquests fatídics esdeveniments, i els fets que van fer possible executar la voluntat de la Junta Constructora de reprendre el projecte després de la guerra.

#### 4.1. Mort de Gaudí. Continuació dels treballs per part dels seus deixebles

En la darrera etapa de la vida de Gaudí, després d'extingir la seva obra civil i perdre la seva família més directa, l'arquitecte es reclou en el temple per projectar la seva nova arquitectura. El seu aïllament no és total i compta amb un equip reduït de col·laboradors que l'ajuden en la definició del projecte, entre els que podem destacar els arquitectes Domènec Sugrañes<sup>1</sup> i Francesc Quintana<sup>2</sup>, en un moment en què el temple patia greus dificultats econòmiques i la seva construcció era molt lenta.

Per al nou moviment intel·lectual, el Noucentisme, Gaudí era un arquitecte caduc i tant ell com la seva obra eren el darrer rastre del moviment anterior.

Aquestes circumstàncies segurament van ser les que van donar un toc especial i misteriós a aquesta obra, anacrònica i llunyana del centre de la ciutat, el que provocava la curiositat de part de la població.

L'associació de devots de Sant Josep estava disposada a donar a conèixer la seva obra i s'oferia a rebre la visita de totes les agrupacions que ho sol·licitessin. L'oferiment va ser un èxit i l'any 1915 van visitar l'obra totes les facultats universitàries de Barcelona<sup>3</sup>.

Malgrat que Gaudí estava lluny del moviment intel·lectual vigent, les seves particulars explicacions del que aleshores estava treballant –fora de qualsevol estil classificable– van despertar l'interès de part de les noves generacions, que després tornarien per visitar-lo assíduament.

1 Domènec Sugrañes i Gras (Reus, 1878 - Barcelona, 1938). Arquitecte modernista i noucentista, que va obtenir el títol l'any 1912. Va ser col·laborador de Gaudí a partir de l'any 1896, en obres com Bellesguard, la finca Miralles, la casa Milà o la Sagrada Família. Es va convertir en la mà dreta de Gaudí a partir de 1914, fins a substituir-lo com a director de les obres després de la seva mort.

2 Francesc de Paula Quintana i Vidal (Barcelona, 1892-1966). Arquitecte modernista i noucentista, que va obtenir el títol l'any 1918. Va entrar a treballar a l'obrador de Gaudí l'any 1918 quan l'augment dels ingressos van fer possible contractar un altre ajudant. Va ser arquitecte director de les obres després de la guerra.

3 La primera visita de totes les facultats de Barcelona es va produir el 23 de gener de 1915. Varen continuar el 3 de febrer del mateix any amb l'Escola de Comerç, el 21 de febrer amb l'escola de Belles Arts, i el 21 de març amb l'Associació d'arquitectes de Catalunya. Martinell Brunet, Cèsar: *Gaudí, su teoría, su vida, su obra*. Barcelona. Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares, 1967. p. 104.

D'entre aquests joves interessats en la seva obra podem destacar els arquitectes Lluís Bonet Garí<sup>4</sup>, Isidre Puig Boada<sup>5</sup>, Josep Francesc Ràfols<sup>6</sup>, Francesc Folguera<sup>7</sup>, Cèsar Martinell<sup>8</sup> i Joan Bergós<sup>9</sup>, a més de l'estudiant de comerç Joan Martí Matlleu<sup>10</sup>. Tots ells es van convertir en seguidors de les ensenyances de Gaudí.

Així, en la darrera etapa de la seva vida, l'arquitecte no es va limitar només a evolucionar el seu projecte, sinó que de forma col·lateral –i probablement sense ser-ne conscient– també es va dedicar a crear escola, una escola que més endavant seria decisiva per a la continuació de les obres.

Per tant, podem considerar que es va dedicar a resoldre el seu projecte de dues formes diferents, que es complementaven entre elles. D'una banda, físicament, amb l'esbós d'alguns plànols generals i models de guix a escales 1:25 i 1:10. De l'altra, explicant les lleis reguladores que regien el projecte als seus deixebles: col·laboradors directes i joves encuriosits per l'obra.

Gaudí va treballar-hi sense descans fins al 7 de juny de 1926. Després de treballar al seu obrador, com cada dia, va sortir cap al voltant de dos quarts de sis de la tarda per anar a missa a l'oratori de Sant Felip Neri. L'arquitecte era un home molt rutinari i, en no tornar cap a les deu del vespre al Temple, el vigilant va donar l'alerta a mossèn Gil Parés<sup>11</sup> i Domènec Sugrañes. En rebre l'avís, van començar la recerca a la casa de socors de la Ronda de Sant Pere i allà els digueren que un ancià, que coincidia amb la seva descripció, havia estat atropellat per un tramvia a la cantonada de Gran Via amb Bailén (*imatge 4.1*), i que posteriorment l'havien traslladat a l'hospital Clínic. L'ambulància que el va recollir va canviar de destí a darrera hora i finalment el localitzen a l'hospital de la Santa Creu.

4 Lluís Bonet i Garí (Argentona, 1893 - Barcelona, 1993) Arquitecte titulat l'any 1918. Va ser seguidor de Gaudí i posteriorment arquitecte director del Temple amb Francesc Quintana i Isidre Puig Boada.

5 Isidre Puig Boada (Barcelona, 1891-1987) Arquitecte titulat l'any 1915. Va ser seguidor de Gaudí i arquitecte director del Temple amb Francesc Quintana i Lluís Bonet Garí. Ha estat un dels grans estudiosos del genial arquitecte, amb llibres publicats sobre la Sagrada Família (1929), l'església de la Colònia Güell (1976) i el Pensament de Gaudí (1981).

6 Josep Francesc Ràfols i Fontanals (Vilanova i la Geltrú, 1889 - Barcelona, 1965). Va ser arquitecte (títol de 1916), pintor i historiador, membre del Cercle Artístic de Sant Lluc. A més de ser-ne admirador, va treballar com a delineant amb Gaudí entre els anys 1914-1916 i va ser-ne el primer biògraf (1929). Va ser el primer en ocupar la càtedra Gaudí (1956-1959) de la Universitat Politècnica de Catalunya.

7 Francesc Folguera i Grassi (Barcelona, 1891-1960). Arquitecte titulat l'any 1917. Va ser seguidor de Gaudí i va publicar l'article "*L'arquitectura Gaudiniana*" al llibre de Ràfols.

8 Cèsar Martinell i Brunet (Valls, 1888 - Barcelona, 1973). Arquitecte titulat l'any 1916. Va ser seguidor de Gaudí i va aplicar els seus mètodes basats en els arcs equilibrats en uns quaranta cellers cooperatius. Va ser degà de l'Associació d'Arquitectes de Catalunya (1923) i professor de l'Escola d'Arts i Oficis de Barcelona (1929).

Va ser un dels fundadors del Centre d'Estudis Gaudinistes (1952) i autor de diversos llibres sobre Gaudí.

9 Joan Bergós i Massó (Lleida, 1894 - Barcelona, 1974). Arquitecte seguidor de Gaudí. Va ser professor de l'escola de Bells Oficis (1918-1924) i l'Escola del Treball (1930-1965). Va publicar diversos llibres sobre Gaudí i temes de construcció.

10 Joan Martí Matlleu, llavors estudiant de l'Escola de Comerç de Barcelona. Més endavant va ser professor de taquigrafia de l'Escola d'Alts Estudis Mercantils, escriptor i secretari de la Junta Constructora del Temple entre els anys 1916-1935.

11 Mossèn Gil Parés i Vilasau (Barcelona, 1880 - 1936) Va ser el primer capellà del Temple Expiatori de la Sagrada Família i amic de Gaudí. Va ser assassinat durant la Guerra Civil.

Gaudí, que tenia contusions molt greus i estava en estat agònic, va morir el dia 10 de juny de 1926 a les cinc de la tarda, acompanyat dels seus col·laboradors més directes.

La vetlla del cadàver i el funeral, que comprenia el trasllat des de l'hospital fins a la Sagrada Família, van ser multitudinaris (*imatge 4.2*) i Gaudí va ser enterrat a la cripta del Temple el 12 de juny.<sup>12</sup>

Tot i que la mort de Gaudí va ser accidental, aquest tenia 74 anys quan va morir, que era una edat molt avançada en aquella època. Probablement aquesta deuria ser una de les raons determinants perquè es decidís a estudiar en detall les parts més importants del temple, rodejat dels seus joves col·laboradors.

Amb la seva mort, es va produir una pèrdua molt profunda, però el mètode que regia el projecte ja estava plenament definit i els seus successors, perfectament formats. L'encarregat de succeir-lo va ser el seu col·laborador més proper en la darrera etapa, l'arquitecte Domènec Sugrañes<sup>13</sup>, assistit per Francesc Quintana i la resta de personal que havia treballat amb Gaudí.

El ritme de les obres era lent i bàsicament es van dedicar a acabar els tres terminals de la façana del Naixement –Gaudí només en va veure acabat un–, la part alta de les tres portalades, el pont i el xiprer.



**Imatge 4.1.-** Fotografia de l'any 1926. Amb una "x" s'assenyala el lloc on va ser atropellat en Gaudí.



**Imatge 4.2.-** Funeral de Gaudí (1926)

<sup>12</sup> La crònica diària dels successos es troba perfectament descrita a *El Propagador de la Devoció a San José* de juliol de 1926.

<sup>13</sup> Domènec Sugrañes apareix anomenat per primera vegada com a arquitecte director del temple a l'article "*Mientras se construye el órgano para la cripta de nuestro Templo*". (*El Propagador*, febrer de 1927).



## 4.2. El pavelló Gaudí, un projecte museogràfic fallit

La mort de Gaudí provoca que la seva figura prengui una nova dimensió i ben aviat una part dels intel·lectuals del país demanen que sigui restituïda com es mereix.

El mes següent a la seva mort, el juliol de 1926, l'escriptor Josep Maria Folch i Torres<sup>14</sup> publica un article a la revista *Gasetta de les arts* on exalta la figura de l'arquitecte i la seva obra. Aquest article acaba amb una petició pública dirigida a la Junta Constructora del Temple perquè converteixi en museu l'obrador de Gaudí.<sup>15</sup>

La petició va caure en l'oblit, però dos dels joves deixebles de Gaudí comencen a recopilar tota la documentació que l'arquitecte havia elaborat. En el moment de morir, els seus documents originals estaven repartits en dos arxius diferents. Un era el personal, que es trobava en el seu darrer habitatge del Park Güell i contenia tots els treballs acadèmics que havia realitzat a l'escola d'arquitectura<sup>16</sup> i part dels seus primers encàrrecs.

L'altre era a l'oficina tècnica del temple, on a partir de 1887 Gaudí hi porta a terme tota la seva tasca professional, tant l'obra civil com la de la Sagrada Família.

Un any després de la mort de l'arquitecte, el 1927, el seu seguidor Josep F. Ràfols va catalogar tots els documents de l'arxiu particular de Gaudí, elaborant-ne 568 fitxes que va lliurar a Isidre Puig Boada.

Part del valuós material va servir per il·lustrar els llibres de Ràfols sobre Gaudí (1928) i de Puig Boada sobre la Sagrada Família (1929). Posteriorment aquest darrer va dipositar tota la documentació del Park Güell a l'arxiu de la Sagrada Família, concentrant-ho tot en un mateix indret.

No obstant i això, l'obrador de Gaudí, que continuava funcionant sota la direcció de Domènec Sugrañes i Francesc Quintana, no era el lloc adequat per a conservar el material original –que restava amuntegat en carpetes que s'omplien de pols– i aviat va tornar a sorgir la idea de fer un arxiu per conservar el llegat del mestre.

El propi Ràfols va suggerir l'any 1932 la creació del museu al pavelló de Pedralbes<sup>17</sup>, que era obra de Gaudí, però segurament la Junta no deuria veure amb bons ulls desfer-se del llegat de l'arquitecte i la proposta no va

14 Josep Maria Folch i Torres (Barcelona, 1880-1950) va ser un novel·lista, narrador i autor teatral.

15 *Gasetta de les arts*. 1er de juliol, 1926. Any III - Núm. 52 p. 5-6

A continuació es transcriu el text on es demana la constitució del museu:

*"Un deure. — Aquestes valors de l'obra d'en Gaudí que hem deixat suara indicades, i la realitat de les quals hem procurat de fundar, ens obliguen a una cosa que no hauríem gosat de proposar a n'en Gaudí, que és fer un "Museu Gaudí". Aquest Museu té com a missió principal la de guardar els mil "no-res" que constituïen l'obrador del gran artista; les seves carteres d'estudis i projectes; les fotografies amb croquis de reformes al damunt; els petits esbossos imprecisos de les primeres idees; els rars projectes que executà; la reunió de totes les fotografies i clixés que constitueixen el corpus de la seva obra, ben detallada; ben demostrada. Caldria afegir-hi els bocets de filferro i els models escultòrics de naturalesa tan trencadissa, és a dir, fer Museu del que fou el seu obrador; exhibir en forma que es pugui conservar en sèms, tot el que es refereix a n'aquest cas únic. Aquest Museu deu ésser instal·lat a l'ombra del Temple, i si pogués ésser en el que fou l'obrador de l'arquitecte millor. Votariem perquè es conservés la seva modesta cambra amb el llit. Ella dóna un tret decisiu de la fisonomia moral de l'arquitecte; és la demostració de la renúncia total als béns del món, és el seu vot de pobresa; la cambra nupcial del seu maridatge amb l'obra. Estem segurs de que no cal pas fer a la Junta d'obra del Temple la recomanació de que guardi les relíquies gaudinianes."*

16 Al poc temps d'acabar la carrera, el 1878, Gaudí va escriure una carta a Elies Rogent, director de l'escola d'arquitectura de Barcelona, sol·licitant que se li retornessin tots els seus treballs acadèmics. La institució va accedir a la seva petició i va retornar-li tots els treballs, a excepció del projecte final de carrera, que consistia en un paranimf universitari.

17 Ràfols i Fontanals, Josep Francesc. "Per a la creació d'un Museu Gaudí.". *El matí*. Barcelona, 23 de maig de 1932.

prosperar.

En aquells anys la figura de Gaudí no era l'única que tenia interès per al públic. De fet, en paral·lel, cada cop més gent –nacional i estrangera– s'interessava per l'obra del Temple i en sol·licitava la visita turística<sup>18</sup>. El servei tenia la finalitat de donar a conèixer l'edifici per promoure i afavorir-ne la construcció, i consistia en un recorregut per l'obra, que acabava amb la contemplació de les maquetes situades al soterrani de la façana del Naixement. Tot i que la figura de Gaudí hi era present, no formava part de l'explicació principal.

La suma d'aquests dos factors, donar a conèixer l'edifici en construcció, a més d'ordenar i salvaguardar l'arxiu de l'arquitecte, va provocar que les entitats properes al Temple Expiatori decidissin tirar endavant el projecte de dedicar-li un petit museu dins dels seus dominis.

Per fer-ho possible, l'any 1934 la Junta Constructora va intensificar la col·laboració amb un conjunt d'entitats parroquials per afavorir la vida espiritual i material del temple en construcció. Aquest conjunt d'entitats es coneixia amb el nom de *Apostolado popular del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia*, i els seus objectius es concretaven en tres punts, que es transcriuen a continuació<sup>19</sup>:

1º) *Hacer todo lo posible para impulsar las obras del Templo.*

2º) *Divulgar las enseñanzas religiosas y artísticas, que del mismo se dimanar, y*

3º) *Habilitar un local, que llevará el nombre de "Sala Gaudí", el cual además de servir para la exposición permanente de las obras y estudios del genial arquitecto del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia, que hoy no tiene lugar adecuado, contribuya a las actividades expuestas en los apartados precedentes.*

Amb l'acord d'aquest conveni, finalment es començava a concretar la materialització del futur museu. Per construir-lo, la Junta Constructora va reservar la porció central del jardí que limitava amb l'habitatge del capellà custodi i la porta del solar pel carrer Mallorca. En aquest espai l'arquitecte director Domènec Sugrañes hi va projectar un edifici modest, de dimensions similars a les escoles provisionals del temple.

El pavelló constava de tres seccions: la central, denominada pròpiament "sala Gaudí", que havia de contenir la col·lecció de quadres amb ampliacions fotogràfiques de les obres més notables de l'arquitecte, especialment les que, a parer de l'apostolat, van servir d'assaig i preparació per a les obres de la Sagrada Família; a la part baixa de la sala s'havia de situar un armari corregut amb les carpetes dels estudis originals d'aquestes obres perquè poguessin ser consultades pels tècnics; el contingut de la sala es completava amb reproduccions dels

18 En un principi els mateixos operaris facilitaven l'accés a les obres i, a canvi, s'exigia el donatiu d'una pesseta per compensar l'estona perduda de treball. Donat el nombre creixent de visitants, a partir del mes de març de 1915 es va instaurar un servei de guia oficial. Les tarifes eren d'una pesseta per visitar les maquetes del soterrani del Naixement, una pesseta per accedir a l'obra i a les torres en construcció, o 1,50 pessetes per la visita completa. Els diumenges i les tardes de les vigílies de festa la visita era gratuïta.

*El Propagador de la Devoción a San José*, maig de 1915.

19 La reunió per impulsar el "*Apostolado popular del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia*" va tenir lloc el 21 de novembre de 1934 i estava formada per les següents associacions: Amics de la Sagrada Família, Congregación de la Purificación y San Francisco de Borja, Liga Parroquial de Perseverancia, Apostolado de la Oración, Catecismos parroquiales i Congregación de la Inmaculada y del Ángel de la Guarda.

*El Propagador de la Devoción a San José*, desembre de 1934.

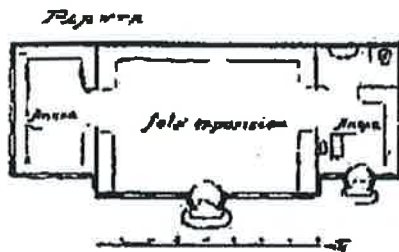
elements que s'havien de construir a la Sagrada Família i uns bastidors mòbils amb la retrospectiva del Temple i la pauta traçada per a la seva continuïtat (*imatge 4.3*).

La secció principal disposava d'un annex a cada costat, on s'hi havien d'instal·lar diorames: un amb l'escena de la col·locació de la primera pedra, i l'altre amb una visió de l'edifici acabat.

El contingut d'aquests annexos quedava completat així: en un, la biblioteca particular de Gaudí i els llibres publicats per l'Associació Espiritual de Devots de Sant Josep o sobre el Temple; i en l'altre, les oficines de l'Apostolat Popular, junt amb l'arxiu administratiu de la Junta Constructora.<sup>20</sup>



**Croquis del proyecto de pabellón destinado a la Sala Gaudí. Está inspirado en el pabellón provisional también, destinado a escuelas parroquiales, enclavado en el recinto del templo, según dibujo del arquitecto Sr. Suguñea.**



**Plano del pabellón, con dos anexos para los servicios complementarios que proyecta implantar el Apostolado Popular del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia.**

**Imatge 4.3.-** Projecte del "Pavelló Gaudí", publicat a "El Propagador" de la primera quinzena de gener de 1935.

### Labor de Apostolado

Si queréis que aumente la difusión de LO QUE ES y LO QUE DEBE SER el Templo Expiatorio de la Sagrada Familia, abrazad su Apostolado. Ofreced vuestra colaboración al Apostolado Popular del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia.

Enviad vuestra adhesión al Director de EL PROPAGADOR, quien tendrá además suma complacencia en recibir vuestra visita y en corresponder a vuestras nobles atenciones para con el Templo y sus obras. Al efecto, acudirá todos los jueves de cuatro a cinco de la tarde y los domingos de once a doce de la mañana, a las oficinas del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia.

**¡Josefinos! Devotos de la Sagrada Familia!**

¡Haced todo lo posible para salvar el Templo Expiatorio que a todos debe protegernos, el Templo Expiatorio de la Sagrada Familia que debemos legar con vida próspera a las generaciones que llegan, tal como nosotros lo recibimos de las generaciones que se van...!

### Pabellón Gaudí

**Ayudad al Apostolado Popular del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia mediante la construcción del PABELLÓN GAUDÍ.**

**Imatge 4.4.-** Crida als donatius per edificar el "Pavelló Gaudí", publicada en el número d'abril de 1935 de "El Propagador"

20 La descripció completa del pavelló del futur museu es troba al número de la segona quinzena de gener de *El Propagador*.

La comissió no va considerar adient construir el pavelló amb els donatius rebuts per aixecar la Sagrada Família i va decidir fer una crida independent per promoure'n la seva construcció.

El dia 13 de gener de 1935 es va fer la col·locació de la primera pedra (*imatge 4.5*) i, a petició de la junta, Joaquim Ruyra<sup>21</sup> va fer una crida demanant almoïna per a la seva edificació, una crida que posteriorment va ser publicada en diversos diaris.<sup>22</sup>

Fins i tot el mateix dia de la crida d'aquest escriptor, el representant de la *Federación de Jóvenes Cristianos de Cataluña* –que era present en l'acte de la primera pedra– va fer l'ofertament de costejar la construcció del pavelló. Tanmateix, el que a priori semblava un èxit assegurat, va acabar de forma molt diferent a causa de diversos entrebancs.

La campanya popular de recollida per al futur museu va coincidir amb altres dues: la general, destinada a la construcció del temple; i una d'específica destinada a acabar el cupulí de Montserrat. L'excés de captes va provocar que les aportacions per construir el pavelló fossin minses i en un any tan sols es van aplegar 311,10 pessetes<sup>23</sup>. Una senzilla comparació permet visualitzar l'escassetat d'aquesta xifra: la subscripció anual a la revista *El Propagador* valia 5 pessetes, o sigui que només es van recollir l'equivalent a 60 subscriptors<sup>24</sup>.

Els números anteriors demostren que la campanya per al pavelló Gaudí va suscitar poc interès per al públic en general, que va preferir destinar les almoïnes a la construcció del Temple.

De totes maneres, el factor econòmic no va ser el motiu que va impossibilitar-ne la construcció, i en qualsevol cas, si hagués estat l'únic obstacle només hauria provocat un endarreriment en la seva execució.

21 Joaquim Ruyra i Oms (Girona, 1858 - Barcelona, 1939). Va ser un escriptor i poeta català, amic de Gaudí que l'havia visitat assíduament a l'obrador del temple.

22 La crida es va publicar a *El Propagador* de la segona quinzena de gener de 1934, a *La Vanguardia* (17-2-1934) i a *La Veu de Catalunya* (19-2-1934).

23 Relació de donatius publicats per a la construcció del *Pabellón Gaudí*:

*Primera lista de limosnas para la construcción del Pabellón Gaudí en el Templo Expiatorio de la Sagrada Familia. (El Propagador, 15/3/1935)*

*Barcelona, 16 de Enero 1935, Sra. Vda. de Cunill, 25 ptas. – Primera colecta Pabellón Gaudí, en los jardines del Templo, 19,10 ptas. – 19 de Enero, B.M., 4 ptas. – J. Vives Borrel, 5 ptas. – 13 de Febrero, C.D., 5 pesetas. – 14 Febrero, Juan Martí Matlleu, 15 ptas. – 26 Febrero, Barcelona, J.C., 5 ptas. – 27 Febrero, cinco obreros, 5 ptas. Total: 83,10 pesetas.*

*Segunda lista de limosnas para la construcción del Pabellón Gaudí en el Templo Expiatorio de la Sagrada Familia. (El Propagador, 15/4/1935)*

*Suma anterior: 83,10 ptas. – 15 marzo, La Bisbal, J.F.C.V., 2 ptas. – 20 marzo, Barcelona, entregado por conducto del Rdo. Cura Económico, Sr. Bertrán, 5 ptas. – 2 abril, Barcelona, C.C. (por conducto de la Rda. M. Superiora del Asilo "Desierto de Sarriá"), 25 ptas. – 5 abril, Barcelona, José Artigas, 1 pta. – 8 abril, Barcelona, Dario Vilás, 20 pesetas. – Total: 126,10 ptas.*

*Tercera lista de limosnas para la construcción del Pabellón Gaudí en los jardines del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia. (El Propagador, 15/6/1935)*

*Suma anterior: 126,10 pesetas. – 13 abril, Lérida, José Ciurana Maijó, 100 ptas. – 2 mayo, Barcelona, Ll. B., 20 ptas. – 17 mayo, Olot, Un suscriptor, 15 ptas. – Total: 261,10 pesetas.*

*Cuarta lista de donativos para la construcción del Pabellón Gaudí en los jardines del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia. (El Propagador, 15/10/1935)*

*Suma anterior: 261,10 ptas. 25 de junio, Barcelona, "Academia Michaela", 50 ptas. Total: 311,10 ptas.*

24 Una altra xifra indicativa és la recaptació per al cupulí de Montserrat, que en 22 col·lectes mensuals va aconseguir 2.199,25 pessetes; o la general del Temple en tot l'any 1935, que va sumar-ne 145.959,74.

L'any 1935, el de la darrera capta per al museu, sorgeixen discrepàncies dins de l'*Apostolado Popular* i a Joan Martí Matlleu, que llavors era el secretari de la Junta, "el dimiteixen"<sup>25</sup>. Amb la marxa de Matlleu, un dels principals impulsors del museu, el projecte va quedar aturat i el llegat de Gaudí va continuar deteriorant-se.

L'any següent, en veure que la Junta no tirava endavant el projecte, Matlleu va decidir demanar ajuda institucional i el 16 de juliol de 1936 adreça una carta a Ventura Gassol, conseller de Cultura de la Generalitat de Catalunya. En aquesta carta suplica a la Generalitat que s'adreci a la Junta perquè desempolsi, classifiqui i ordeni el llegat artístic de Gaudí, constituint un arxiu adequat que el retorni al camí abandonat (del museu). En cas que això no sigui possible, Matlleu demana que el llegat sigui dipositat en una de les sales del Museu d'Art de Catalunya.

Malauradament, només al cap de tres dies, abans que la Generalitat pogués donar contesta a la petició de Matlleu, l'arxiu de Gaudí es va perdre per sempre.

AÑO LXIX — Núms. 2 y 3

15 enero y 1.º febrero de 1935

## EL PROPAGADOR DE LA DEVOCIÓN A SAN JOSÉ

Boletín quincenal, órgano oficial de la "Asociación Espiritual de Devotos de San José, de España" iniciadora y propulsora de las obras del TEMPLO EXPIATORIO DE LA SAGRADA FAMILIA

### SUSCRIPCIÓN ANUAL:

España, 5.— pesetas — Extranjero, 7.— pesetas

Dirección y Redacción: Oficinas del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia, Calle de Provenza, núm. 450 BARCELONA  
 Administración: Librería «Herederos de la Vda. Pla», Fontanella, 15 - Tel. 21653 Apartada de Correos núm. 10



La Comissió organitzadora del Pavelló Gaudí inaugura su cometido el día de la Festividad de la Sagrada Familia. (Cliché Brangulí).

**Imatge 4.5.-** Acta de col·locació de la primera pedra del "Pavelló Gaudí"

25 En la redacció d'aquest paràgraf s'ha emprat la mateixa expressió utilitzada per Enric Casanelles en el seu article. Casanelles i Farré, Enric: "Gaudí, ahir. Notes marginals" dins del llibre: AAVV. *Antoni Gaudí. L'home - l'obra - l'anècdota*. Barcelona, Criterion. Editorial Franciscana, 1964. p. 66  
 Enric Casanelles i Farré (Cervera, 1914 - Barcelona, 1968) va ser crític i investigador d'art. Va ser soci fundador (1952) i secretari (1954) de la societat "Amics de Gaudí".

### 4.3. L'esclat de la Guerra Civil i la destrucció de l'obrador

El 19 de juliol de 1936, dos dies després de l'alçament militar contra la República, comença a Barcelona el clima de revolta popular. Els esvalotadors de la FAI (*Federación Anarquista Ibérica*), que tenen en els símbols eclesiàstics un dels seus principals objectius, entren al Temple de la Sagrada Família i provoquen importants destrosses.

L'atac va afectar el Temple en tota la seva extensió: van cremar la cripta, l'obrador de Gaudí, els tallers del soterrani de la façana del Naixement i les escoles.

#### 4.3.1. Cripta

La cripta, que servia com a parròquia, contenia el panteó de la família Bocabella –fundadors del Temple– i la tomba de Gaudí. Els revoltats van causar-hi destrosses en tota la seva extensió: paviments, finestrals, retaule, imatges i mobiliari (*imatges 4.6 i 4.7*). També van destrossar el panteó Bocabella i en van profanar les tombes. Tot seguit, es van dirigir cap a la tomba de Gaudí.

La tomba de l'arquitecte, que es va improvisar després de l'atropellament, era més senzilla i consistia en un forat al terra de 80 centímetres de fondària, cobert amb una volta de rajola i una làpida modesta. En arribar-hi, van fer un forat al centre, van retirar la coberta del taüt i, van veure –a través del vidre– el cadàver embalsamat de Gaudí. Quan anaven a treure'l, Ricard Opisso<sup>26</sup>, que havia estat ajudant de l'arquitecte, va alertar els revolucionaris i els va demanar respecte per al difunt.

Una part dels revoltats, junt amb Opisso, van vetllar la tomba durant vuit dies perquè no es produís cap nou atac. Posteriorment van reomplir el forat amb runa per dissimular l'espai profanat.<sup>27</sup>



Imatge 4.6.- Estat de la cripta després de les revoltes.



Imatge 4.7.- Altar.

<sup>26</sup> Ricard Opisso i Sala (Tarragona, 1880 - Barcelona, 1966). Dibuixant i caricaturista català. L'any 1892 va entrar a treballar com ajudant de Gaudí a la Sagrada Família, on va estar-hi sis anys.

<sup>27</sup> Extracte del relat de Jaume Martínez, que era sagristà del Temple quan es produïren els fets. *El Propagador de la Devoción a San José*, novembre de 1947.

4.3.2. Obrador

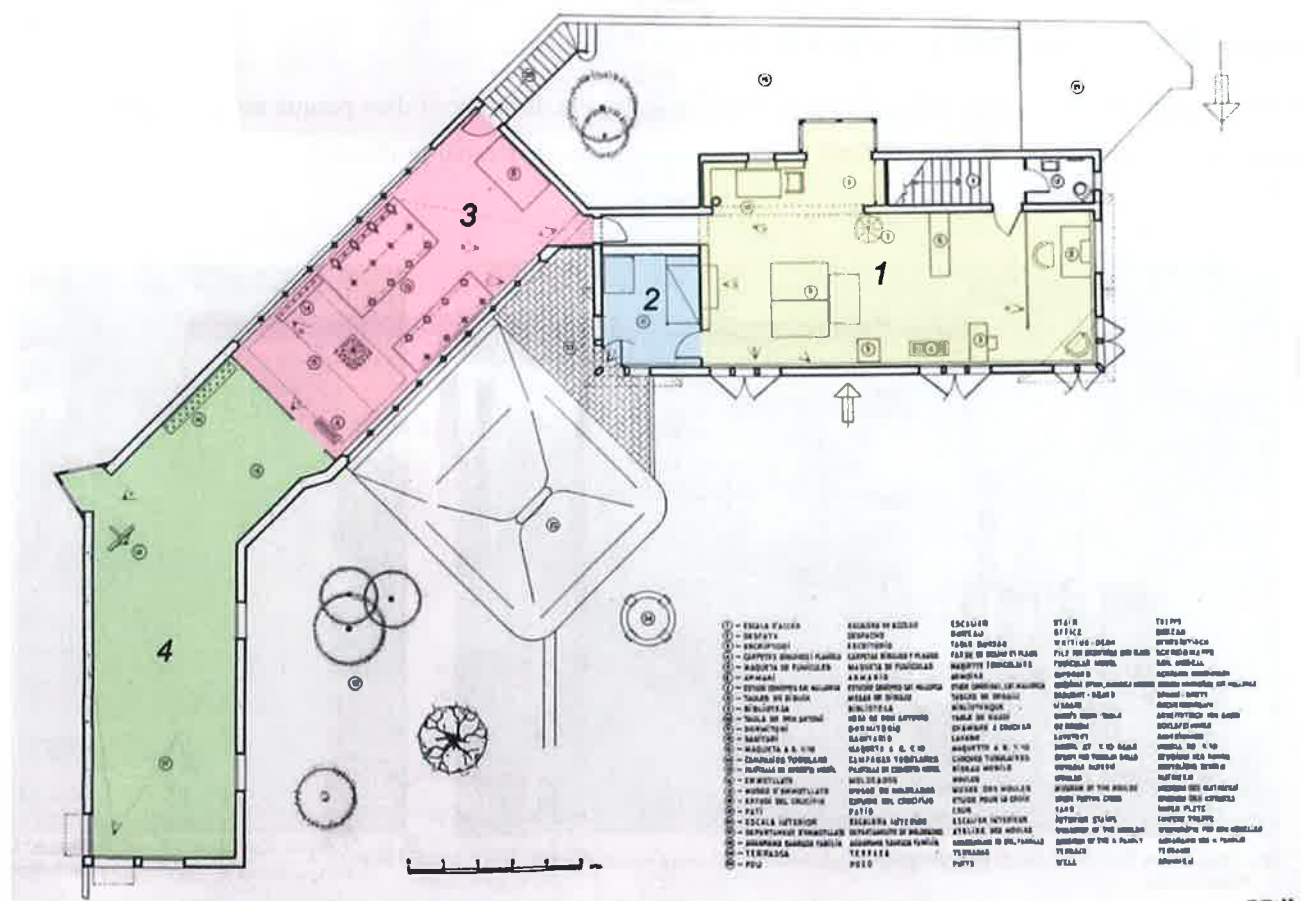
L'edifici situat a la cantonada dels carrers Sardunya i Provença (*imatges 4.9 i 4.10*), que contenia la casa del capellà custodi i l'estudi de Gaudí, va tenir el mateix final. A la primera planta es situava l'obrador, que es dividia en quatre zones:

L'ala del carrer Provença acollia l'oficina tècnica, equipada amb taulells de dibuix, on Gaudí i els seus col·laboradors definien els plànols del Temple (*imatge 4.11*). Aquesta sala contenia tots els plànols elaborats i és on Puig Boada va dipositar totes les carpetes procedents del Park Güell.

El segon espai estava situat en l'angle interior de la cantonada amb el carrer Sardunya, on hi havia l'auster dormitori de Gaudí, equipat amb un llit i una tauleta (*imatge 4.12*). Aquesta habitació va ser el seu habitatge durant els darrers sis mesos de la seva vida.

En el xamfrà estava ubicat l'estudi fotogràfic, on l'arquitecte feia muntar les maquetes de la solució vigent per estudiar-ne el seu perfeccionament. En els darrers anys Gaudí va fer modificar aquesta sala i va incorporar-hi una lluernia practicable que li permetés encabir els models de guix de les naus a escala 1:10 (*imatge 4.14*).

Per últim, en l'ala del carrer Sardunya hi havia el magatzem dels models antics. Contenia algunes maquetes descartades –que s'havien retirat de l'estudi fotogràfic–, les estàtues de guix i els motius ornamentals (*imatge 4.13*).



Imatge 4.8.- Planta primera. Estudi obrador de Gaudí abans de la destrucció de 1936.

- 1.- Oficina Tècnica
- 2.- Dormitori
- 3.- Estudi fotogràfic i sala de maquetes
- 4.- Magatzem de models i escultures de guix.



Imatge 4.9.- Obrador abans de les revoltes.



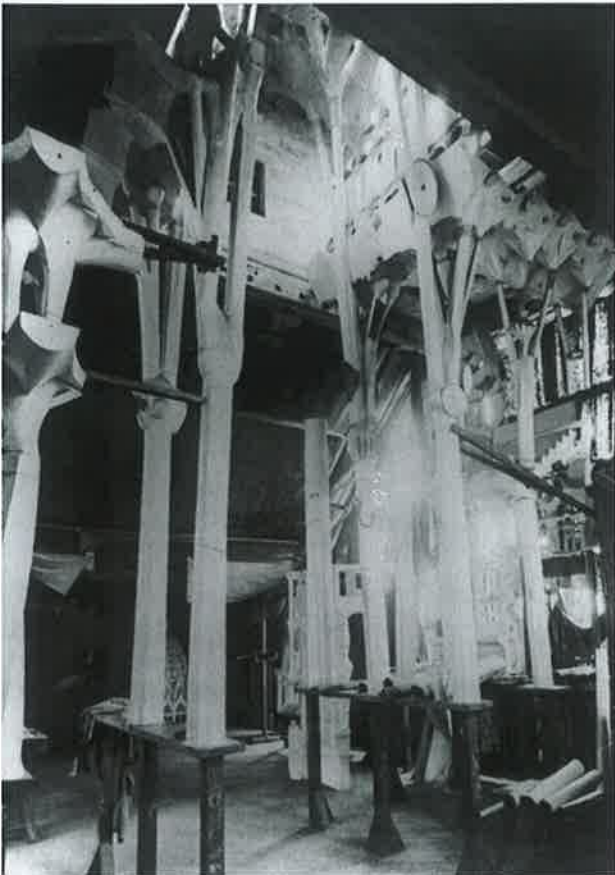
Imatge 4.10.- Vista del conjunt, anterior a 1936.



Imatge 4.11.- Oficina tècnica.



Imatge 4.12.- Dormitori de Gaudí



Imatge 4.13.- Magatzem de models i escultures.

Imatge 4.14.- Estudi fotogràfic i sala de maquetes.



Degut a les iniciatives fallides per constituir un museu, l'obrador encara contenia l'autèntic arxiu dels treballs realitzats per Gaudí. Les revoltes de la Guerra Civil el van incendiar i el sostre de fusta es va enfonsar, esmicolant-ho tot (*imatges 4.15 a 4.17*). Els plànols i les fotografies en paper es van perdre per sempre i els models de guix van quedar reduïts a bocins sota la runa.

Una colla de voluntaris va recollir els fragments més significatius i els va amagar, però una nova acció dels violents, produïda el maig següent, va malmetre encara més els fragments originals que s'havien intentat protegir.



**Imatge 4.15.-** Destrucció de l'obrador. 19 de juliol de 1936.



**Imatge 4.16.-** L'obrador destruït.



**Imatge 4.17.-** L'obrador destruït.

### 4.3.3. Tallers

L'obrador no era l'única zona del Temple on es guardaven maquetes de guix. Des que es va establir el pla monumental, Gaudí va considerar necessari dedicar els soterranis dels claustres a les escoles i tallers d'arts i oficis que caldrien per a la seva construcció.

En aquella època, l'únic soterrani construït era el de la façana del Naixement, que contenia el taller de modelistes.<sup>28</sup> Aquest espai es dividia en dues zones: la primera era pròpiament el taller, on s'elaboraven les maquetes i es guardaven les versions prèvies que l'arquitecte havia descartat (*imatge 4.18*); l'altra era visitable pel públic que sol·licitava la guia turística i contenia, entre d'altres objectes, dues maquetes a escala 1:25 de tota la façana del Naixement (*imatge 4.19*). Tots aquests models van tenir un final similar als de l'obrador: van ser trencats i cremats el 19 de juliol de 1936.

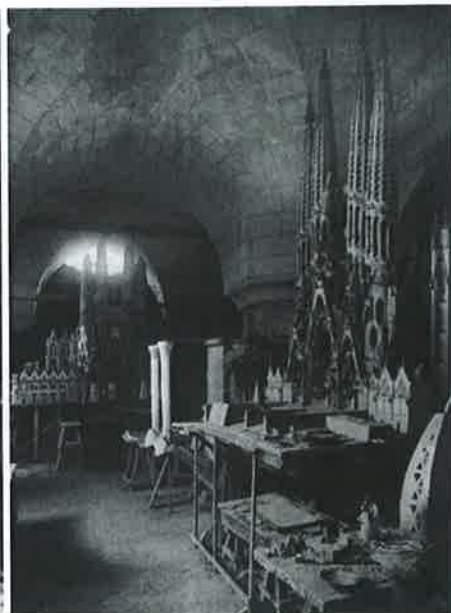
En una actuació d'emergència, un grup de voluntaris, ajudats per la brigada municipal<sup>29</sup>, van recollir i paredar els fragments, per preservar-los de nous atacs.

### 4.3.4. Escoles

La resta de l'edifici també va ser atacat. Les escoles provisionals de la Sagrada Família, que es van construir l'any 1909 i es trobaven a prop de la cantonada dels carrers Mallorca i Sardunya, van ser incendiades. Fins i tot els campanars van estar a punt de ser dinamitats, però a darrera hora van aconseguir dissuadir els revoltats de fer-ho.



**Imatge 4.18.-** Taller de modelistes al soterrani. Zona de treball.



**Imatge 4.19.-** Taller de modelistes al soterrani. Zona visitable amb el recorregut turístic.

<sup>28</sup> El taller de modelistes està documentat des de 1897 i provisionalment ocupava l'espai destinat a la serralleria. *El Propagador*, juliol de 1897.

<sup>29</sup> La Generalitat de Catalunya va nomenar a Lluís Bonet i Gari arquitecte col·laborador del salvament del patrimoni, que va liderar la campanya de recollida de fragments de les maquetes del Temple.

Bonet i Armengol, Jordi: *L'últim Gaudí*. Barcelona, Ed. Pòrtic, 2000. p. 46.

#### 4.4. Constitució de la nova junta i nomenament dels arquitectes continuadors

Quan va acabar la guerra es va constituir la nova junta del Temple, amb l'objectiu de començar la restauració de totes les zones afectades i recopilar la informació necessària per a recuperar el projecte de Gaudí.

En l'aspecte tècnic van tenir un paper rellevant els deixebles de Gaudí, que eren els màxims coneixedors del projecte.

Quan Gaudí va morir, la junta va dipositar la seva confiança en Domènec Sugrañes, que era el col·laborador més important de la darrera etapa del mestre, i que va tenir, com veurem més endavant, un paper decisiu en la definició i el càlcul estructural de les darreres versions de les naus. La destrucció causada durant la guerra, amb la crema de la documentació original i l'esmicolament de les maquetes, va ser una de les principals causes de la pèrdua del material, a la qual se n'hi va sumar una altra de cabdal: Sugrañes, el successor nat del mestre, es va desesperar amb la destrucció de l'obrador, fins al punt de dir que "s'havia acabat tot"; va morir l'any 1938, abans que acabés el conflicte bèl·lic. Per tant, els anys de la guerra van ser fatídics per a la continuació de les obres, amb la pèrdua d'una part molt important del llegat material i humà que permetien continuar les ensenyances de Gaudí.

Un cop acabada la guerra, el càrrec d'arquitecte director va recaure en Francesc de Paula Quintana, que també havia estat arquitecte ajudant de Gaudí i posteriorment, des de la mort del mestre, de Sugrañes. Quintana tenia uns alts coneixements de geometria –així ho demostren les explicacions tècniques sobre el projecte gaudinià<sup>30</sup>. La seva experiència, adquirida al llarg dels anys com a col·laborador de Gaudí i de Sugrañes, va ser decisiva per traspassar aquests coneixements a les noves generacions.

La recuperació de l'obra gaudiniana era una tasca immensa per a una sola persona, i en aquest procés van intervenir els joves admiradors que el mestre havia adoctrinat –a través de col·laboracions o converses– en el seu obrador.

D'una banda, van intervenir-hi els joves Isidre Puig Boada i Lluís Bonet Garí, que es van incorporar com a arquitectes ajudants i van tenir un paper fonamental en la recuperació del projecte del Temple, fins a esdevenir-ne, amb la desaparició de Quintana, arquitectes directors.

A més de ser un dels principals recuperadors del projecte, Puig Boada va escriure diversos llibres sobre el Temple i va ser-ne un dels principals divulgadors. Bonet Garí, que havia intervingut en les campanyes de salvament del material durant les revoltes, també va jugar un paper molt important en la recuperació i interpretació del projecte després de la guerra, tasca que va compaginar amb la seva important carrera professional que va desenvolupar al marge de la Sagrada Família.

30 Quintana va publicar un article anomenat "*Les formes guerxes del Temple de la Sagrada Família*", on demostrava els seus coneixements de geometria. Aquests coneixements es remarquen en els peus de pàgina, on fa explicacions tècniques que van més enllà del coneixement de les propietats bàsiques.

Quintana i Vidal, Francesc de Paula. *Les formes guerxes del Temple de la Sagrada Família*. Revista *La ciutat i la Casa*. Any III, nº 6. Barcelona. 1927.

Podem destacar els comentaris sobre geometria on explica la construcció del pla director d'un paraboloid hiperbòlic, que es troba en la pàgina 29 de l'article.

Aquest text es va incloure en el llibre de Ràfols publicat el 1928 en català i traduït al castellà l'any 1929. (p. 203).

A banda d'aquests dos joves entusiastes, un altre sector d'admiradors va intervenir en el restabliment de l'obra i de la figura de Gaudí, amb l'aportació del seu coneixement. D'entre aquests, podem destacar Josep Francesc Ràfols, Joan Bergós i Cèsar Martinell.

Ràfols va ser el primer biògraf de Gaudí i, com ja hem dit en apartats anteriors, va treballar activament en la classificació del material del mestre, una feina que va realitzar poc després de la seva mort.<sup>31</sup> Posteriorment va ser el primer titular de la Càtedra Gaudí, que és un dels principals centres de documentació sobre l'arquitecte.

Joan Bergós també va ser biògraf de Gaudí, a més de professor de construcció en diverses escoles, i va elaborar diversos llibres sobre construcció i resistència de materials on feia referència a l'arquitecte<sup>32</sup>. Bergós també va aplicar els seus coneixements de construcció en l'obra del Temple i va publicar un llibre sobre voltes a la catalana, que contenia una proposta constructiva per als sostres i les cobertes de la darrera solució de les naus, a la qual ens referirem en l'última part d'aquesta tesi.<sup>33</sup>

Martinell també va tenir un paper actiu en la recuperació de Gaudí i la seva obra, i va ser-ne un dels principals estudiosos, amb la publicació de diversos llibres.<sup>34</sup>

Un cop es va constituir la nova Junta i es van nomenar els nous arquitectes responsables dels treballs, la represa de l'obra va començar per la restauració de la cripta, que havia quedat en un estat lamentable, ja que a la destrucció de la guerra s'hi va sumar l'amuntegament de runa en el seu interior. Els treballs de buidat van durar tres mesos i van comptar amb la col·laboració desinteressada d'una vintena de veïns. Les obres de reconstrucció es van allargar sis anys i es van finançar amb els diners que la Junta tenia reservats abans de la guerra per a la construcció d'una sagristia<sup>35</sup>.

Quan les tasques de reconstrucció estaven bastant enllestides, la prioritat màxima va ser recuperar el projecte de Gaudí a través dels plànols, les fotografies i les maquetes, i per això era vital recopilar la màxima informació possible.

31 Ràfols i Fontanals, Josep Francesc. *Gaudí*. Barcelona. Editorial Canosa, 1928 (edició catalana) i 1929 (en castellà)

32 D'entre aquests podem citar:  
Bergós i Massó, Joan. *Materiales y elementos de construcción. Estudio experimental*. Barcelona. Editorial Bosch. 1953.

33 Bergós i Massó, Joan. *Tabicados Huecos. Bases para las dimensiones de las bóvedas y cubiertas del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia*. Barcelona. Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares. 1965.

34 D'entre els diversos llibres publicats per Martinell podem destacar:  
- *Gaudí i la Sagrada Família comentada per ell mateix*. Barcelona. Editorial Aymà. 1951.  
- *La Sagrada Família*. Barcelona. Editorial Aymà. 1952.  
- *Gaudinismo*. Barcelona. Publicaciones "Amigos de Gaudí". 1954  
- *Gaudí, su teoría, su vida, su obra*. Barcelona. Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares, 1967

35 *El Propagador de la Devoción a San José*. Març de 1945, p. 267.

A les pèrdues ocasionades durant la destrucció de l'any 1936 s'hi havia afegit el pillatge en el temps en què el solar havia estat abandonat. Tot i que la documentació publicada per Ràfols i Puig Boada en els seus llibres era molt valuosa, no era suficient per refer l'obra. Per intentar pal·liar-ho, l'Associació de Devots de Sant Josep va convocar una crida en el seu butlletí perquè tothom que tingués documents de Gaudí els cedís al temple<sup>36</sup> (imatge 4.20).

### **Llamamiento a todos los que poseen documentos referentes al genial arquitecto Gaudí**

Para reconstruir el archivo GAUDI, destrozado durante la revolución, hacemos un llamamiento a todos aquellos que, sintiendo emoción ante la magnitud de la obra del artista, posean fotografías, planos, autógrafos, etc., datos todos, por nimios que puedan parecer, del máximo interés una vez ordenados y catalogados convenientemente.

Pueden dirigirse al mismo Templo o bien en esta Administración.

Por anticipado damos las gracias más sinceras a todos los que contribuyan y nos manden lo que tengan referente a GAUDÍ.—La Junta del Templo

*Imatge 4.20.- Crida per recopilar material de Gaudí. Publicat a "El Propagador" (Juliol de 1944)*

#### 4.5. Els treballs de recuperació del projecte i la importància de les maquetes

L'any 1945 es va refer l'oficina tècnica del temple en la seva ubicació original i es va incorporar en plantilla un nou arquitecte, al qual es va sumar la col·laboració de mitja dotzena d'estudiants<sup>37</sup>.

Poc a poc es va anar incorporant material a la nova oficina, que es va equipar amb reproduccions de plànols de Gaudí –publicats en els llibres ja esmentats–, reproduccions de les fotografies del projecte, publicacions sobre l'arquitecte<sup>38</sup> i trossos recuperats de les maquetes originals<sup>39</sup>. Tota aquesta documentació va resultar imprescindible per a la recuperació del projecte.

En primer lloc, els plànols donaven idea del conjunt de l'edifici, i per la seva importància, podem destacar les plantes, els alçats des del Naixement i la Passió i les seccions, que hem recollit en l'annex 1 d'aquesta tesi.

Les fotografies també eren de gran ajut en els treballs de recuperació perquè permetien identificar les diverses solucions que havia plantejat Gaudí per al projecte, i, al mateix temps, permetien situar els bocins de les maquetes que s'anaven recuperant.

Per últim, hi varen intervenir els fragments dels models de guix que s'anaven recuperant, que es van convertir en el material fonamental per diversos motius:

El primer era que l'arquitecte havia creat una geometria que es basava en les superfícies reglades i, per tant, els plànols en dues dimensions no eren prou eficaços per a projectar ni representar la seva nova arquitectura. A més a més, el treball en plànols no era habitual en Gaudí, que pràcticament només els emprava per complir l'expedient administratiu. Prova d'això n'és la seva trajectòria professional, on els plànols millor delineats eren els del Palau Episcopal d'Astorga<sup>40</sup>, que s'havien de sotmetre a l'aprovació de la *Real Academia de San Fernando*, o els de la casa Fernández y Andrés de León (Botines), que era una obra dirigida a distància.

Una mostra més d'aquesta manera de fer Gaudí la descriu Cèsar Martinell<sup>41</sup>, que recull les seves paraules:

*“Ensenya una planta del Temple dibuixada per ell sols a bocins. Diu que és un “potiner” i que no sap dibuix. La planta no està feta tota ella perquè “no en sap més”, perquè té peresa intel·lectual i no vol seguir el procediment d'agafar llibres, retallar i enganxar els retalls, com fan alguns. Diu que l'únic dibuix que ha fet en la seva vida és el projecte de la façana de la catedral de Barcelona original de l'arquitecte Joan Martorell, de qui fa grans elogis.”*

37 *Op. cit.* Setembre - Octubre de 1945. p 138

38 Als llibres ja comentats de Ràfols (1928, 1929) i Puig Boada (1929) es van sumar publicacions i revistes escrites just després de la mort de l'arquitecte.

39 Els primers plànols realitzats per la nova oficina van ser: una planta de conjunt del Temple, un alçat de la façana del Naixement i un finestral de la nau.

*El Propagador de la Devoción a San José.* Desembre de 1945, p. 441.

40 *“Gaudí en sus últimos años consideraba los planos de un edificio como orientación provisional susceptible de ser mejorada; pero como en este caso la obra debía construirse con subvenciones del Estado, ello exigía la formación de un proyecto completo.”* Martinell i Brunet, Cèsar: *Gaudí, su vida, su teoría, su obra.* Barcelona. Publicaciones del COACB, 1967. P. 279

41 Martinell i Brunet, Cèsar: *Gaudí i la Sagrada Família, comentada per ell mateix.* Barcelona. Editorial Aymà, 1951. P. 79. Conversa amb Gaudí transcrita el 21 de març de 1915.

Els canvis constants en el projecte eren un altre dels factors determinants. Al llarg de tota la seva carrera i a excepció de les dues obres castellanès, Gaudí introduïa canvis notables durant el transcurs de les obres, el que provocava que el resultat final fos molt diferent dels plànols originals. Una bona mostra d'això la podem trobar en la casa Milà o fins i tot en el propi Temple.

Aquests dos factors –el poc interès en realitzar plànols i els canvis constants– van provocar que existissin pocs plànols de conjunt del Temple i que aquests no estiguessin actualitzats. Així ho reflecteixen les mateixes cròniques de *El Propagador*, on els plànols que il·lustraven els textos no es corresponien, en la majoria dels casos, amb la darrera versió del projecte que s'explicava.

Per tant, els pocs plànols que es van salvar, reproduïts en els llibres sobre Gaudí, el Temple i en articles de l'època, es reduïen a uns pocs dibuixos que es repetien en la majoria de publicacions. La resta de plànols, de treball en zones concretes i segurament menys vistosos, no es van reproduir enlloc i van desaparèixer per sempre l'any 1936.

Les maquetes també es van cremar i esmicolar en la fatídica revolta, però la naturalesa del seu material, el guix, va fer que fossin incombustibles. Aquesta era l'autèntica eina projectual de Gaudí, on podia expressar en tres dimensions totes les solucions que anava evolucionant amb l'ús de la geometria reglada. Així ho va recollir Lluís Bonet Garí –un dels seus continuadors– al cap de poc de morir l'arquitecte<sup>42</sup>:

*“...En Gaudí ens ha deixat el tresor millor per a la seva obra. Sense ell hauríem pogut eixir divagacions en l'aplicació de les formes arquitectòniques, fent dubtar als que segueixin els seus plans pel mitjà de superfícies reglades, però el traçat geomètric d'ells, els ha donat una claredat gràfica completament nova que facilitarà la interpretació de tot el que ell projectava per al grandios Temple. Aquests estudis dels seus darrers anys són les aplicacions de la geometria de l'espai a la seva arquitectura; sense ella les formes mares, no trencades, que veiem en les seves obres no haurà pogut deixar-les en cap projecció, sinó en un gran model intervingut curosament per ell...”*

La frase anterior ens mostra la importància cabdal que tenien les maquetes per Gaudí, i posteriorment, per als seus seguidors.



**Imatge 4.21.-** Arxiu de models recuperats. (1965)

42 AAVV. Antoni Gaudí. *La seva vida, les seves obres, la seva mort*. Barcelona. Editorial Poliglota, 1926. P. 25.

#### 4.5.1. El treball de recuperació de la darrera versió de les naus<sup>43</sup>

Els treballs de reconstrucció es van concentrar en recopilar tot el material dispers entre les runes, tasca que no era gens senzilla (*imatge 4.21*).

El treball no es limitava només a recopilar i enganxar tots els fragments, perquè, com s'ha avançat en el capítol anterior, l'arquitecte va fer diverses versions del temple i per a més dificultat, dins de cada versió hi havia diverses variants.

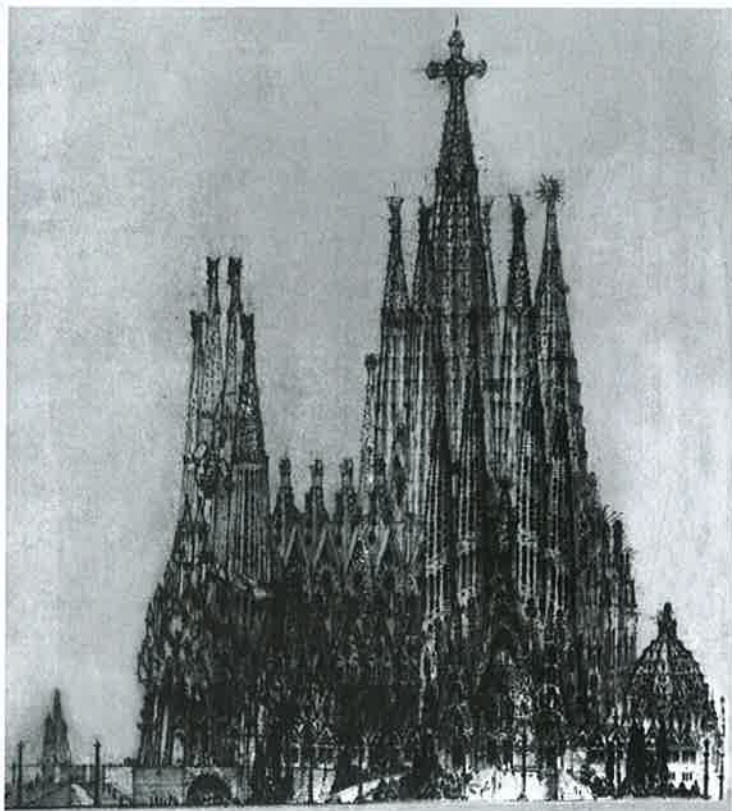
La feina es va tornar complexa, s'havia de localitzar el màxim nombre de bocins, identificar-los, separar-los per versions i, en primera instància, reconstruir el model prioritari: la tercera versió de les naus, per a poder reprendre el darrer projecte de Gaudí.

Els treballs de restauració de la darrera solució de les naus es van iniciar l'any 1941, sota la direcció de l'arquitecte director Francesc Quintana i els seus col·laboradors Isidre Puig Boada i Lluís Bonet Garí.

Pel que fa als treballs de recuperació no es van centrar només en refer els models de guix que havia deixat Gaudí, sinó que també es van estendre a la interpretació del conjunt de tot l'edifici. Per als continuadors, aquesta tasca va ser fonamental i el dibuix, que en Gaudí tenia un paper residual, aquí es va convertir en una eina molt important per arribar a bon port.

Per tant, aquestes dues eines —els models i el dibuix— es van anar alternant i complementant durant les tasques d'interpretació del projecte de la Sagrada Família.

Entre els anys 1945 i 1950 Lluís Bonet Garí va realitzar un dibuix d'alçat, vist des de la banda del Naixement, que era la primera recuperació de la globalitat del projecte que es produïa des dels esbossos que s'havien realitzat en vida de Gaudí (*imatge 4.22*).



**Imatge 4.22.-** Alçat de conjunt des de la façana del Naixement. Lluís Bonet i Garí (entre 1945-1950)

43 Per a una informació més detallada del procés de recuperació de la darrera versió de les naus vegeu:

Faulí i Oller, Jordi. *Composició i continuïtat en les columnes i voltes de les naus del Temple Expiatori de la Sagrada Família*. Tesi doctoral. UPC Departament d'estructures en l'arquitectura. ETSAB. 2008. p.125-136.



Poc després, es va elaborar la primera maqueta de conjunt de les naus, amb motiu del Congrés Eucarístic de l'Any 1952, que coincidia amb el centenari del naixement de Gaudí: consistia en un model a escala 1:25, que contenia gran part del Temple, amb el mur de l'absis, les dues sagristies, la façana del Naixement, part de la façana de la Glòria, els claustres i les naus.

Després d'haver temptejat la idea de conjunt, el següent pas consistia en analitzar zones concretes en detall, i aquell mateix any es va dibuixar la primera secció transversal de les naus, que l'any següent es va completar amb la secció longitudinal d'un dels mòduls.

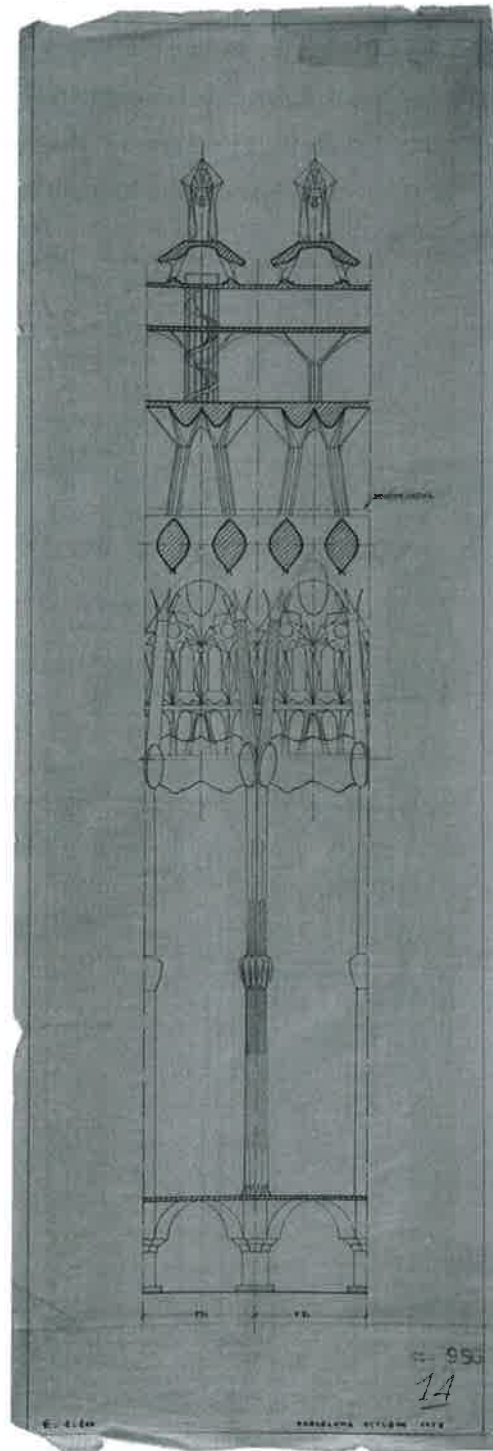
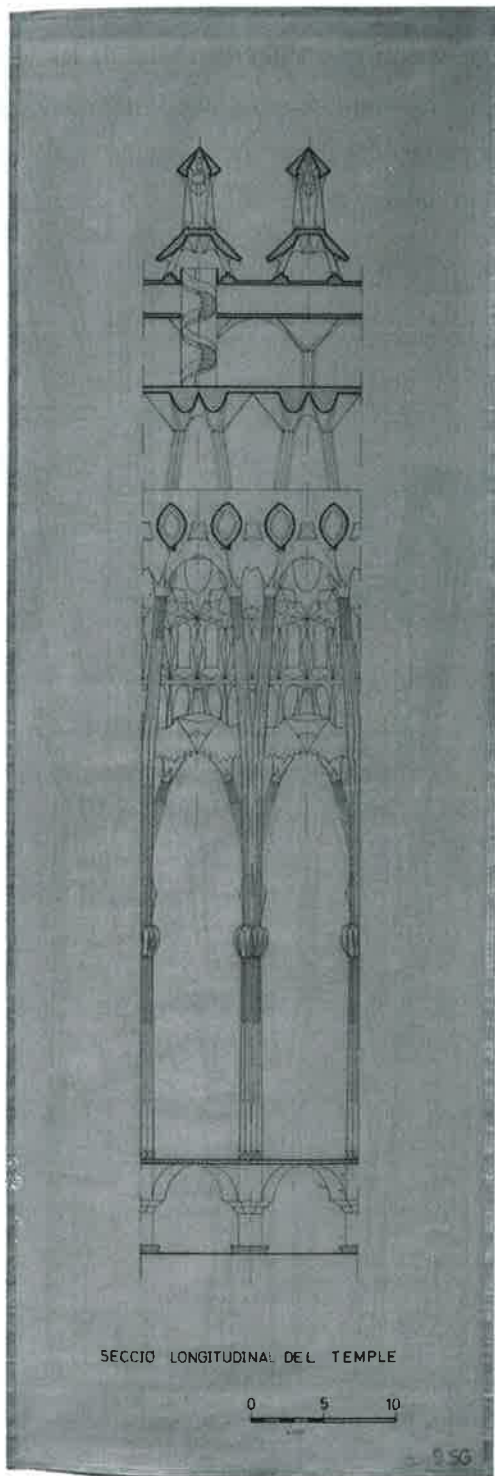
El 1954 es va començar la maqueta de les naus a escala 1:10 (*imatge 4.23*), que es va realitzar en base als estudis fets pels arquitectes Francesc de Paula Quintana, Isidre Puig Boada, Lluís Bonet Garí, Joan Bergós i Àngel Truñó. Aquesta maqueta pretenia definir les naus amb més rigor geomètric que la de conjunt (1952) i va ser inaugurada el 1961 en el museu, sense que encara estigués resolta la nau central.

La nova campanya de troballes, que es van localitzar a partir de l'any 1971 (quan Quintana ja havia mort) van permetre aprofundir en l'estudi de les naus, i el model a escala 1:10 va quedar enllestit el 1978, sota la direcció dels arquitectes directors Isidre Puig Boada i Lluís Bonet Garí.



**Imatge 4.23.-** Maqueta a escala 1:10 de la darrera versió de les naus, que actualment s'exposa en el museu del Temple.

Un cop que ja s'havia recuperat la geometria de les naus, aquests arquitectes van dedicar la seva darrera etapa professional a definir bona part del projecte de la resta de l'edifici, del que Gaudí només havia deixat algunes pautes en models, esbossos o explicacions. A diferència de la forma de treballar de Gaudí, en aquesta darrera fase van ser els plànols, i no els models de guix, els que van tenir un paper fonamental per a la concreció del projecte. Es van preparar molts plànols de plantes, alçats i seccions del conjunt i de les diverses zones que componen l'edifici (*imatge 4.24*), molts d'ells realitzats pel delineant Ramon Berenguer i Farré. La documentació gràfica no només va tenir un paper tècnic, sinó que també es van preparar plànols i perspectives aquarel·lades amb una marcada funció explicativa.



Imatge 4.24.- Seccions de la tercera versió de les naus (1952-53).

Poc després, es va elaborar la primera maqueta de conjunt de les naus, amb motiu del Congrés Eucarístic de l'Any 1952, que coincidia amb el centenari del naixement de Gaudí: consistia en un model a escala 1:25, que contenia gran part del Temple, amb el mur de l'absis, les dues sagristies, la façana del Naixement, part de la façana de la Glòria, els claustres i les naus.

Després d'haver temptejat la idea de conjunt, el següent pas consistia en analitzar zones concretes en detall, i aquell mateix any es va dibuixar la primera secció transversal de les naus, que l'any següent es va completar amb la secció longitudinal d'un dels mòduls.

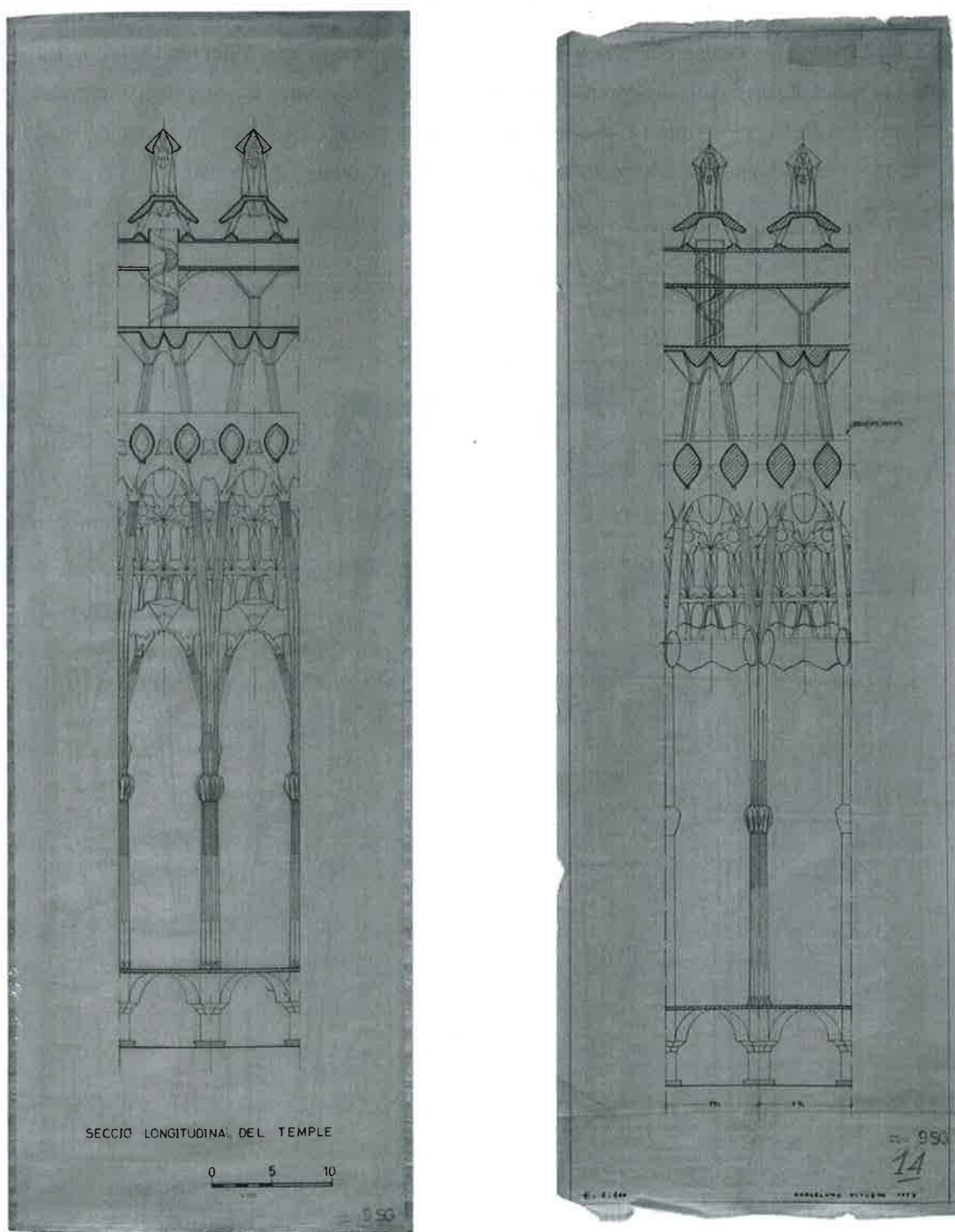
El 1954 es va començar la maqueta de les naus a escala 1:10 (*imatge 4.23*), que es va realitzar en base als estudis fets pels arquitectes Francesc de Paula Quintana, Isidre Puig Boada, Lluís Bonet Garí, Joan Bergós i Àngel Truñó. Aquesta maqueta pretenia definir les naus amb més rigor geomètric que la de conjunt (1952) i va ser inaugurada el 1961 en el museu, sense que encara estigués resolta la nau central.

La nova campanya de troballes, que es van localitzar a partir de l'any 1971 (quan Quintana ja havia mort) van permetre aprofundir en l'estudi de les naus, i el model a escala 1:10 va quedar enllestit el 1978, sota la direcció dels arquitectes directors Isidre Puig Boada i Lluís Bonet Garí.



**Imatge 4.23.-** Maqueta a escala 1:10 de la darrera versió de les naus, que actualment s'exposa en el museu del Temple.

Un cop que ja s'havia recuperat la geometria de les naus, aquests arquitectes van dedicar la seva darrera etapa professional a definir bona part del projecte de la resta de l'edifici, del que Gaudí només havia deixat algunes pautes en models, esbossos o explicacions. A diferència de la forma de treballar de Gaudí, en aquesta darrera fase van ser els plànols, i no els models de guix, els que van tenir un paper fonamental per a la concreció del projecte. Es van preparar molts plànols de plantes, alçats i seccions del conjunt i de les diverses zones que componen l'edifici (*imatge 4.24*), molts d'ells realitzats pel delineant Ramon Berenguer i Farré. La documentació gràfica no només va tenir un paper tècnic, sinó que també es van preparar plànols i perspectives aquarel·lades amb una marcada funció explicativa.



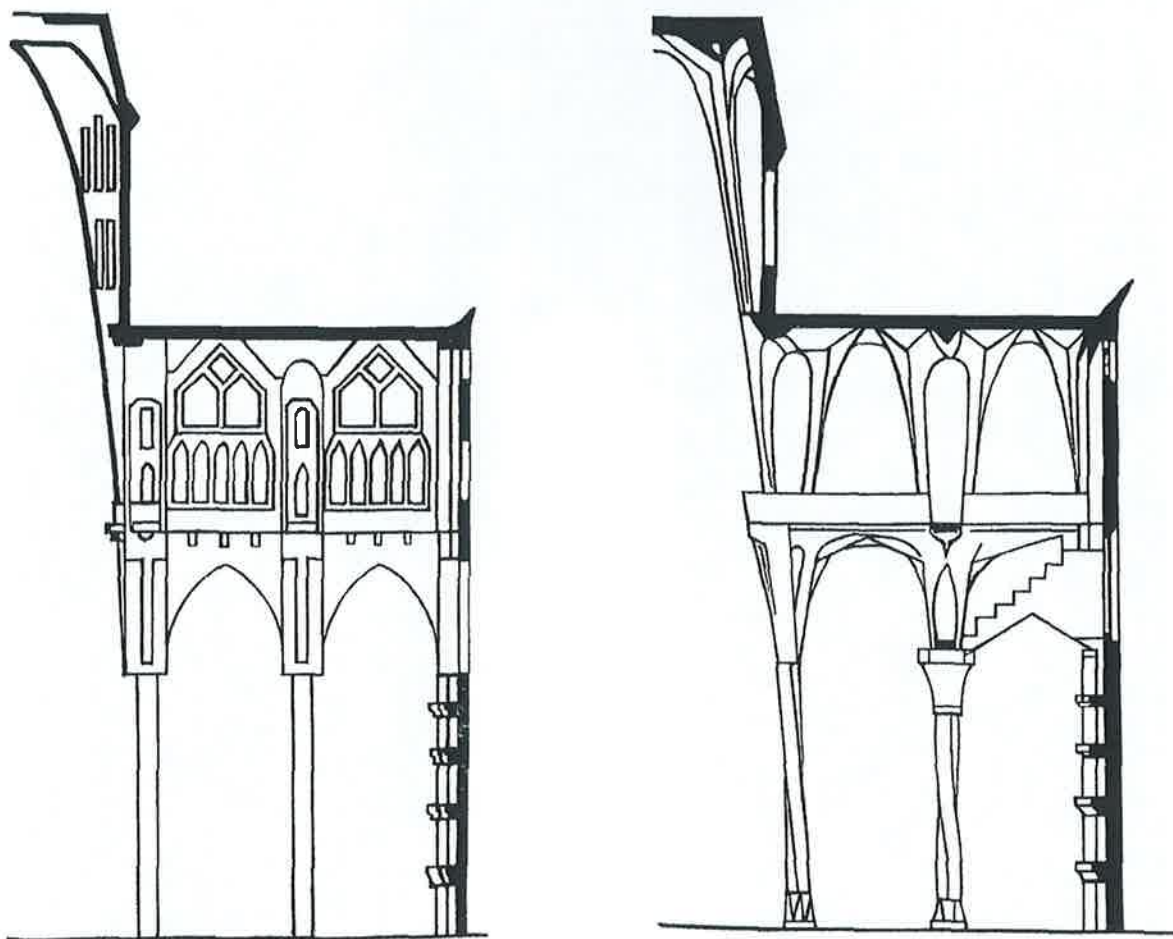
**Imatge 4.24.-** Seccions de la tercera versió de les naus (1952-53).

#### 4.5.2. L'estudi de les versions prèvies

El cas de l'estudi de les versions anteriors de temple és diferent, perquè els pocs recursos disponibles es van concentrar en la recuperació de la darrera solució de les naus, que permetien continuar la construcció de l'edifici.

Els treballs al voltant de les versions anteriors, que tenien un interès purament documental i històric, van consistir en classificar, restaurar i emmagatzemar el material que s'anava recuperant en les troballes. Les tasques només es van ampliar a un primer estudi gràfic sobre la secció transversal de les versions prèvies de les naus, que es va fer mentre es duia a terme l'estudi de la solució definitiva i la seva maqueta de conjunt (1952).

Aquestes seccions prèvies es van elaborar a partir dels pocs fragments que s'havien trobat de les versions anteriors<sup>44</sup>, i sobretot, a partir de la interpretació del material gràfic i fotografies —originals o reproduïdes— que s'havia salvat de la destrucció. Aquestes seccions van aparèixer publicades per primera vegada en el llibre de Bergós (1954), on es comparen amb les naus de la darrera solució (*imatge 4.25*).



I.- Secció "goticista" del Temple.

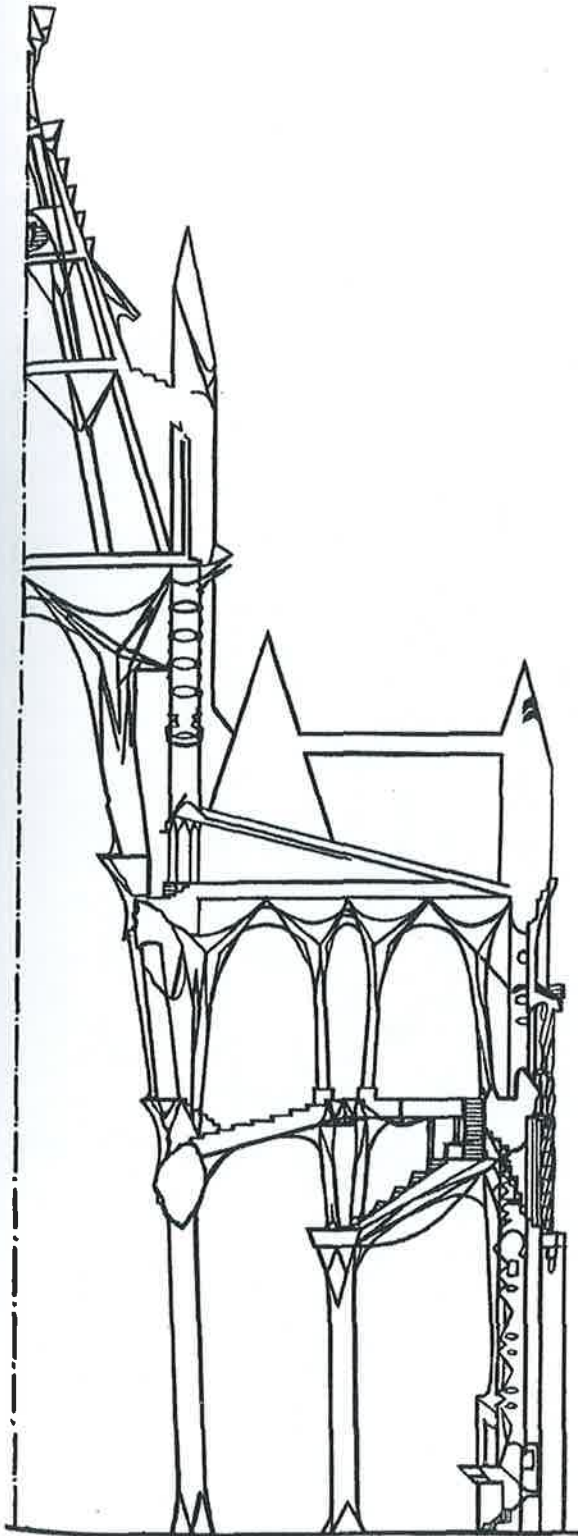
II.- Secció "parabòlica"

**Imatge 4.25.**- Seccions publicades en el llibre de Bergós (1954).

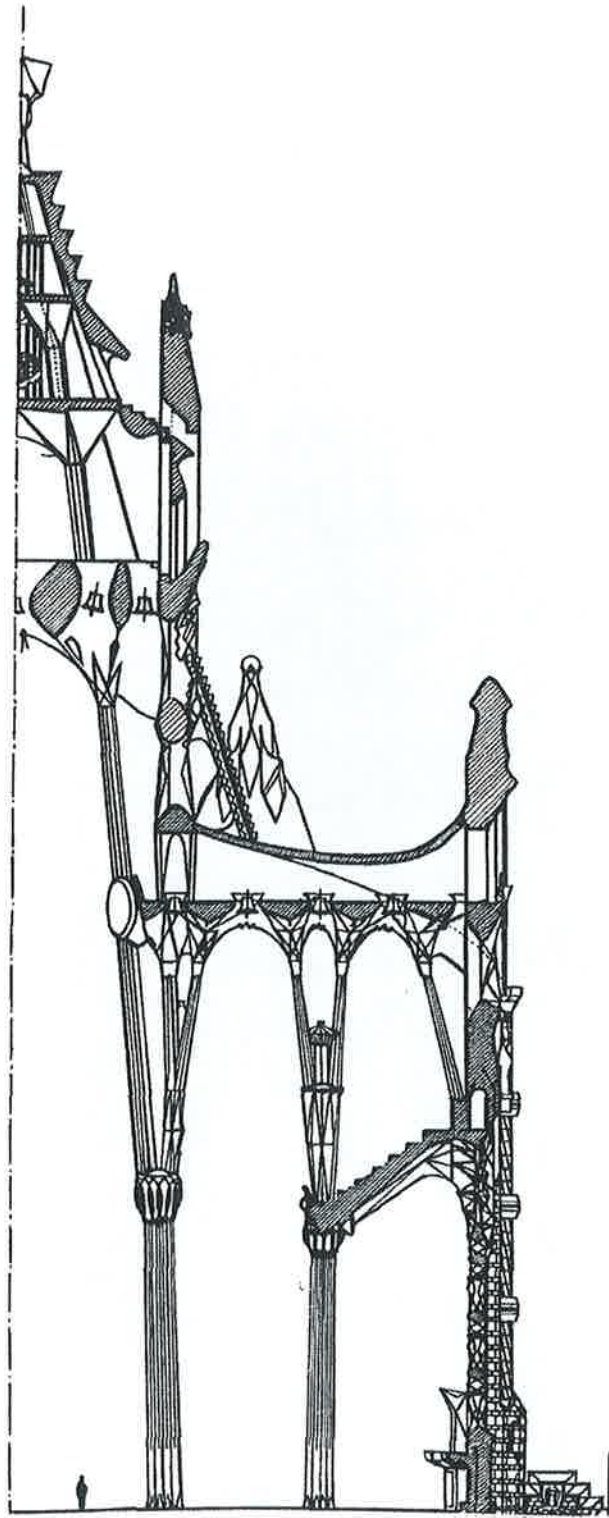
44 La majoria de troballes de les peces d'aquestes versions es produeixen a partir de l'any 1971, i per tant, són posteriors a la realització d'aquests estudis.

Aquest estudi, que es reproduïx a continuació, mostrava quatre etapes diferenciades:

- Secció goticista del Temple.
- Secció parabòlica.
- Secció arborescent.
- Secció definitiva.



III.- Secció "arborescent"

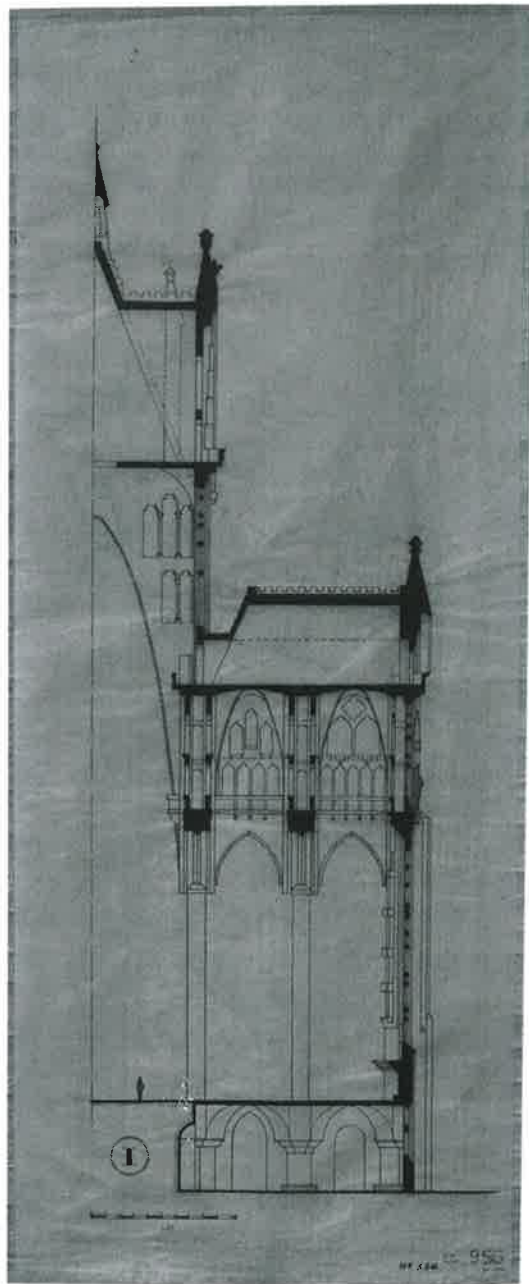


IV.- Secció "definitiva"

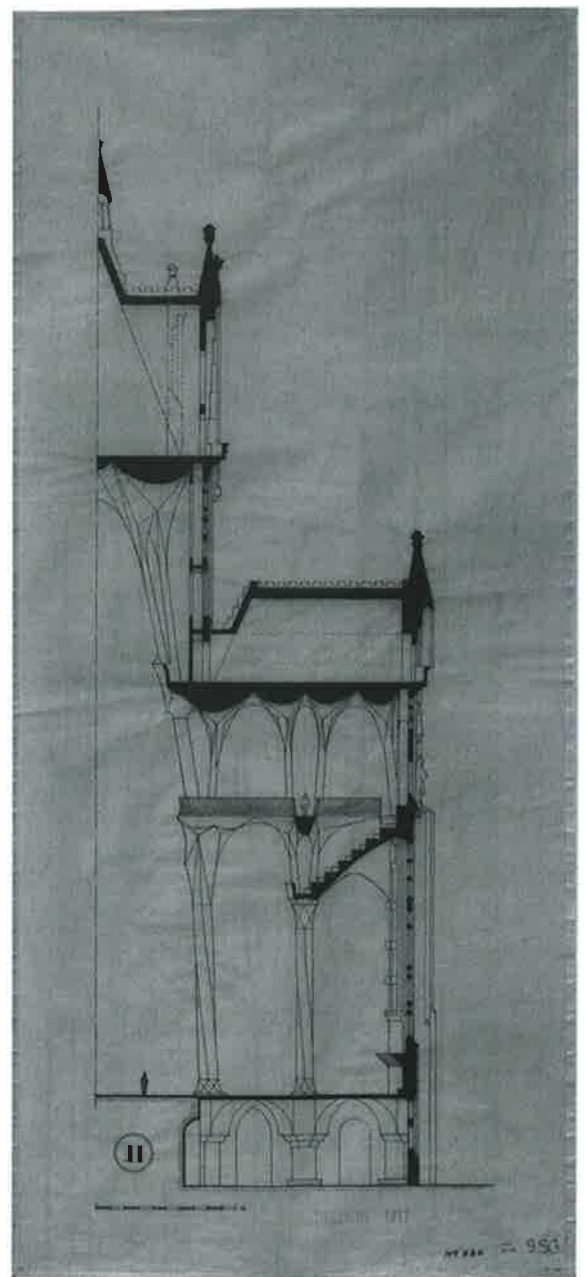
Aquests estudis es varen ampliar el 1956, sota la direcció dels arquitectes Quintana, Puig Boada i Bonet Garí, quan es van elaborar quatre noves seccions de les naus:<sup>45-46</sup> (imatge 4.26)

- Solució neogòtica.
- Primera solució de paraboloides hiperbòlics.
- Segona solució de paraboloides hiperbòlics.
- Solució definitiva d'hiperboloïdes i columnes de doble gir.

Tot i que la classificació presenta certes similituds, hi trobem algunes diferències d'interpretació destacables. La primera versió –goticista o neogòtica– coincideix en les dues classificacions, però no ocorre el mateix en les dues següents, a les quals Bergós anomena parabòlica i arborescent –aquesta darrera més encaminada cap a



I.- Solució neogòtica.



II.- Primera solució de paraboloides hiperbòlics.

**Imatge 4.26.-** Seccions realitzades per l'Oficina Tècnica del Temple (1956).

45 Aquesta classificació apareix descrita en la tesi doctoral de Jordi Faulí. *Op. cit.* p.84

46 Aquestes seccions es van realitzar en paper vegetal i actualment es conserven en la planoteca de l'Oficina Tècnica del Temple.

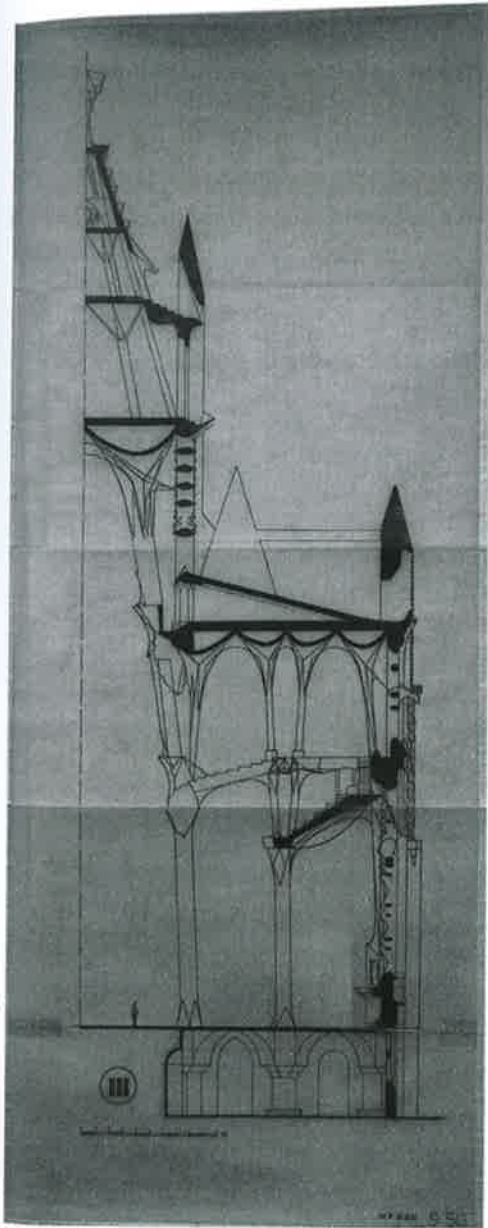
la solució definitiva— mentre que en l'altre estudi són considerades de la mateixa classe: parabòlica, i per tant, es desmarquen de la darrera versió.

Les interpretacions actuals<sup>47</sup> han seguit el criteri d'establir tres versions bàsiques de les naus, hipòtesi que mantenim en aquesta tesi i que demostrarem més endavant.

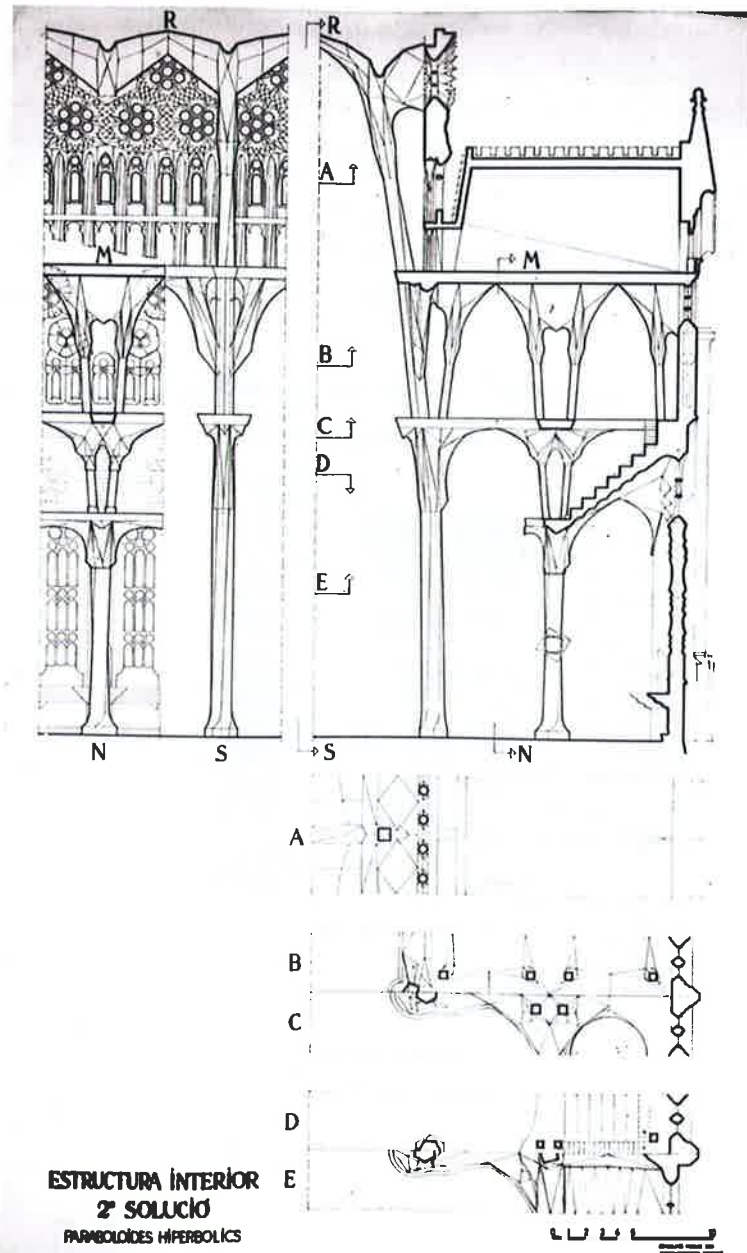
Tots aquests estudis es van reprendre a partir dels anys setanta, sota la direcció dels arquitectes Puig Boada, Bonet Garí i el seu ajudant Francesc Cardoner, quan es van recuperar més fragments de les maquetes.

El 1971 es va dibuixar una secció a tinta sobre paper vegetal de la primera versió de les naus i es va dur a terme l'encaix a llapis de la segona, que s'acabaria el 1973 en un plànol molt detallat (amb seccions horitzontals, verticals i alçats) delineat per Ramon Berenguer i Joan Carles Matheu (imatge 4.27).

Aquests van ser els darrers treballs sobre les versions prèvies —podríem dir-ne de caire “oficial”— que es van realitzar en l'oficina del Temple.



III.- Segona solució de paraboloides hiperbòlics.



Imatge 4.27.- Estudi de la segona versió de les naus dibuixat per Berenguer i Matheu (1973).

47 Per aquesta classificació citem, de nou, la tesi doctoral de Jordi Faulí.

Op. cit. p.84



### 4.5.3. Els treballs de recerca de Francesc Cardoner

En l'estudi de les versions prèvies, va prendre un paper molt important l'arquitecte Francesc de Paula Cardoner i Blanch<sup>48</sup>, que va iniciar els seus treballs en el Temple l'any 1961 com a ajudant dels tres arquitectes principals: Quintana, Puig Boada i Bonet Garí. Amb els anys, Cardoner va guanyar protagonisme i va ser responsable –junt amb Puig Boada i Bonet Garí– de la construcció de la façana de la Passió. Més endavant, va esdevenir arquitecte director del Temple, càrrec que va ocupar entre els anys 1983 i 1985.

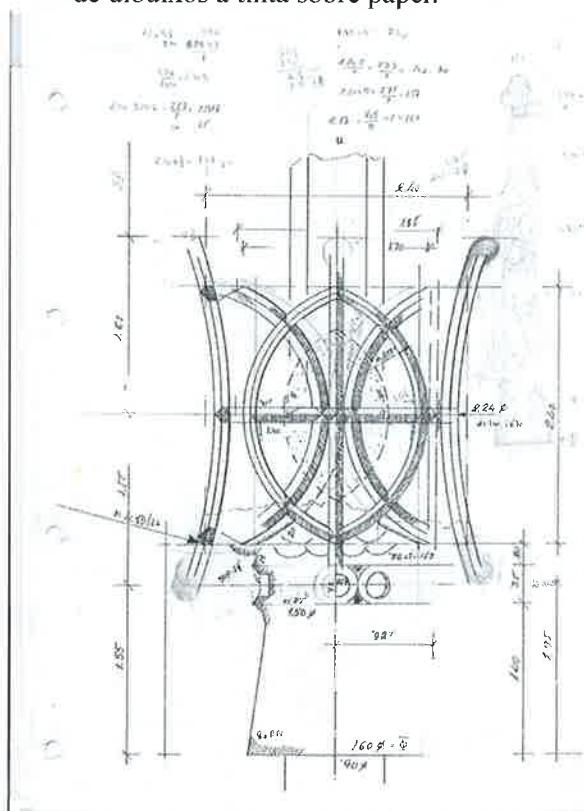
L'interès de Cardoner per les versions prèvies va traspasar les seves obligacions estrictament laborals com a ajudant i com a coordinador dels treballs de recuperació dels models, i va dedicar moltes hores del seu temps lliure a aprofundir en l'estudi de les peces de guix originals.

El fruit del seu treball es concentra en l'arxiu Cardoner, que es conserva en la Casa-Museu del Park Güell, entitat que actualment pertany al Temple de la Sagrada Família.

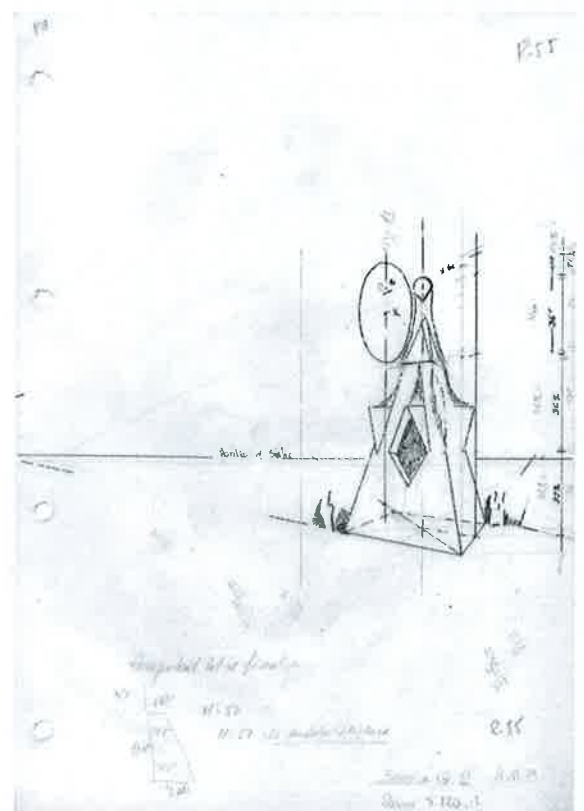
L'arxiu s'estructura en diverses carpetes. La que tracta específicament sobre la recuperació de les maquetes és la número 27, que consta de les següents “separates”:

- **“Separata A”**: Estudis dels terminals i pinacles de la façana del Naixement (*imatge 4.28*), en la primera i darrera versió. Consta de fotografies, croquis, dibuixos a escala i text manuscrit.

- **“Separata B”**: Estudis dels cupulins de les cobertes laterals de la tercera versió. (*imatge 4.29*) Consta de dibuixos a tinta sobre paper.



**Imatge 4.28.-** Arxiu Cardoner. “Separata” A. Estudi dels terminals de la façana del Naixement (1a versió)



**Imatge 4.29.-** Arxiu Cardoner. “Separata” B. Estudi dels cupulins de les cobertes laterals (3a versió)

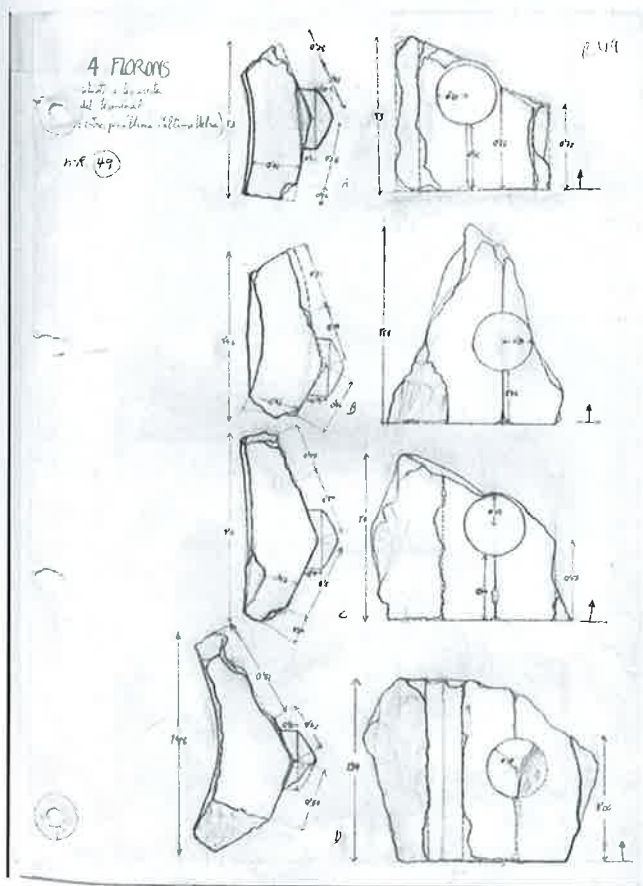
48 Francesc de Paula Cardoner i Blanch (Barcelona, 1929 - 1997). Arquitecte titulat l'any 1965. Va ser arquitecte director de les obres entre els anys 1983 i 1985. Aficionat a l'arqueologia i col·laborador del Museu d'Història de la ciutat, va estudiar part dels models de les versions prèvies.

- "Separata C": Estudi de models recuperats, bàsicament de les versions anteriors (*imatge 4.30*). Consta de fotografies de les peces tal com s'han trobat i del procés de reconstrucció fins arribar al resultat final. Conté textos manuscrits, després publicats a la revista *Templa*.

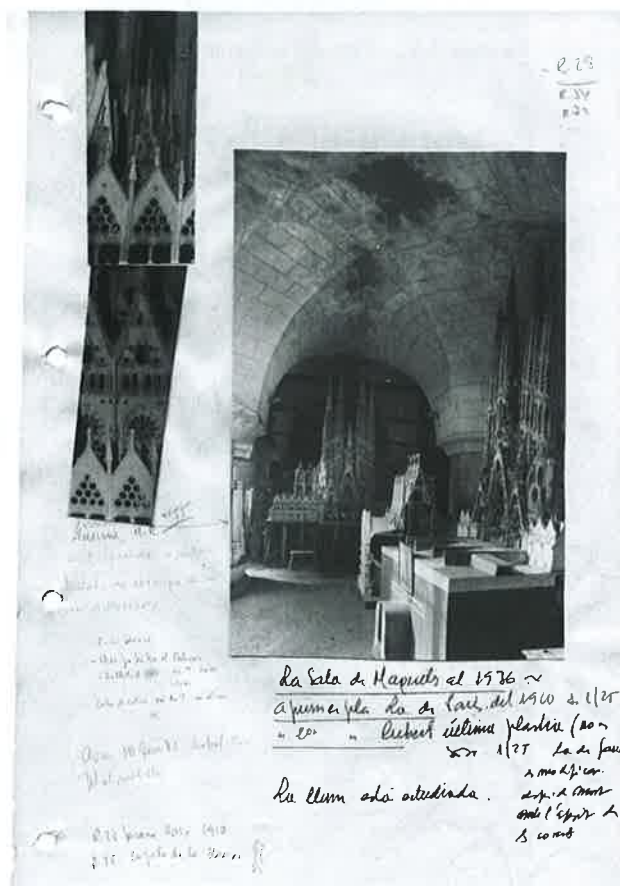
- "Separata D": Fotografies de troballes als menjadors de treballadors. Mostren com estaven enterrats els fragments de les maquetes. Conté també fotografies del magatzem on es feien les primeres classificacions i un manuscrit sobre les dobles cobertes pètries, de la segona versió (*imatge 4.31*).

- Llibre Maqueta Gaudí (1981): Llibreta classificada alfabèticament (Arquitrau, Basament, Columna... Teulada, Voltes) amb la correlació del número d'arxiu de cada peça.

- Fitxer: Fitxes de les peces més rellevants reconstruïdes, amb fotografia del model, descripció, classificació i llista d'articles on s'ha publicat (*imatge 4.32*). Numera les peces correlativament, precedides de la lletra R. Els números de les peces no segueixen un ordre concret en funció de la versió de les naus o de la situació dins de la maqueta, sinó que aquestes s'anaven apuntant per ordre de trobada o reconstrucció. Aquest fitxer va establir la nomenclatura seguida al Temple durant molts anys.

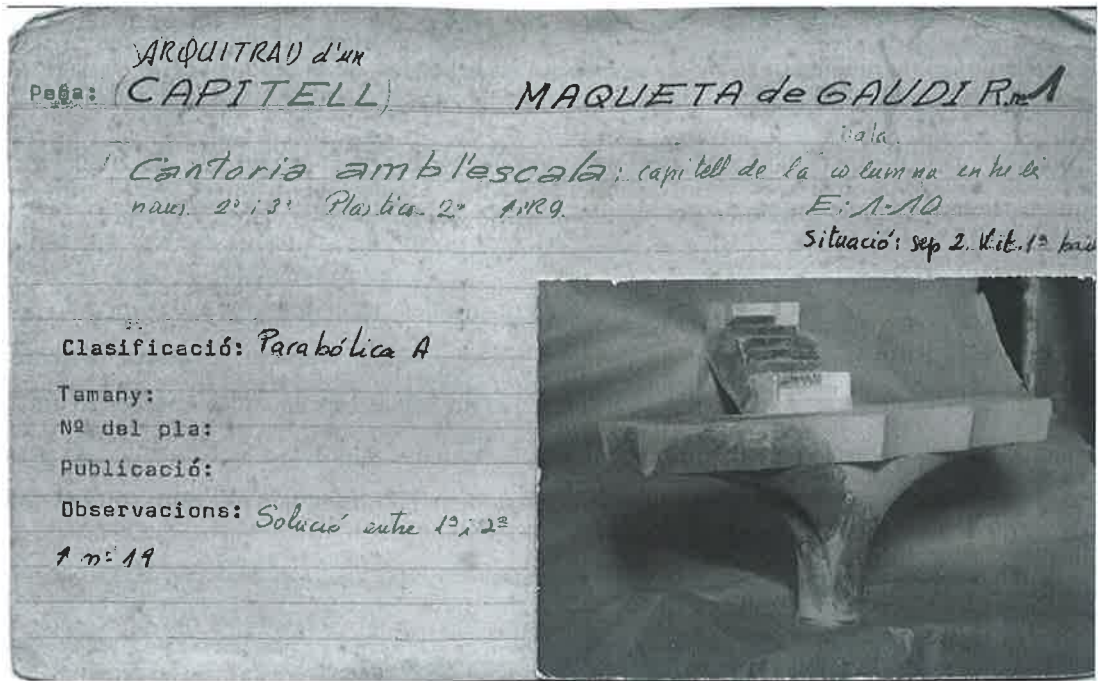


**Imatge 4.30.-** Arxiu Cardoner. "Separata" C. Croquis. Estudi de fragments recuperats.



**Imatge 4.31.-** Arxiu Cardoner. "Separata" D. Fotografies. Taller de maquetes abans del 1936.

Els seus treballs es van completar amb els informes d'obra anuals i articles en la revista *Templo*<sup>49</sup>, on Cardoner va fixar una primera evolució cronològica dins les variants de cada versió (*imatge 4.33*). A més, va restituir la geometria incompleta dels fragments més reconeixibles, que es van restaurar al taller sota la direcció de Jordi Cussó, cap de modelistes entre els anys 1967 i 2006. La majoria d'aquests models s'exposen actualment al Museu de la Sagrada Família.



Imatge 4.32.- Fitxer Cardoner. Fitxa tipus.



Imatge 4.33.- Article de Francesc Cardoner sobre l'evolució de l'obra de Gaudí. Segona versió de les naus.

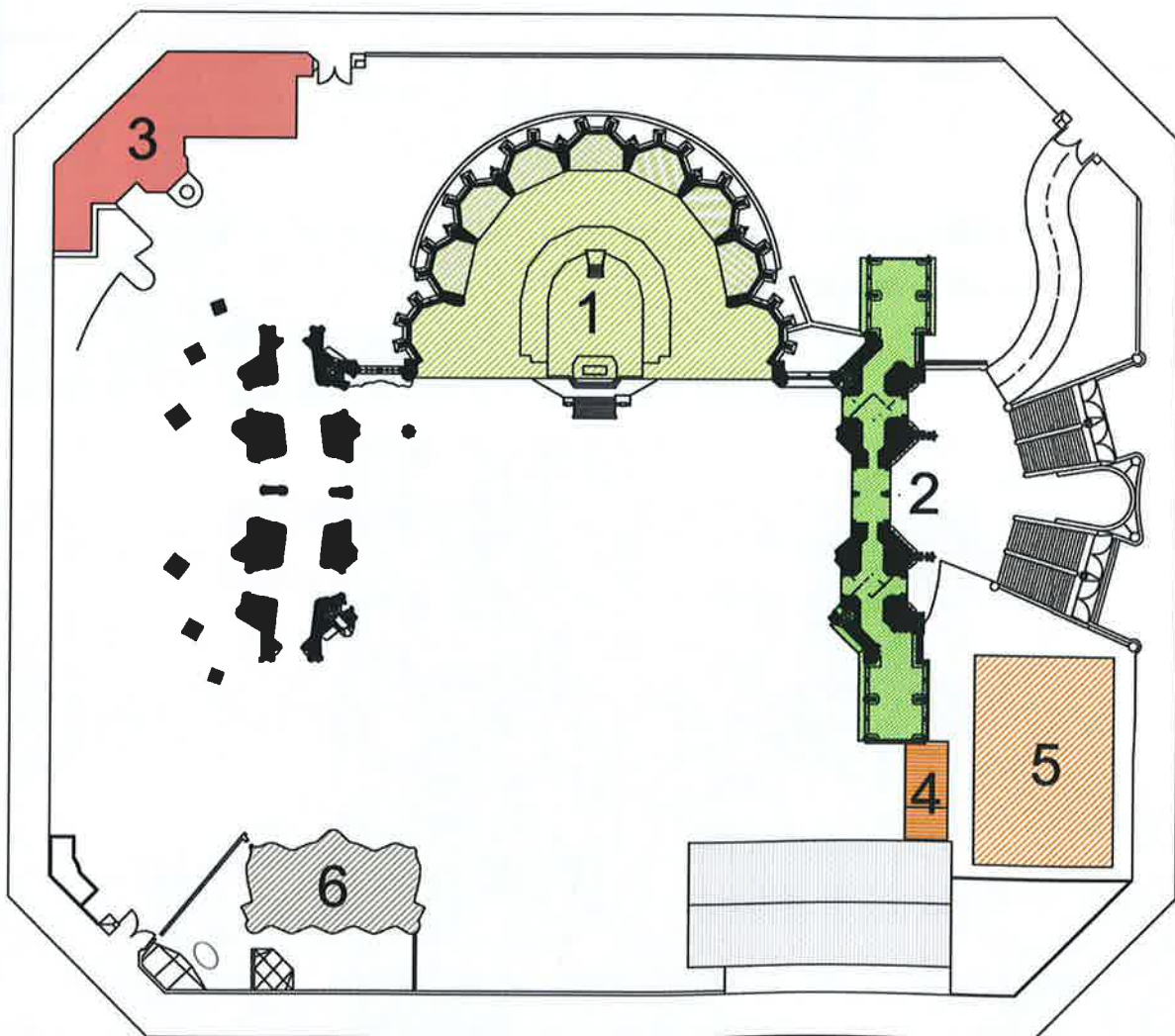
49 La revista *Templo* va ser la publicació de l'associació josefina que va substituir *El Propagador* a partir de l'any 1948. Es va editar fins l'any 1982, moment en què va aparèixer la revista en català *Temple*, vigent fins a l'actualitat.

#### 4.5.4. Noves troballes

Els treballs de recuperació no van ser un procés estrictament acotat dins el primer període de represa de les obres. Vist des del moment present, es tracta d'un procés inacabat que ha ocupat diverses generacions.

Les operacions de salvament d'emergència, com les que es van fer sota les ordres de Bonet Garí, van ser concretes i permeteren recuperar, un cop acabada la Guerra Civil, el material que ja es tenia localitzat. Altres peces van córrer un destí pitjor, com les esclafades en l'ensorrament de l'obrador, i no va ser possible restablir-ne tots els fragments, alguns d'ells reduïts a bocins insignificants. El pillatge que es va produir durant el conflicte bèl·lic mentre el solar estava abandonat va ser una altra de les causes de desaparició de material. Algunes de les maniobres per intentar amagar-lo —enterrat o paretat— van quedar en l'anonimat fins al cap de molts anys.

En el transcurs dels treballs de construcció del Temple s'han realitzat diverses troballes de material i això fa pensar que, en l'actualitat, encara pot haver-hi més bocins desapareguts, dels que coneixem la seva existència a través de fotografies.



**Imatge 4.34.-** Temple Expiatori de la Sagrada Família. (Estat aproximat a l'any 1967).

Situació dels indrets explicats en aquest capítol:

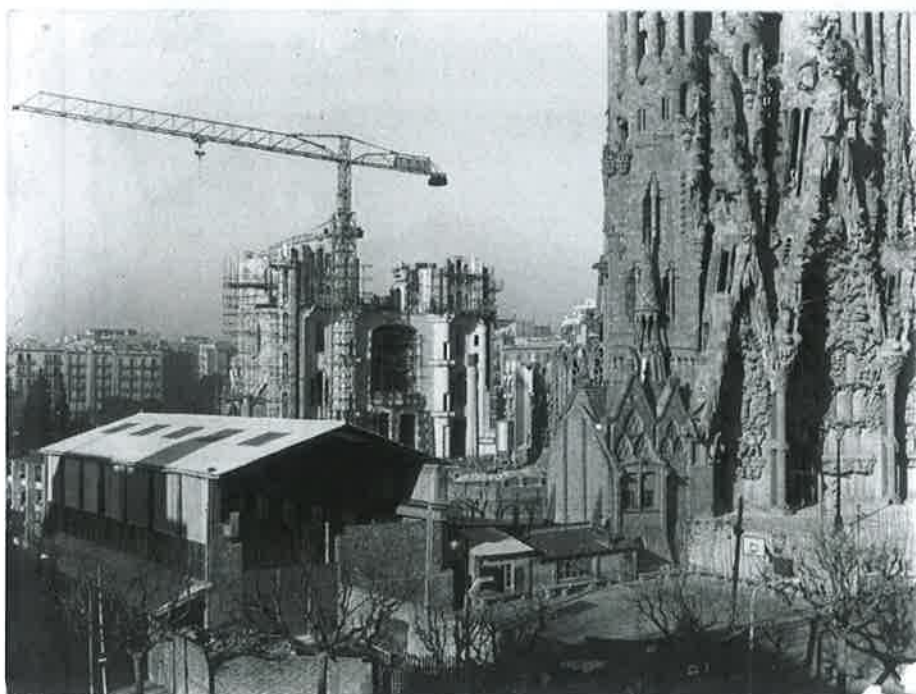
- 1.- Absis / Cripta (soterrani)
- 2.- Façana del Naixement i claustre. Taller de modelistes abans de la guerra civil.
- 3.- Obrador de Gaudí.
- 4.- Vestuari i menjador dels treballadors (anys 60)
- 5.- Pista de bàsquet (anys 60)
- 6.- Escoles de la Sagrada Família. Ubicació original.

A les primeres troballes dels anys 40 s'ha de sumar una segona campanya, que es va produir entre els anys 1971 i 1972, a la qual ja hem fet referència en aquest capítol.

La tercera campanya de recuperació de maquetes es va produir l'any 1981, després de tots els estudis que s'havien realitzat sobre les versions prèvies de les naus. Al cap de poc temps, el 1984, es van localitzar sota el paviment del menjador i els vestidors dels treballadors de l'obra, una quantitat molt important de models més o menys fragmentats, que es van recuperar al llarg de tres anys (*imatges 4.36 i 4.37*).<sup>50</sup>

ARQUITECTE DIRECTOR	CAP DE MODELISTES	TROBALLES DOCUMENTADES
1939-1966 Francesc de P. Quintana i Vidal	1939- ..... Pere Sunyer .....-	1939.. Cripta i obrador
1966-1983 Isidre Puig Boada Lluís Bonet i Garí	1960 Jordi Brunet	1971-1972 1981
1983-1985 Francesc de P. Cardoner i Blanch	1967-2006 Jordi Cusó i Anglès	1984-1987 Menjador i vestidor dels treballadors
1985-2012 Jordi Bonet i Armengol		1994-1998 Menjador i vestidor dels treballadors 2001 Pista de bàsquet.
	2006-2011 Josep Tallada i Perucho	
	2011- Albert Portolés	
2012- Jordi Faulí i Oller		

Taula 1.- Taula resum amb les dates de les troballes.



Imatge 4.35.- Pista de bàsquet i vestidors dels treballadors (1967). Cantonada c/. Mallorca i Marina

50 En aquest punt agraïm la informació referent a les dates i la localització de les troballes compreses entre els anys 70 fins l'actualitat, que ha estat facilitada per Jordi Cussó i Anglès, cap de modelistes del Temple entre 1967 i 2006.

En aquesta mateixa zona es produïren més troballes entre els anys 1994 i 1998, quan l'arquitecte director era Jordi Bonet i Armengol.

La darrera troballa de fragments data de l'any 2001, quan es feien els fonaments del claustre. Es van trobar sota el paviment de la pista de bàsquet, avui desapareguda, que estava situada dins del solar en la cantonada dels carrers Mallorca i Marina.

La localització d'aquests dos indrets –menjador i pista de bàsquet– no és casual, ja que es trobaven molt a prop d'on hi havia el taller de modelistes, que era sota la façana del Naixement i els claustres.



Imatge 4.36.- Localització de fragments. Menjador dels treballadors (22-2-1984). Arxiu Cardoner.



Imatge 4.37.- Localització de fragments. Menjador dels treballadors (18-3-1987). Arxiu Cardoner.

#### 4.5.5. Material recuperat

En totes aquestes campanyes s'han recollit una gran quantitat de peces, que corresponen a la definició de l'edifici (naus i altres zones), la decoració del temple (estàtues, majoritàriament de la façana del Naixement) i maquetes d'altres obres de Gaudí.

A continuació fem un repàs dels diferents elements localitzats, separats per versions:

##### Primera versió de les naus:

Gaudí va estudiar la disposició de la planta monumental sota aquesta versió i en va fer una gran maqueta de conjunt que comprenia l'absis, la façana del Naixement, part del Claustre –que va arribar a construir– i una sagristia. També va estudiar la nau principal i el transsepte, incloses les cobertes.

La zona de les naus presentava poques variants i pràcticament tots els models recollits responen a la mateixa maqueta de conjunt a escala 1:25, on es repetia diverses vegades el mateix element.

##### Segona versió de les naus:

En aquesta versió és on l'arquitecte experimenta més, buscant noves solucions formals i estructurals. Les maquetes executades es concentren en la definició en detall de les naus, a escala 1:10, i per tant, es troben diverses variants per a un mateix element (columna, capitell, finestral...).

Aquesta versió és la més complexa de classificar, perquè Gaudí no estudiava variants completes d'un tram de nau, sinó que anava intercalant diferents propostes a mida que les desenvolupava.

El número de proves canviava segons cada element. Així, podem trobar des d'alguns elements amb moltes variants fins a peces úniques. El fet que es concentrés a estudiar la versió amb detall i no muntés una maqueta de conjunt d'aquesta etapa fa que el nombre de peces localitzades sigui molt menor que en el cas anterior.

L'estudi dels models d'aquesta versió és un dels principals objectius d'aquesta tesi i, per aquest motiu, s'adjunta una classificació detallada de les peces en l'annexe 3 d'aquesta tesi.

Tercera versió de les naus:

En aquesta versió Gaudí culmina l'evolució de les naus i estudia altres zones del Temple.

Després de la multitud de proves de la versió anterior, l'estudi de les naus va molt més encaminat i ja presenta poques variants.

Els models recuperats d'aquesta versió són els següents:

*Escala de detall 1:10:*

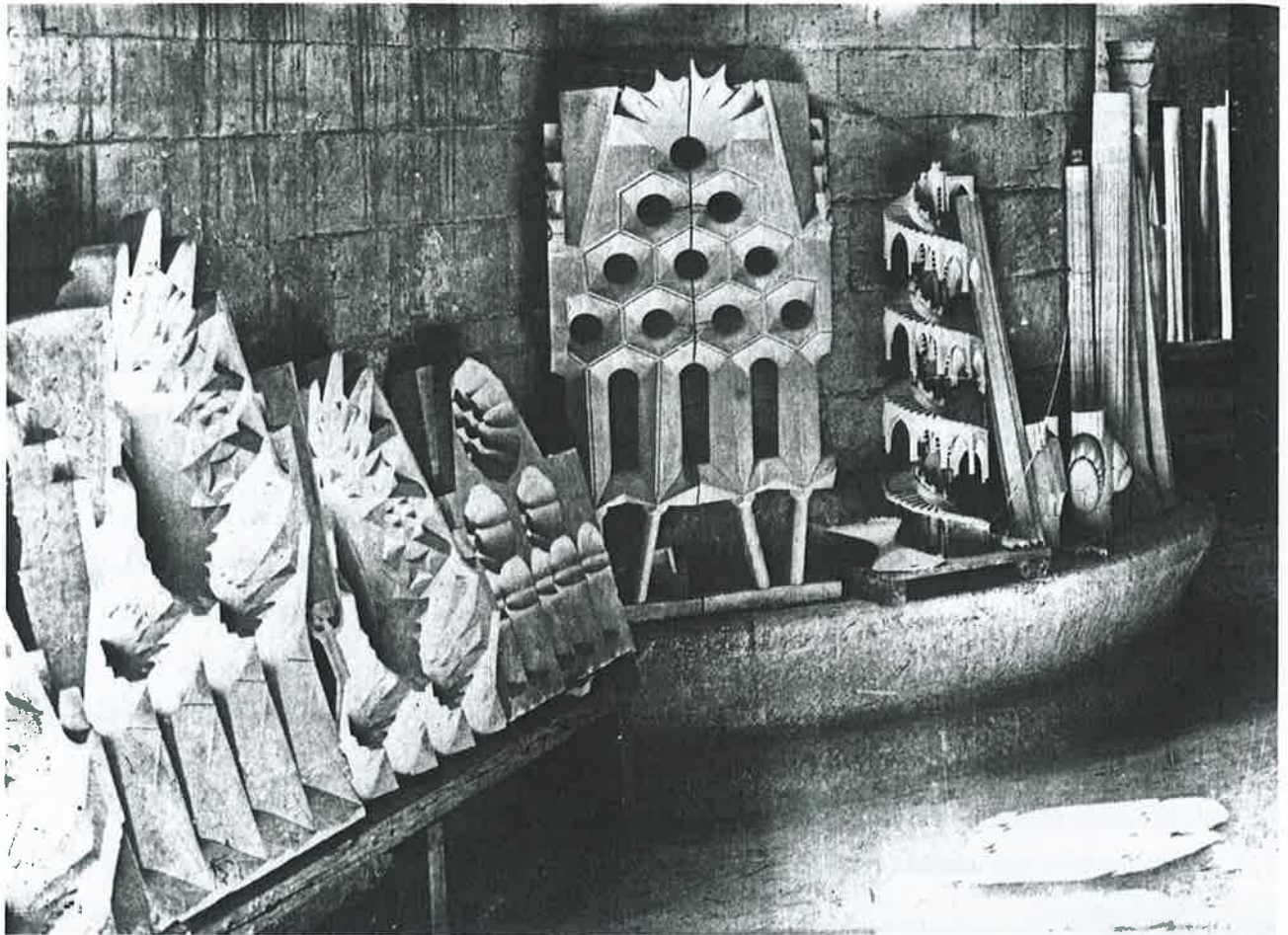
- Columnes (motlles i models).
- Petits fragments de les voltes de la nau lateral.
- El·lipsoides (nus de la bifurcació de la columna de la nau central).
- Finestrals de la nau lateral (inferior i superior).
- Finestrals de la nau central.

*Escala de conjunt 1:25:*

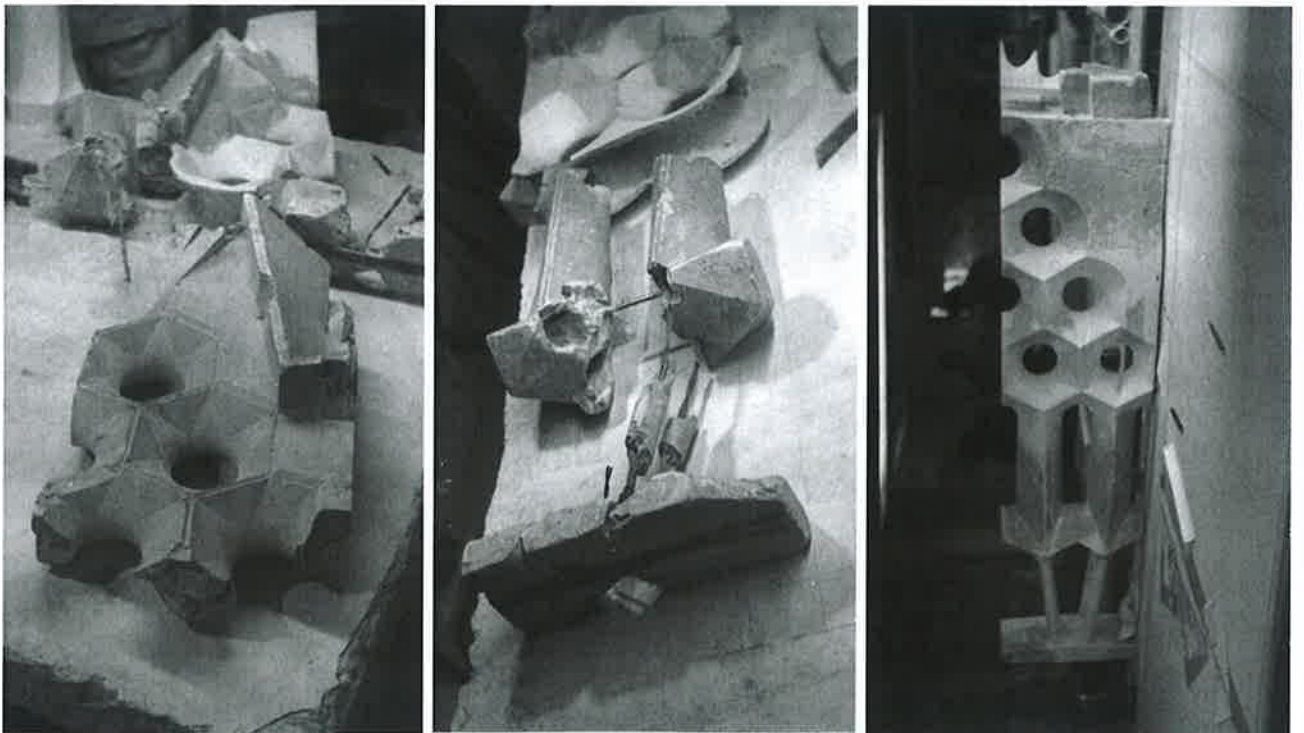
- Columnes no definitives (amb plantilles de zenc).
- Columnes quadrades (bifurcació davant dels finestrals)
- Cantoria
- Voltes de la nau lateral (30m)
- Voltes de la nau central (45m)
- Cobertes

Gran part de tot aquest material disponible es va localitzar després que es realitzessin els estudis de les versions prèvies de les naus. Per tant, ara tenim més models que ens permeten tornar a estudiar, de forma més acurada, les solucions que Gaudí va idear pel Temple. Per fer-ho, s'ha elaborat una classificació dels models de la segona versió, que es mostra en l'annex 3 d'aquesta tesi.





**Imatge 4.38.-** Ampliació d'una fotografia del taller del soterrani cap a l'any 1927. Finestral de la nau central R-026 (segons la notació del fitxer Cardoner). Fons Cardoner.



**Imatge 4.39.-** Seqüència de la restauració, des de la recopilació de fragments fins al finestral acabat. Fons Cardoner.

## 5. LA GEOMETRIA EN LES OBRES DE GAUDÍ

10-01-00  
10-01-00  
10-01-00

En la primera part de la tesi hem mostrat una cronologia de les obres de Gaudí, que ha servit per mostrar la relació entre la seva obra civil i el projecte del Temple. En aquesta cronologia ja s'apuntava, de forma breu, l'evolució de la seva obra: comença immersa en la tendència eclèctica predominant en la seva joventut –tot i que amb moltes aportacions personals–, i desemboca en un llenguatge que l'acaba diferenciant de la majoria d'arquitectes contemporanis, on la geometria té un paper fonamental.

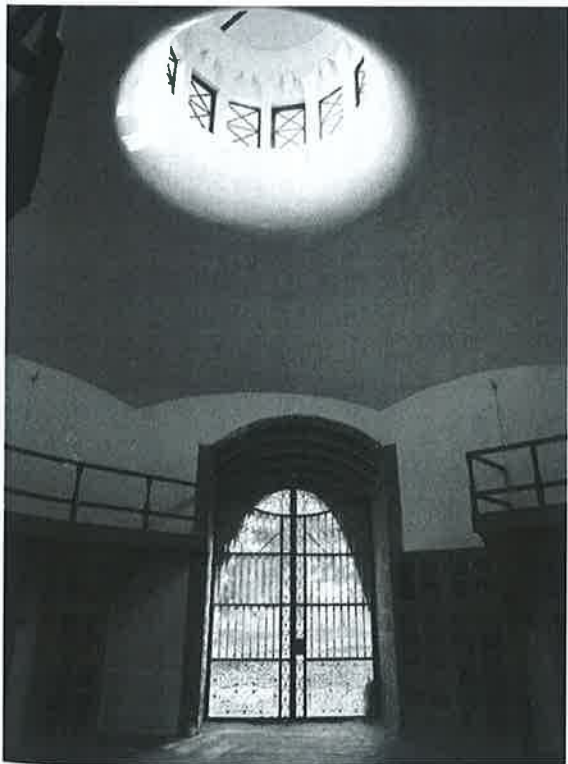
Malgrat que aquest canvi s'aguditzava al final de la seva carrera professional, no hem d'entendre que sorgeixi com una ruptura, sinó com el resultat d'un llarg procés. Una observació atenta al conjunt de les seves obres ens desvetllarà que Gaudí s'interessa per la geometria des de ben aviat, si bé comença a utilitzar-la en petits elements secundaris de caire decoratiu.

### 5.1. Evolució formal en les primeres obres de Gaudí

En les primeres obres residencials, Gaudí combina el repertori d'estils històrics, sense grans innovacions formals, tal i com succeeix en la casa Vicens o en el "Capricho" de Comillas.

Aquest repertori es mantindrà en els seus primers encàrrecs importants, com el Palau Güell o el Palau Episcopal d'Astorga, però si ens hi fixem més en detall, aviat veurem algunes innovacions.

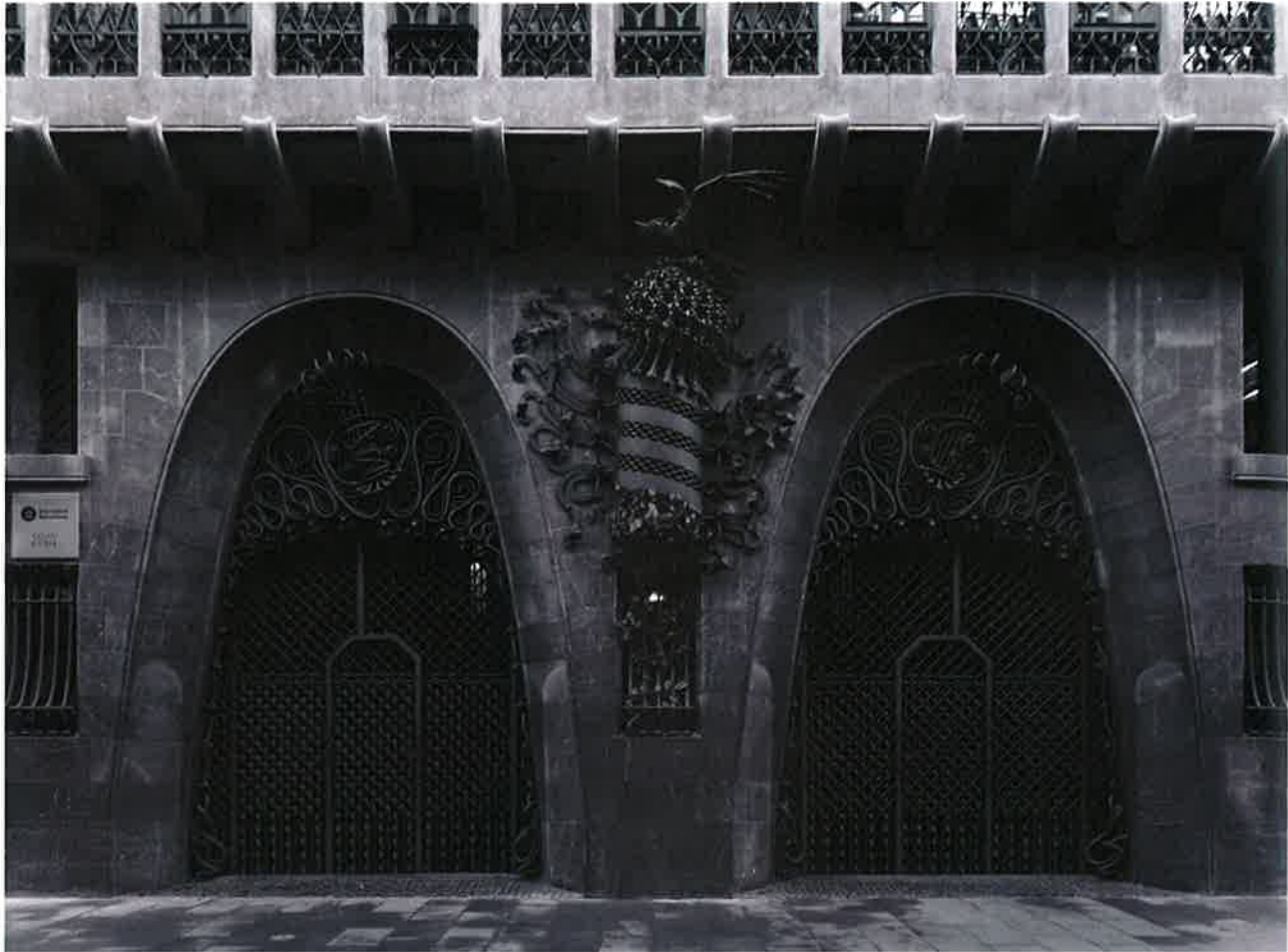
La primera innovació la trobem en una obra situada als afores de Barcelona: les caval·lerisses de la Finca Güell. Aquest petit conjunt d'edificis tenia un caràcter funcional i per tant, a diferència de les altres obres, no havia de tenir una imatge monumental. Gaudí va aprofitar aquestes circumstàncies per trencar el rígid repertori historicista en l'interior i introduir-hi solucions noves, com les que es poden veure a dins de la sala del picador. L'arquitecte cobreix aquesta sala amb una cúpula amb tambor i lluerns central, que resol a l'interior amb una superfície contínua, prescindint de les línies de cornisa que serien habituals en el repertori tradicional (*imatge 5.1*).



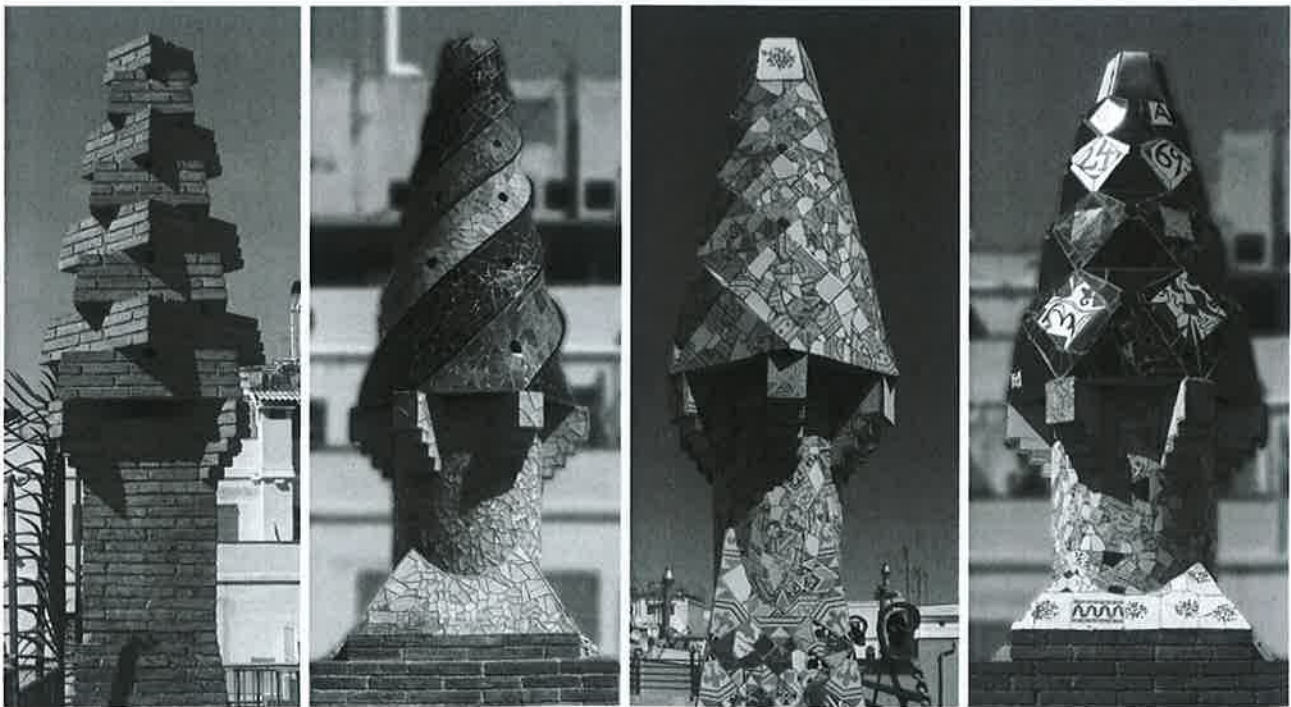
**Imatge 5.1.-** Interior de la cúpula del picador. Finca Güell.



**Imatge 5.2.-** Cúpula del Palau Güell, similar a un paraboloides de revolució.



Imatge 5.3.- Palau Güell. Arcs catenaris de la façana principal.



Imatge 5.4.- Palau Güell. Barrets de xemeneixa. Variants A/B/C/D.

Aquest tipus de geometria i les simplificacions adoptades no és patrimoni exclusiu de Gaudí. De fet, va ser emprat per altres arquitectes, com ara Rafel Guastavino, que en la mateixa època estava construint una estructura amb un plantejament similar, però de més grans dimensions, en el teatre de la Massa de Vilassar de Dalt<sup>1</sup>.

»

En canvi, en les següents obres, quan comença a rebre encàrrecs més importants, Gaudí torna a potenciar la combinació dels estils històrics precedents, com feia en les seves primeres obres. Aquest és el cas del Palau Güell, el Palau Episcopal d'Astorga o el Col·legi Teresià, que són edificis amb una representativitat exterior important. El fet que adopti aquesta posició en els encàrrecs importants, d'arrel més conservadora, no implica que no innovi amb alguns elements secundaris dins del conjunt, bé sigui en elements amb una certa entitat (però visibles per ben pocs), o bé en peces secundàries dins de l'edifici.

En el Palau Güell, que era un edifici que havia de mostrar el potencial econòmic del seu propietari, Gaudí adopta un llenguatge sobri per al conjunt exterior. L'arquitecte va realitzar diversos projectes de la façana, on mantenia la sobrietat de tots els elements, però al final, va convèncer el propietari perquè aprovés la solució més innovadora. En aquesta solució final trenca amb el repertori clàssic d'arcs i adopta unes obertures de perfil catenari<sup>2</sup> (*imatge 5.3*). En la majoria de monografies sobre l'arquitecte es vincula la forma d'aquests arcs a un aspecte purament mecànic —és un tema que tractarem més endavant per altres elements—; però per aquest cas concret hauríem d'associar-ho fonamentalment a una voluntat estètica. Aquesta apreciació no vol negar el component resistent d'aquests arcs de perfil catenari, per bé que cal matisar que tant la seva dimensió com l'ampli repertori d'alternatives que planteja l'arquitecte demostren que la resistència no va ser determinant per a triar aquesta solució.

La següent innovació d'aquest edifici la trobem en la decoració d'un element funcional: els barrets de xemeneia de la coberta transitable (*imatge 5.4*). Aquests elements també estan a l'exterior i Gaudí n'aprofita alguns per rematar la façana, que, juntament amb les portes, trenquen el to sobri de la resta del parament. A banda dels barrets de la façana, n'hi ha més a la resta de la coberta, que no són visibles des de la via pública degut a la reduïda amplada del carrer. Per a tots aquests elements, Gaudí defuig la repetició d'una tipologia única —que seria habitual en la majoria d'edificis— i els aprofita per fer experimentacions geomètriques.

Les xemeneies estan formades per tres parts, una base formada per una piràmide truncada, un fust cilíndric i el barret o remat, que és on l'arquitecte concentra el seu joc geomètric. Tot i que va projectar una vintena de xemeneies, a continuació només en descrivim les més representatives.

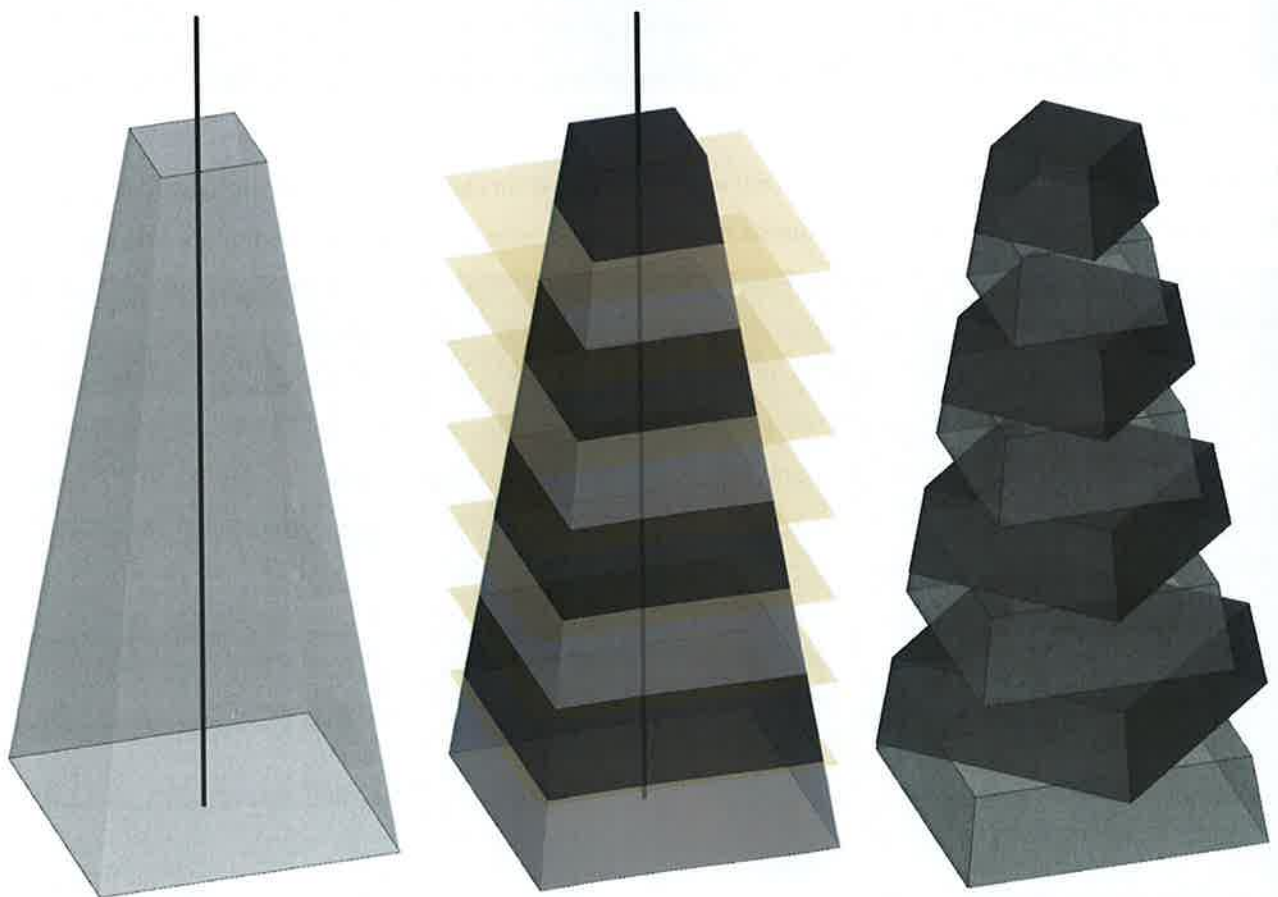
<sup>1</sup> Rafel Guastavino Moreno (València, 1842 - Ashville, 1908) construeix el teatre de la Massa de Vilassar de Dalt l'any 1881.

<sup>2</sup> Sovint s'esmenta l'ús estructural dels arcs d'entrada, però aquesta tesi remarca el seu caràcter estètic, perquè es podien haver resolt sense problema emprant les solucions habituals, tal i com demostren les versions prèvies de la façana.

En els barrets més elementals l'arquitecte construeix una piràmide de base quadrada, que divideix en diverses alçades i les gira 45° alternativament (*imatge 5.5 / variant A*). Però és en els barrets cònics on trobem les experimentacions més interessants.

Gaudí construeix diversos barrets amb aparença ben diversa, que estan formats per una base cònica, on les espirals i el joc de polígons inscrits tenen un paper determinant.

En el cas més elemental (*imatge 5.6 / variant B*), Gaudí munta una hèlix sobre un con, on els punts de pas estan fixats per una relació d'hexàgons inscrits. Aquesta geometria, copiada sobre els vèrtexs de l'hexàgon base serveixen de rail per construir una superfície helicoidal, on el perfil transversal dels diversos barrets són arcs de circumferència o unes simples rectes.

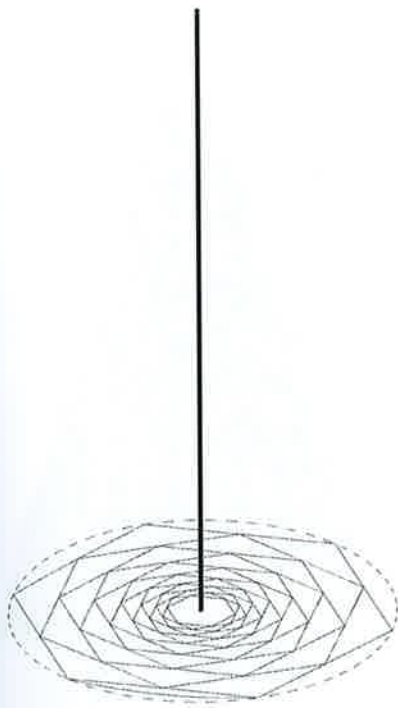


I.- Tronc de piràmide base.

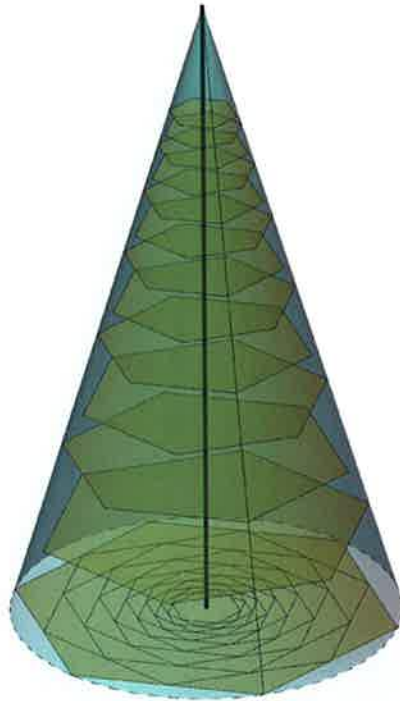
II.- Divisió en alçada.

III.- Gir de 45° en trams alternats.

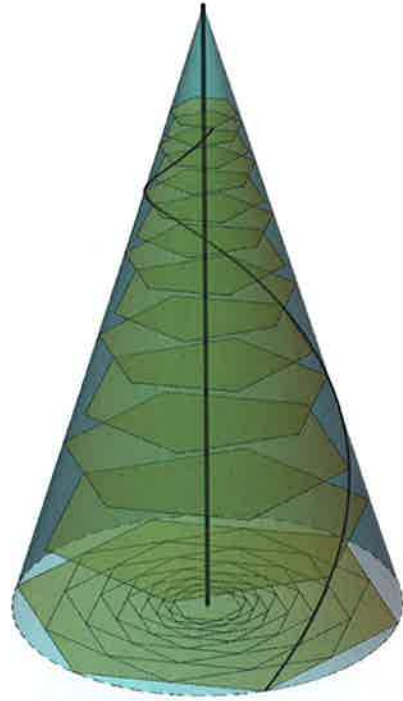
**Imatge 5.5.-** Generació esquemàtica del barret de xemeneia tipus A.



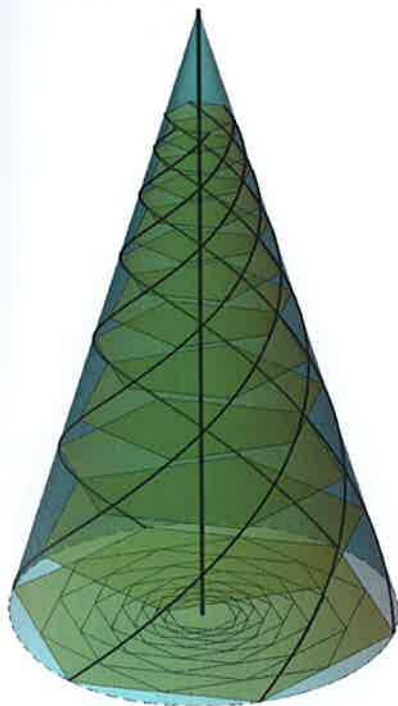
I.- Definició de polígons inscrits en planta.



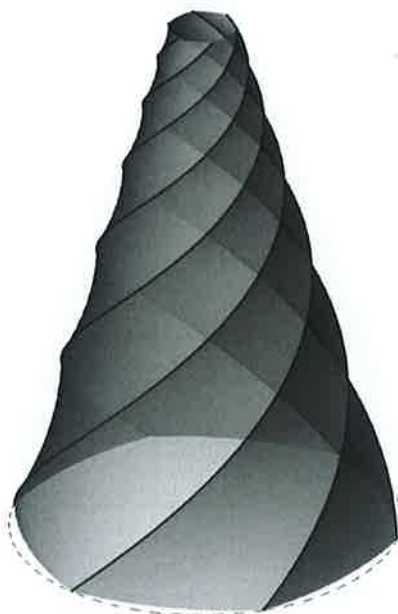
II.- Construcció del con. Situació en alçada dels polígons, inscrits dins del volum.



III.- Construcció de l'hèlix sobre el con, passant pels vèrtex dels polígons.



IV.- Còpia de les hèlixs.

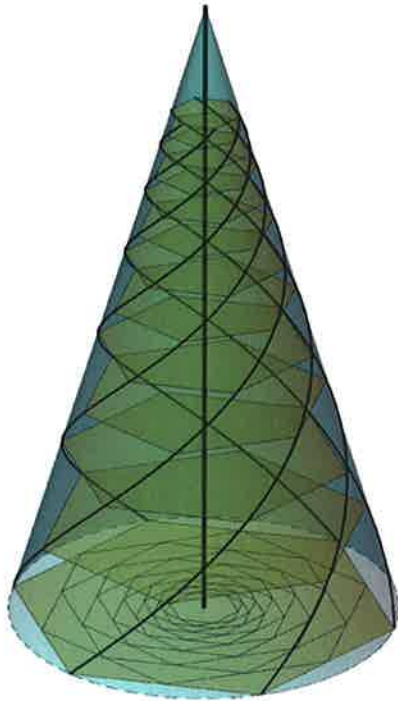


V.- Escombrat d'un perfil transversal a través de les helixs. Resultat final.

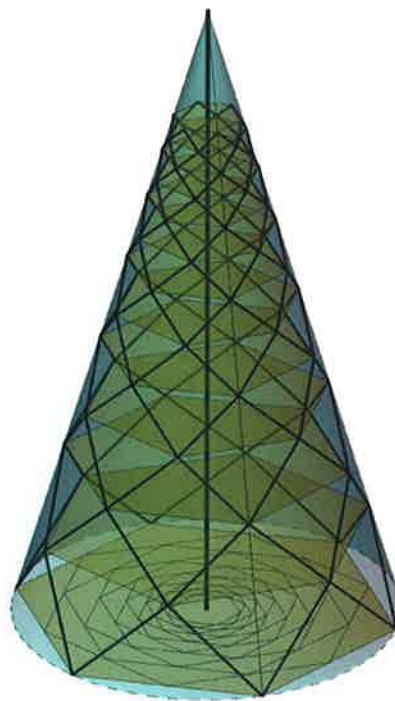
Imatge 5.6.- Generació esquemàtica del barret de xemeneia tipus B.



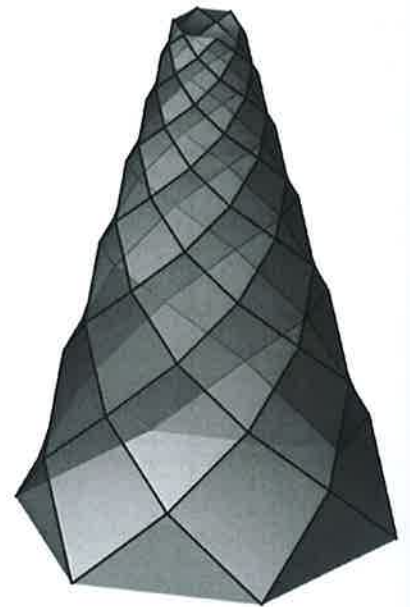
Una altra variant del cas anterior consisteix en transformar aquesta hèlix en una poligonal, on els seus vèrtexs queden determinats per les arestes dels polígons inscrits en el con. En aquest cas, Gaudí fa girar la poligonal en sentit horari i antihorari i crea una malla de requadres que cobreix amb paraboloides (*Imatge 5.7 / Variant C*).<sup>3</sup>



IV.- Còpia de les hèlixs.

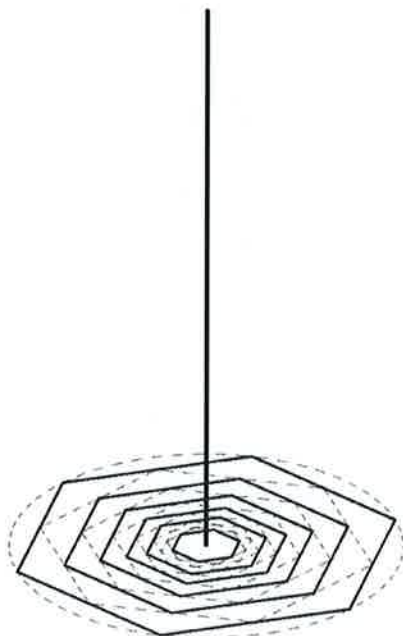


V.- Gir de les hèlixs en l'altre sentit per crear una malla.

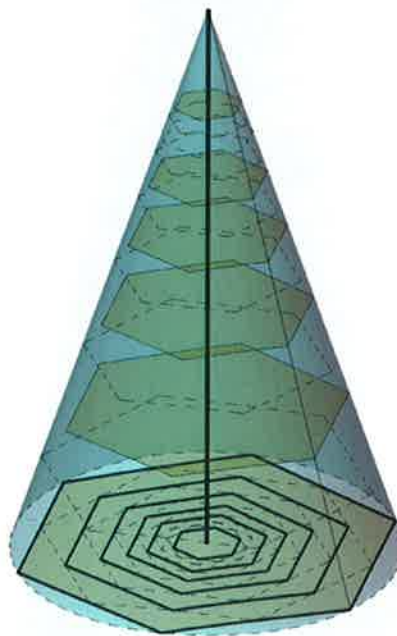


VI.- Construcció de paraboloides hiperbòlics dins de la malla.

**Imatge 5.7.-** Generació esquemàtica del barret de xemeneia tipus C a partir del pas IV del tipus B.



I.- Definició de polígons inscrits en planta.



II.- Construcció del con. Situació en alçada dels polígons, inscrits dins del volum i en descarta els que no son paral·lels a l'exterior..

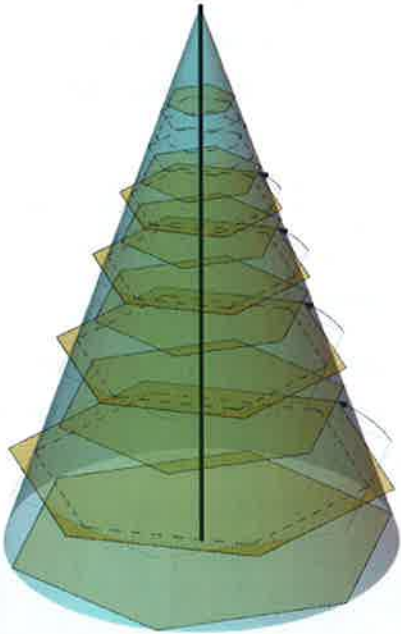


III.- Còpia dels polígons inferiors en l'espai dels hexàgons descartats.

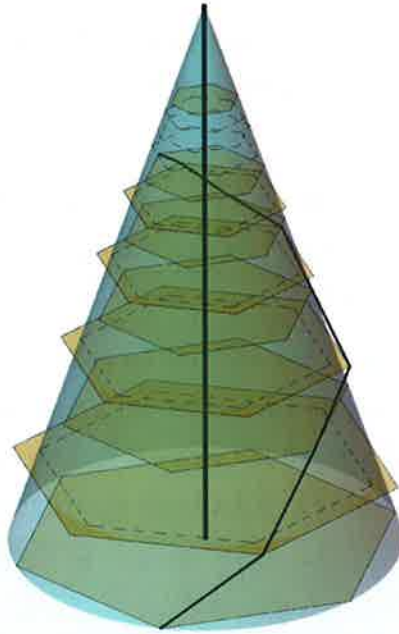
<sup>3</sup> Aquest barret ha estat estudiat en profunditat per Gustavo Nocito en la seva tesi doctoral.

Nocito Marasco, Gustavo J.: *Los cuerpos geométricos en la arquitectura de Gaudí*. Departament d'EGA I. ETSAB. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, 1998.

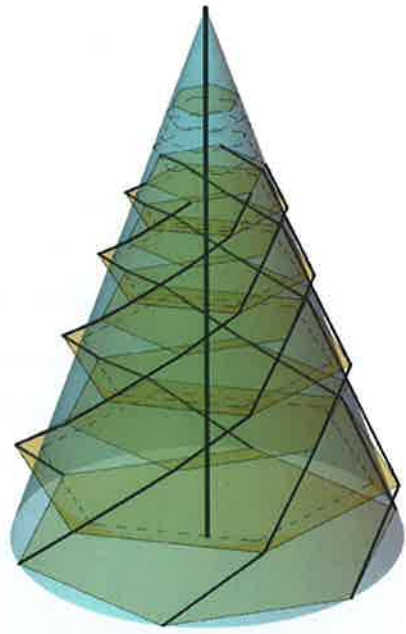
En un altre barret (*imatge 5.8 / Variant D*), que es basa en un principi similar a l'anterior, l'arquitecte fa un pas més enllà i construeix la relació d'hexàgons inscrits en planta, que els eleva a la seva posició inscrita dins del con. A continuació, descarta els hexàgons que no són paral·lels al polígon exterior i els reemplaça pels del nivell inferior, girats fins a fer coincidir el vèrtex amb el centre de l'aresta. L'arquitecte construeix la poligonal sobre els vèrtex dels hexàgons, en els dos sentits, i la copia sobre cada vèrtex del polígon base (hexàgon). El resultat final és una malla de requadres que cobreix amb paraboloides per als rombes que es troben entre els hexàgons inscrits en la seva posició original i plans triangulars per als altres casos.



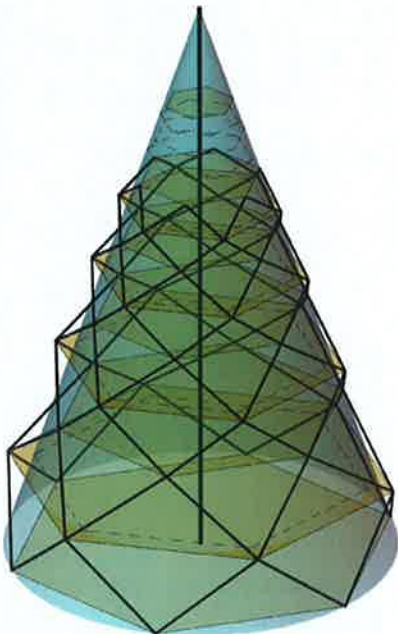
IV.- Gir dels polígons copiats fins a fer coincidir el vèrtex amb el centre de l'aresta de l'hexàgon inferior.



VI.- Construcció d'una poligonal unint els vèrtex dels polígons.



VII.- Còpia de la poligonal sobre el con.



VIII.- Gir de les hèlixs en l'altre sentit per crear una malla.



IX.- Construcció de paraboloides (en gris clar) i plans triangulars (gris fosc)  
Resultat final.

**Imatge 5.8.-** Generació esquemàtica del barret de xemeneia tipus D.

En l'interior del Palau Güell Gaudí adopta una barreja d'estils però, tal i com ocorre amb l'exterior, també hi aplica algunes innovacions que es desmarquen del repertori habitual.

A la sala central de la planta noble, Gaudí planteja un espai a triple alçada, que remata amb una cúpula formada per una superfície similar a un paraboloides de revolució (*imatge 5.2*). En aquest cas l'element no és secundari –com passava amb els arcs de la façana– sinó que és el que conforma la part més representativa del volum interior. Podem considerar que en aquest cas l'arquitecte és més agosarat, però hem de tenir en compte que hi ha una diferència fonamental respecte el cas anterior: s'atreveix a fer aquest pas en l'interior, on només és visible per un públic restringit. Aquesta característica, de certa prudència a l'hora de fer visible els canvis que denotin una variació contundent i generalitzada del repertori habitual, que ja havíem vist en les cavallerisses del mateix propietari (*imatge 5.1*), la tornarem a trobar en les obres de la seva època de maduresa de la Sagrada Família.

La volta, però, no és l'única aportació particular de Gaudí en l'interior, i d'entre les diverses que realitza, encara en podem destacar una altra, que també és significativa. De fet, ens mostra com Gaudí comença a desmarcar-se també en els petits detalls –i de forma subtil– de la resta dels arquitectes que l'envolten.

En aquest tipus d'habitatges era habitual emprar en l'interior columnes de pedra de secció circular, proveïdes de base i capitell, que generalment estaven molt decorades. En la base, però sobretot en el capitell, acostumaven a fer la transició del cercle del fust al quadrat de l'element suportat, moltes vegades amb una superfície de transició en forma "d'embut" que s'ocultava amb decoració a partir d'elements vegetals o florals



**Imatge 5.9.-** Típic capitell decorat amb motius florals. Casa Macaya (1898-1900) Josep Puig i Cadafalch (arq.)



**Imatge 5.10.-** Palau Güell. Diversos capitells sense decoració superposada, amb forma semblant als hiperboloïdes. Antoni Gaudí i Cornet (arq.)



En alguns casos la decoració tenia una doble finalitat i, a més d'embellir, servia per resoldre la transició en les zones més complexes. Per il·lustrar-ho, adjuntem fotografies d'algunes obres d'altres arquitectes, on s'aprecien aquest tipus de solucions (*imatge 5.9*). Gaudí, en canvi, en aquest edifici prescindeix de la decoració habitual de l'època i deixa la forma de transició nua: la resol amb una senzilla geometria que formalment s'assembla a un hiperboloide, però que encara està molt lluny de tenir el rigor geomètric que acabarà utilitzant en la darrera etapa de la seva vida (*imatges 5.10 i 5.11*).

Per últim, d'aquesta obra encara destacaríem un altre aspecte, que en principi no és geomètric. Per crear els pendents del terrat superior, que és el que conté els barrets de xemeneia, Gaudí no té cap inconvenient en simplificar la tècnica constructiva habitual que predominava en el moment. En la majoria d'edificis el sostre del darrer pis era horitzontal, el que li conferia un bon acabat, i a sobre d'ell es construïa un terrat on els pendents es donaven a través d'un pesat sistema d'envanets de sostremort<sup>4</sup>. En el cas del Palau, la darrera planta –les golfes– són de servei i Gaudí no té cap problema en inclinar directament les bigues del sostre, cosa que crea un acabat “ondulat” sense cap rigor ni voluntat geomètrica (*imatge 5.12*). Encara que en aquesta obra l'aspecte geomètric no sigui rellevant, remarcuem aquesta solució perquè en el futur tornarem a trobar aquesta fórmula, però aleshores la geometria ja començarà a ocupar una altra funció.



**Imatge 5.11.-** Palau Güell. Capitell amb forma semblant a un hiperboloide.



**Imatge 5.12.-** Palau Güell. Golfes amb sostre “ondulat”, sense cap pretensió geomètrica.

<sup>4</sup> El sistema d'envanets, a més de permetre l'acabat horitzontal del pis inferior, també proporcionava un aïllament tèrmic.

En el mateix període que edifica el Palau Güell s'estan construint les llanternes del claustre de la façana del Naixement de la Sagrada Família (1898), i Gaudí projecta unes columnes helicoidals per suportar-les. Aquest tipus de columna s'ha utilitzat àmpliament al llarg de la història i en aquesta època, que es recuperaven els estils del passat, era un recurs que tornava a estar de moda. Així doncs, també l'utilitzaven molts altres arquitectes del moment, com ho il·lustren les fotografies adjuntes (*imatges 5.13 i 5.14*). En principi, no tindria res de remarcable que també les utilitzés Gaudí, però el que el distingeix —una vegada més— és l'actitud amb què les manipula. Tal i com feia amb els barrets del Palau, l'arquitecte no es limita a aplicar una solució única, que seria l'habitual, sinó que aprofita aquest element per fer-hi jocs formals, amb finalitats estrictament decoratives. Gaudí parteix de la columna més senzilla: la de gir helicoidal en un sol sentit de pendent constant, i a partir d'aquesta, comença a fer-ne combinacions i variants, d'entre les que destaquem la combinació de dos girs en sentit oposat, i la formada per la suma del gir en un sol sentit amb l'extrusió de les estries verticals (*imatges 5.15 a 5.17*).

L'interès d'aquestes columnes no es centra només en el fust, ja que totes elles tenen base i capitell, on tornem a trobar una solució que ens és familiar. De la mateixa manera que a la residència de Güell, la seva forma s'assimila a un hiperboloide —però sense ser-ho—, on també ha desaparegut la típica decoració floral que la majoria d'arquitectes coetanis aplicaven.

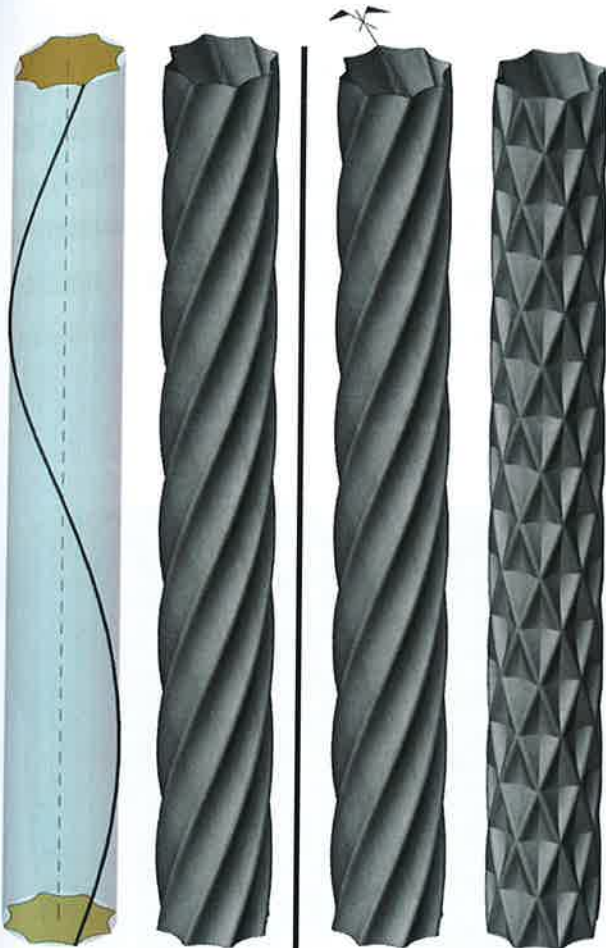
Si ho mirem amb deteniment, és curiós que combini un capitell que prové de la simplificació amb unes columnes que precisament són tot el contrari: una bona mostra de com un element pot resultar cada vegada més complex a partir d'una tipologia senzilla. Encara podem accentuar més aquesta apreciació si ho comparem



**Imatge 5.13.-** Tribuna amb columnes de gir helicoidal. Casa Amatller (1898-1900). Josep Puig i Cadafalch (arq.)



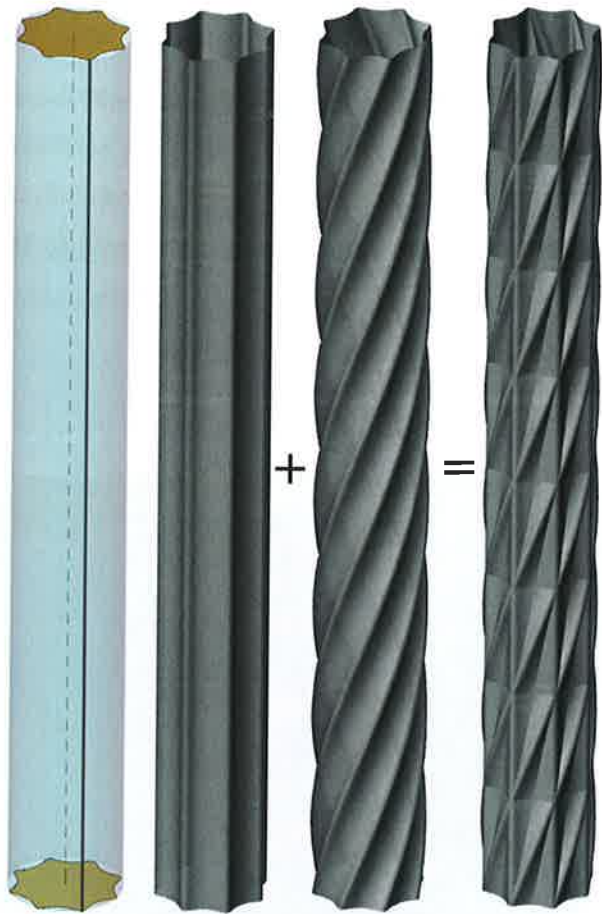
**Imatge 5.14.-** Tribuna amb columnes de gir helicoidal. Can Garí (1898-1900). Josep Puig i Cadafalch (arq.)  
Vegeu la similitud de les columnes i els capitells centrals amb els que projecta Gaudí pel claustre del Roser.



**Imatge 5.15.-** Columna de gir helicoïdal en un sentit.



**Imatge 5.16.-** Columna de gir helicoïdal en els dos sentits.

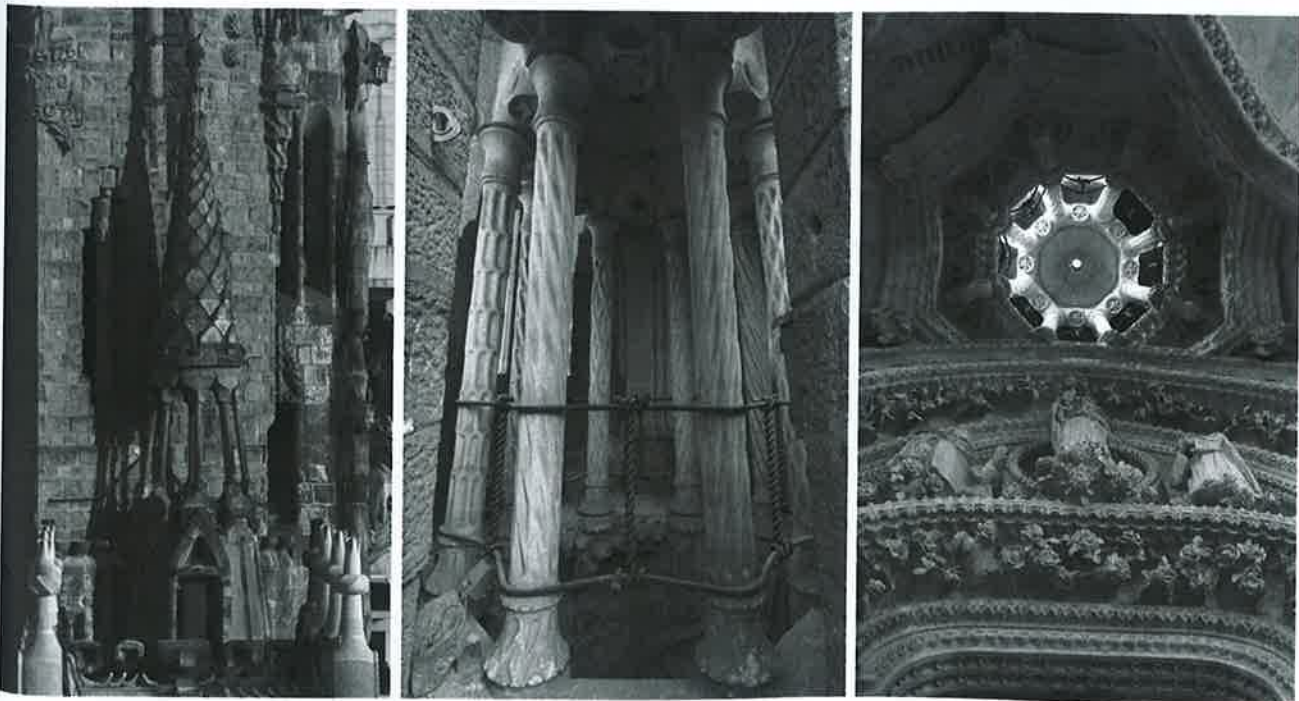


I.- Extrusió d'un perfil base.

II.- Gir helicoïdal en un sentit.

III.- Resultat final (I+II).

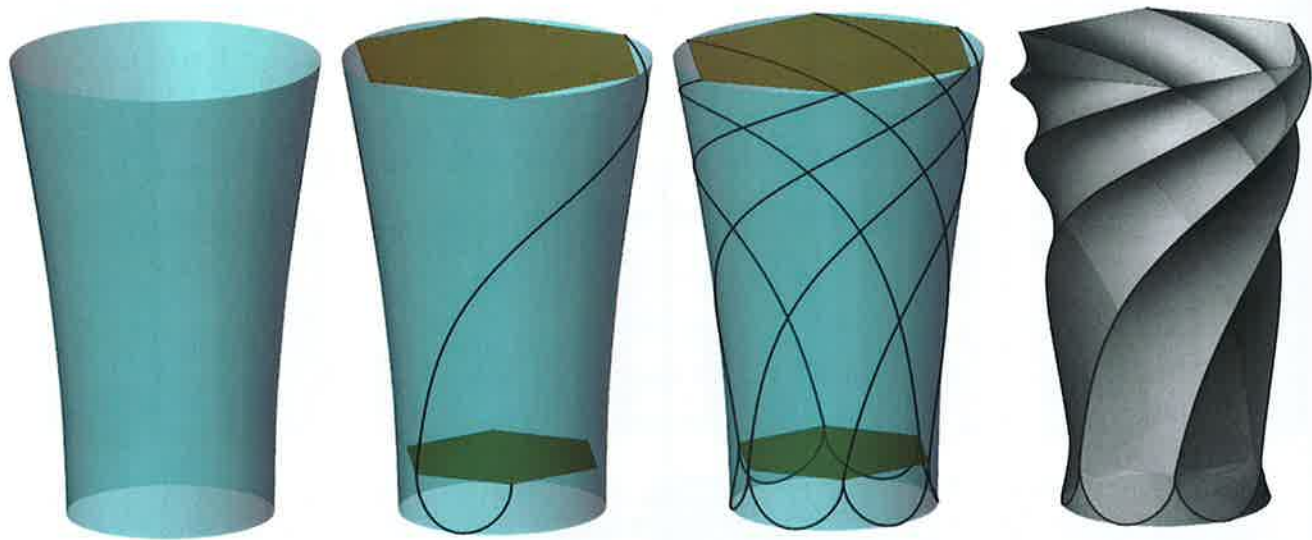
**Imatge 5.17.-** Columna formada per la combinació d'un polígon extrudit i una columna de gir helicoïdal.



**Imatge 5.18.-** Llanterna del claustre del Roser.

amb la capella del Roser, que es troba just a sota –i amb comunicació visual directa– i que és el sùmmum de la decoració afegida, fonamentalment a base de motius florals.

Gaudí projecta més columnes i coronaments estriats en el claustre, però és en els capitells de la llotja del Naixement on fa més experimentacions, semblants a les realitzades per a les columnes de la llanterna. L'arquitecte estudia diverses variants de capitell, també basades en l'helicoide, de les que en destaquem un parell. En els dos casos la superfície de base és similar a un hiperboloide –altra vegada, sense el seu rigor geomètric– sobre la qual col·loca helicoides.



I.- Geometria base (semblant a un hiperboloide)

II.- Helicoide de pendent no constant sobre la superfície.

III.- Còpia dels helicoides al voltant de la superfície.

IV.- Escombrat d'un perfil transversal. Resultat final.

**Imatge 5.19.-** Generació del capitell amb gir en un sentit.

En el primer capitell hi situa un helicoide de pendent variable, que copia sis vegades a l'entorn de la superfície (imatge 5.19). Aquests perfils serveixen de guia per escombrar una secció transversal (en el model teòric s'ha fet servir una recta) que conforma la superfície helicoïdal d'acabat. En la part baixa s'uneixen els helicoides amb uns arcs de circumferència projectats sobre la superfície, que serveixen de límit per retallar el símil d'hiperboloide original, que es manté en la part baixa del capitell.

L'altra variant consisteix en l'addició de la seva figura simètrica, amb els helicoides girant en sentit invers (*imatge 5.20*), que ja havia assajat en els barrets de la residència dels Güell i les columnes de la llanterna.

Tot i que el principi generador és similar a l'utilitzat en els barrets del Palau, en aquests capitells Gaudí fa un pas més enllà, ja que en la seva decoració utilitza una geometria de base més complexa i fa servir espirals de ritme no constant.

Per últim, a la Sagrada Família trobem la coberta cònica de remat de la llanterna, on Gaudí disposa les escates utilitzant els mateixos principis emprats per al barret de doble espiral del Palau (*imatge 5.18*).

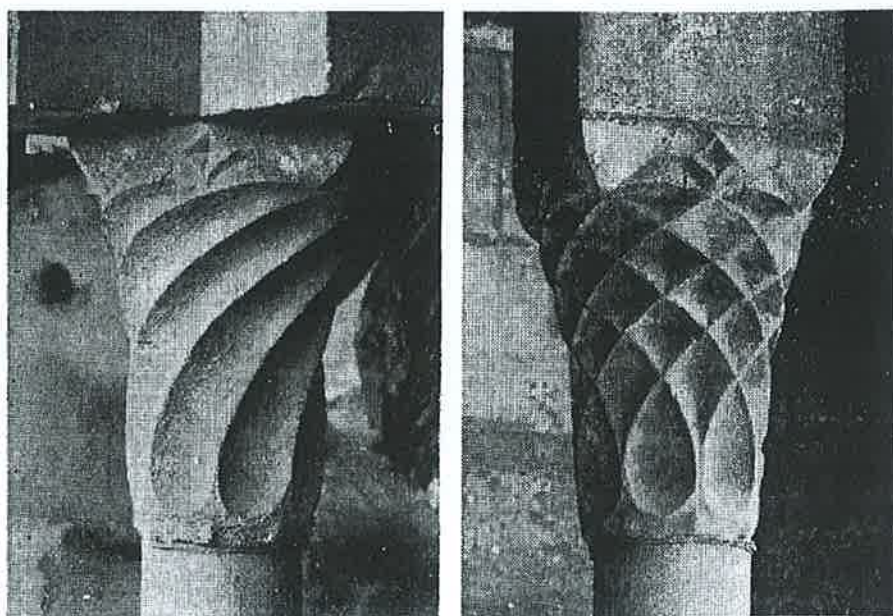


IV.- Capitell anterior amb gir en un sentit.

V.- Superposició de les superfícies que giren en l'altre sentit. Resultat final.

Polígons inicials del capitell (en groc) i polígons resultants (en vermell)

**Imatge 5.20.-** Generació del capitell en dos sentits a partir del model anterior.



**Imatge 5.21.-** Capitells originals.



En el Palau Episcopal d'Astorga, una altra obra de caràcter monumental, Gaudí torna a adoptar un llenguatge medieval. El projecte, que està al costat de la catedral i de la muralla, s'havia de sotmetre a l'aprovació de la *Real Academia de San Fernando* i per aquest edifici l'arquitecte va preparar un projecte complet, perfectament delineat, on no es mostrava la presència de cap element innovador.

L'execució d'aquesta obra, a distància i amb control oficial, és una de les que sofreix menys canvis respecte el projecte, però, tot i això, Gaudí va variar els arcs del porxo d'entrada, on va introduir-ne uns de perfil parabòlic (*imatge 5.22*), de forma similar a com ho havia fet en el Palau Güell. El seu deixeble, Martinell, destaca els pocs canvis que va experimentar aquest projecte. Per explicar-ho, manté la hipòtesi que probablement Gaudí tenia els canvis plantejats des del principi, però que no els va dibuixar en el projecte oficial per evitar que fossin denegats per l'administració<sup>5</sup>.

A través dels exemples anteriors, veiem com Gaudí s'interessa per les experimentacions geomètriques des de ben aviat, que aplica en elements de finalitat eminentment decorativa. No obstant i això, només s'atreveix a mostrar-les en edificis de poca rellevància (com les cavallerisses, de caràcter funcional), en elements puntuals (arcs de façana de la residència Güell i del Palau d'Astorga), o els relleva a un àmbit restringit (cúpula i barrets del Palau Güell).

En les següents obres, el col·legi Teresià i la Casa Fernández y Andrés, Gaudí reprimirà notablement els elements geomètricament innovadors.

En el col·legi de les Teresianes<sup>6</sup> l'arquitecte projecta un edifici prismàtic, basat en la repetició d'un mòdul sobri, rematat amb merlets, que li donen un aspecte medieval (*imatge 5.23*). En l'exterior limita els arcs parabòlics a algunes obertures del porxo i del cos principal, aquestes últimes emmarcades dins de l'estricta modulació vertical. Tal i com havia operat en el Palau Güell o el d'Astorga, sí que fa presents alguns elements dissonants, però aquests queden emmarcats dins d'un conjunt sobri.

En el cas de la casa Fernández y Andrés, que es situa al costat del palau renaixentista de los Guzmanes, Gaudí es va cenyir a un estil medieval, sense fer més excessos dels que eren habituals en l'època eclèctica que predominava en el moment de la seva construcció.

Haurem d'esperar a una obra llunyana, l'edifici per a les missions franciscanes de Tànger<sup>7</sup>, per trobar un edifici important on el repertori clàssic d'estils no hi sigui present. Aquí Gaudí aconsegueix la monumentalitat a través de la seva dimensió: amb una planta inscrita en un cercle de 120 metres de diàmetre i un conjunt imponent de torres que s'alcen fins als 80 metres. La ubicació d'aquest edifici era molt diferent dels que havia realitzat fins aleshores i el fet de canviar de context, fora de l'emplaçament urbà i rodejat d'arquitectura oriental, segurament deuria influenciar-lo per trencar amb el repertori històric precedent i atrevir-se a mostrar sense complexos la

5 Martinell Brunet, Cèsar: *Gaudí, su teoría, su vida, su obra*. Barcelona. Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares, 1967. p. 279.

6 Les obres del col·legi de les Teresianes van començar l'any 1887 sota la direcció de l'arquitecte Joan Baptista Pons i Trabal, que en va realitzar el primer projecte. L'any següent Enric Ossó –fundador de l'entitat– va decidir encarregar-les a Gaudí, quan ja s'havien construït els fonaments, que marcaven la traça de l'edifici.

7 El sacerdot i missioner franciscà José Maria Lerchundi volia ampliar la missió catòlica de Tànger, i Claudi López Bru, segon Marquès de Comillas, es va oferir a finançar-ho. El projecte de l'edifici es va encarregar a Antoni Gaudí, a través de la *Asociación de Damas de la Inmaculada Concepción*, que presidia María Luisa Andrés Fernández-Gayón, que era l'esposa del marquès.

seva nova arquitectura. A l'hora de la veritat, però, la ruptura amb els estils precedents duraria ben poc, ja que el projecte no va arribar a fructificar<sup>8</sup>.

Quan Gaudí torna a Barcelona es concentra en definir el projecte monumental del Temple i aplica la forma de les torres tangerines en els campanars de la façana del Naixement que, en un principi, havien de ser de secció quadrada.

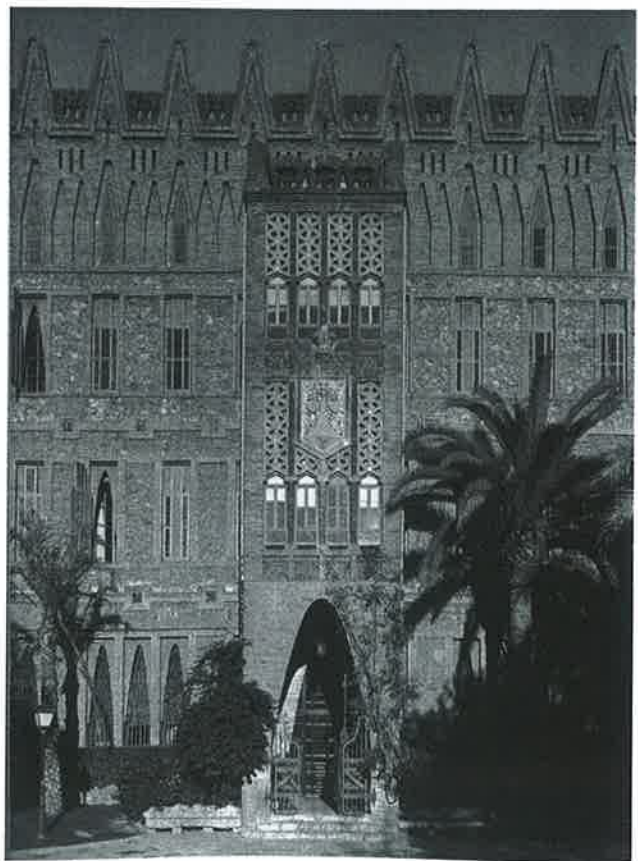
En canvi, quan reprèn la seva activitat civil, reprimeix el nou llenguatge i projecta una arquitectura més sobria que mai, amb obres com la casa Calvet o Bellesguard.

La casa Calvet era un edifici prototípic de l'Eixample, amb soterranis i baixos destinats a comerç, planta principal per a l'habitatge del propietari i la resta de pisos per a habitatges de lloguer, que Gaudí va resoldre en un modest estil neobarroc. Paradoxalment va ser aquesta construcció, que és una de les més modestes de l'arquitecte —on no aplica cap innovació formal destacable— la que va guanyar el premi al millor edifici construït a Barcelona l'any 1900.

Bellesguard era una residència aïllada del centre de Barcelona, però amb una càrrega simbòlica molt forta, perquè en aquell solar hi havien les restes de l'antic castell del rei català Martí I l'Humà. Aquest fet va condicionar profundament a Gaudí, que va evitar fer experimentacions geomètriques en l'exterior de l'edifici i va adoptar un to medieval sobri i respectuós amb l'entorn.



**Imatge 5.22.-** Palau episcopal d'Astorga.  
Arcs de l'accés modificats respecte el projecte original.



**Imatge 5.23.-** Col·legi de les Teresianes.  
Arcs de la façana.

<sup>8</sup> L'any 1893 hi va haver un conflicte entre Espanya i el Marroc. L'agitació política va portar una crisi i alguns negocis del segon Marquès de Comillas, que finançava l'obra, com *Tabacos de Filipinas* o la *Compañia Transatlántica* van estar a punt de fer fallida.

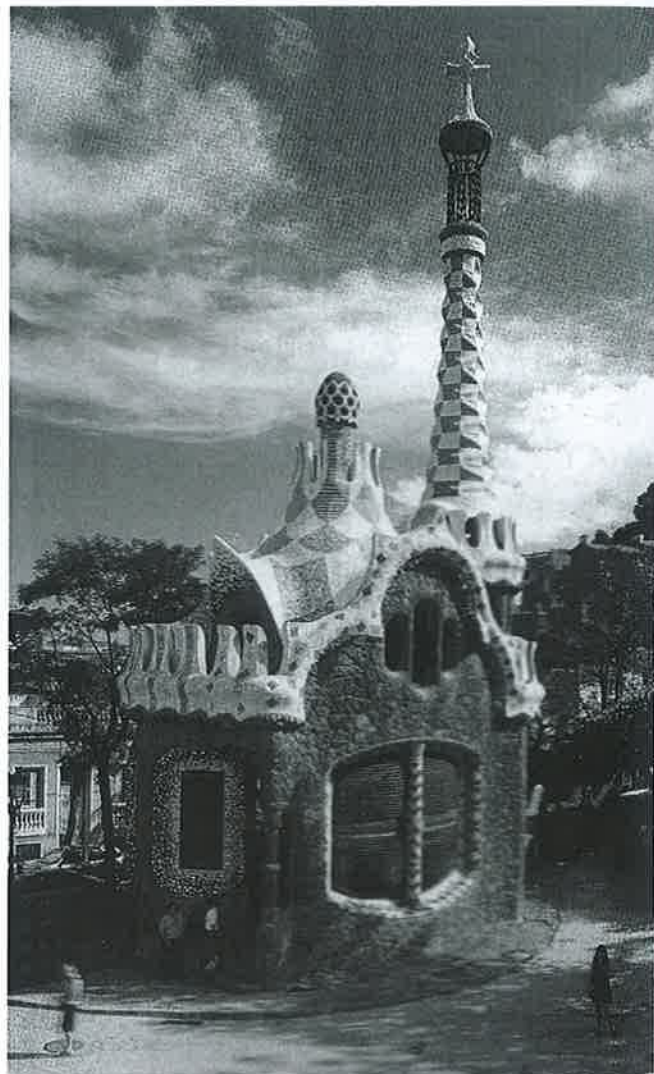
## 5.2. Gaudí i la ruptura amb l'arquitectura historicista

Haurem d'esperar fins al Park Güell, un projecte d'urbanització per a la "muntanya pelada" que llavors es trobava als afores de Barcelona, perquè Gaudí torni a mostrar sense complexos l'arquitectura fantàstica que havia amagat des de Tànger.

Aquesta obra s'estructura en tres parts diferenciades: la plaça i la sala hipòstila, que es situa en la zona principal de la urbanització; la xarxa de viaductes; i per últim, les edificacions de servei, que es troben en l'accés principal. En aquesta obra l'arquitecte encara fa una distinció entre les diverses zones, i per a la més important, la sala hipòstila, encara es sotmet als estils precedents i fa una adaptació –molt personal– de l'estil dòric. En canvi, en la xarxa de viaductes, que té una finalitat purament funcional, l'arquitecte ja es desmarca dels estils i fa unes solucions molt originals, que tractarem en els propers capítols d'aquesta tesi quan parlem de les estructures de l'arquitecte.

El que realment ens interessa d'aquesta obra, des d'un punt de vista geomètric, són els pavellons d'ingrés al parc, on l'arquitecte projecta unes cobertes fantàstiques on predomina la geometria lliure, que un altre cop no tenen res a veure amb el repertori dels estils anteriors. En el pavelló administratiu Gaudí situa una agulla que sosté una creu de quatre braços (*imatge 5.24*). És precisament en aquest element on la geometria deixa de ser totalment lliure. L'arquitecte crea una agulla molt allargada de forma acampanada –de nou similar a un hiperboloide– a sobre de la qual situa unes espirals en els dos sentits, que es creuen entre elles (*imatge 5.25*). El procediment que utilitza per generar-la és similar al que havia emprat en els barrets del Palau Güell (que en aquell cas eren cònics), o fins i tot en els capitells de la façana del Naixement, però tot i les similituds, en aquest obra trobem uns canvis de concepte fonamentals.

D'una banda, l'aplicació d'aquests procediments formals deixa de practicar-se en uns elements decoratius secundaris dins del conjunt o en posicions poc visibles, com havia succeït fins al moment: ben al contrari, passen a conformar un gran element principal dins del conjunt de l'edifici, amb una gran significació externa. De l'altra, tenim una diferència fonamental en la jerarquia que adopta la geometria dins de l'element. Per als barrets del Palau, la geometria només era el suport –i l'eina– que donava la forma, que es podia revestir d'infinitat d'acabats i colors que no s'havien de subjectar de forma estricta a ella. Això canvia radicalment amb aquesta agulla: l'acabat, amb el seu color, no s'aplica de qualsevol manera sobre el suport, sinó que està sotmès a la



**Imatge 5.24.-** Park Güell. Edifici d'accés amb cobertes de forma lliure i agulla.

pròpia generació de la forma i serveix per mostrar –només als ulls experts– com s’ha creat. Aquesta afirmació queda demostrada en la imatge adjunta, on es veu com el resultat final sorgeix de la fusió dels dos polígons, que giren de forma helicoïdal en sentit contrari, i on la disposició del color és esclava del procés geomètric que s’ha seguit.

Amb la realització d’aquesta obra d’urbanització, l’arquitecte trenca definitivament amb els estils històrics precedents i s’endinsa en la recerca d’un llenguatge naturalista.

En les obres enllestides fins al moment, Gaudí sempre havia intentat trencar de forma tímida amb els estils precedents, o bé de forma puntual (com en el Palau Güell, Astorga o les Teresianes), o bé en edificis en emplaçaments allunyats (Finca Güell, les missions catòliques de Tànger o el propi Park Güell). En aquest punt fem notar que el nom de Güell, que s’ha repetit en la majoria d’aquestes obres, tampoc és casual, i que la majoria d’aquestes experimentacions es poden portar a terme a través del seu finançament i aprovació, perquè disposa un fe quasi absoluta en Gaudí.

En altres casos, l’arquitecte s’havia contingut i cenyit a un llenguatge sobri quan el motiu ho requeria, ja fos perquè era casa modesta (Calvet) o perquè la ubicació ho exigia (Casa Botines a León i Bellesguard).

A partir de les següents obres, Gaudí ja s’atreveix a mostrar sense complexos la ruptura amb els estils precedents i aplica les formes lliures en un dels punts més destacats de la ciutat: el Passeig de Gràcia.



I.- Gir helicoïdal d’una secció base, amb una reducció no lineal de la seva secció (dins d’una envoltant similar a un hiperboloide).

II.- Forma resultant del gir en un sentit (hèlix de pendent constant sobre la superfície envoltant).

III.- Gir invers.

IV.- Resultat final (II+III, simplificat)

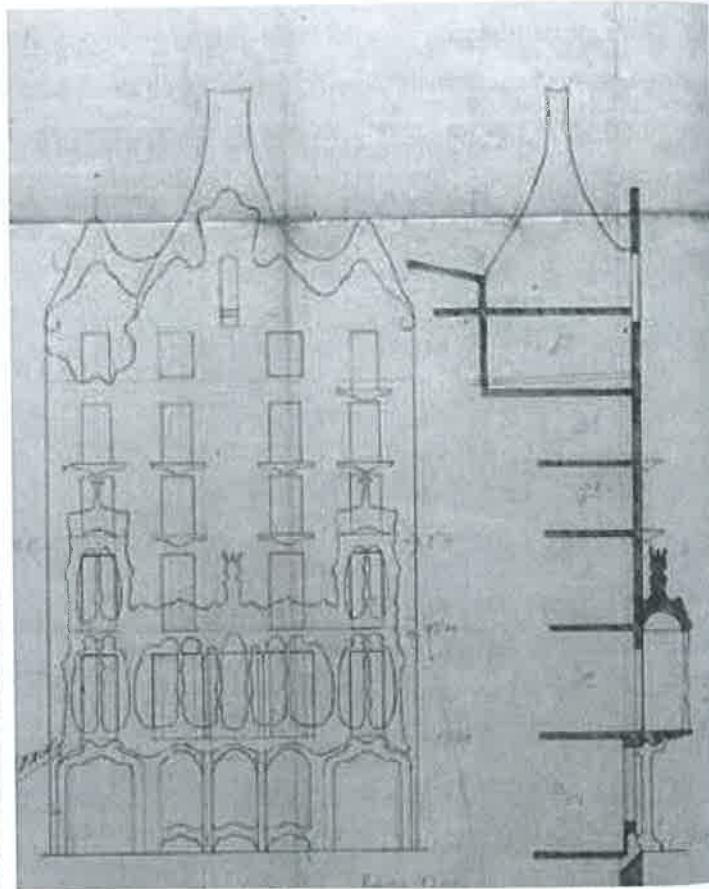
**Imatge 5.25.-** Generació geomètrica conceptual de l’agulla de l’edifici d’accés. Model simplificat.

La casa Batlló és la reforma d'un edifici existent, que consisteix en l'addició d'una tribuna en el pis principal –amb muntants que recorden formes òssies– i un nou espai sota coberta. La nova coberta, que és visible des del carrer, està formada per una successió d'arcs d'alçada variable, que des de l'exterior donen l'aspecte d'un parament ondulat de forma lliure, dividida en tres cossos. En la banda esquerra, Gaudí hi va situar una petita torrassa que, de nou, remata amb una creu de quatre braços (*imatges 5.26 i 5.28*).

Per a les nostres explicacions, el més important d'aquesta obra des d'un punt de vista geomètric no es troba en la solució final, sinó en una de les versions prèvies. Com és habitual en Gaudí, sempre aplica canvis en les seves obres, i aquesta no n'és una excepció. Si ens fixem en un dels plànols anteriors trobem un element que desperta interès. Inicialment no hi havia la torrassa i l'element predominant era el cos central de la coberta, que Gaudí projectava amb una mena d'embut, format per una superfície lliure (*imatge 5.27*). Aquesta superfície, que aquí veiem en la seva forma primigènica, s'assimila molt a un hiperboloide –però altra vegada sense ser-ho–, una forma que més endavant l'arquitecte utilitzarà en la seva obra.



**Imatge 5.26.-** Casa Batlló. Solució final construïda.



**Imatge 5.27.-** Casa Batlló. Projecte inicial. Es pot observar una forma semblant a un hiperboloide en el centre de la coberta.



**Imatge 5.28.-** Tribuna de la casa Batlló. Mainells amb formes òssies.

Tot i que la casa Batlló és el primer exemple d'una arquitectura desenfrenada, no serà fins a la següent obra del passeig de Gràcia, la casa Milà, on l'arquitecte mostra tot el seu potencial.

A la casa Milà Gaudí va portar a l'extrem les formes lliures i les va aplicar en tot l'edifici, des de la distribució interior fins a la coberta i la façana (*imatge 5.30*).

En la coberta va crear uns badalots recoberts amb unes formes ondulants (*imatge 5.32*), que es regeixen per principis semblants als utilitzats en els barrets del Palau Güell o l'edifici del Park.

Per a la façana va fer un gran mur perforat de pedra, de formes ondulants, on hi ha diversos balcons i tribunes, que tenen columnes que s'eixamplen en la seva zona superior per buscar la continuïtat amb l'element sustentat (*imatge 5.31*). En alguns casos Gaudí encara marca un cert capitell, però fins i tot en aquest element mira de desdibuixar el seu límit superior per fusionar-lo amb la resta del parament. Podríem dir que aquesta solució és l'evolució natural dels capitells que Gaudí inicia uns anys abans. Ara no es limita a simplificar-ne la seva decoració, sinó que fins i tot arriba a desdibuixar l'element en sí. Precisament serà en aquest tipus de trobades on comencem a veure un germen, encara molt primitiu, del que seran les seves solucions de maduresa per a la Sagrada Família, on la recerca de la continuïtat és un dels temes primordials. Malgrat l'espectacularitat dels



**Imatge 5.29.-** Casa Milà. Maqueta de guix a escala 1:10 que va servir per construir l'edifici.



**Imatge 5.30.-** Casa Milà. Façana amb formes lliures.



**Imatge 5.31.-** Casa Milà. Tribuna amb formes contínues.



**Imatge 5.32.-** Casa Milà. Badalot d'escala.

dos edificis de Gaudí, aquests no van ser els únics casos contemporanis on es van utilitzar formes lliures per intentar trencar amb els estils històrics precedents. A mode d'exemple, i ben a prop seu, podem trobar obres contemporànies o lleugerament posteriors que es regeixen per principis similars, com la casa Comalat<sup>9</sup> o la casa Sayrach<sup>10</sup> (imatges 5.33 a 5.36).

En tots els casos el replanteig i la construcció d'aquestes formes lliures era molt complexa. Així, per a la Pedrera Gaudí va arribar a fer una maqueta de guix a escala 1:10, que no només servia per a projectar, sinó que era la referència sobre la que s'extreien les proporcions de tots els blocs de pedra que formaven la façana (imatge 5.29). Aquest procediment era lent i laboriós i això va empènyer Gaudí a buscar un mètode més racional per aconseguir les formes naturalistes que desitjava. Per mirar d'aconseguir-ho va començar a assajar les experimentacions en una obra que havia iniciat uns anys abans: l'Església de la Colònia Güell.



Imatge 5.33.- Casa Comalat. Façanes principal i posterior.



Imatge 5.34.- Casa Sayrach.



Imatge 5.35.- Casa Comalat. Mainells de la façana principal.



Imatge 5.36.- Casa Comalat. Mainells de la façana posterior.

9 La casa Comalat és obra de l'arquitecte Salvador Valeri i Pupurull (Barcelona, 1873-1954). Es va projectar l'any 1906 i es va acabar el 1911. L'edifici té façana a l'avinguda Diagonal, 422, amb un estil més sobri, i també al carrer Còrsega, 316, on té una gran tribuna ondulada.

10 La Casa Sayrach és obra de l'arquitecte Manel Sayrach i Carreras (Barcelona, 1886 - Sant Feliu de Llobregat, 1937). Es va construir entre els anys 1918 i 1926 i es troba a la cantonada de l'avinguda Diagonal, 423-425 i el carrer Enric Granados, 153-155.

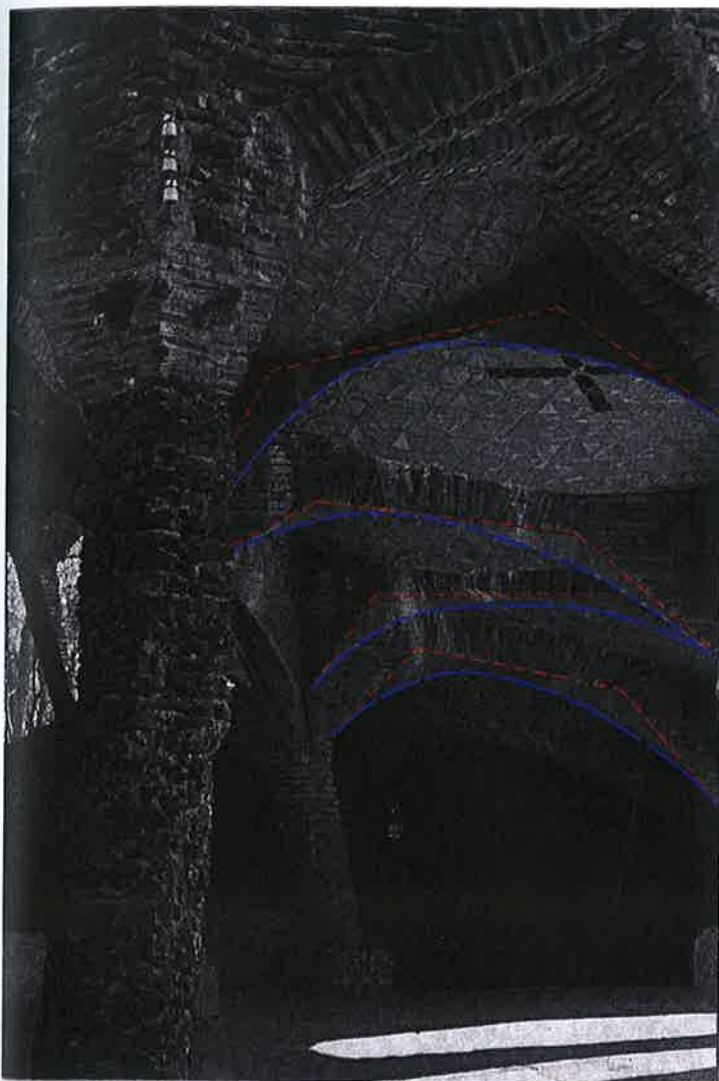
### 5.3. Els primers intents de construcció amb lleis geomètriques

Just després de definir la primera versió de les naus de la Sagrada Família, l'any 1898, l'arquitecte va acceptar l'encàrrec de projectar l'església per la colònia obrera. El projecte va durar deu anys i va ser un autèntic banc d'experimentació geomètrica i estructural, que va realitzar mentre projectava les cases Batlló i Milà.

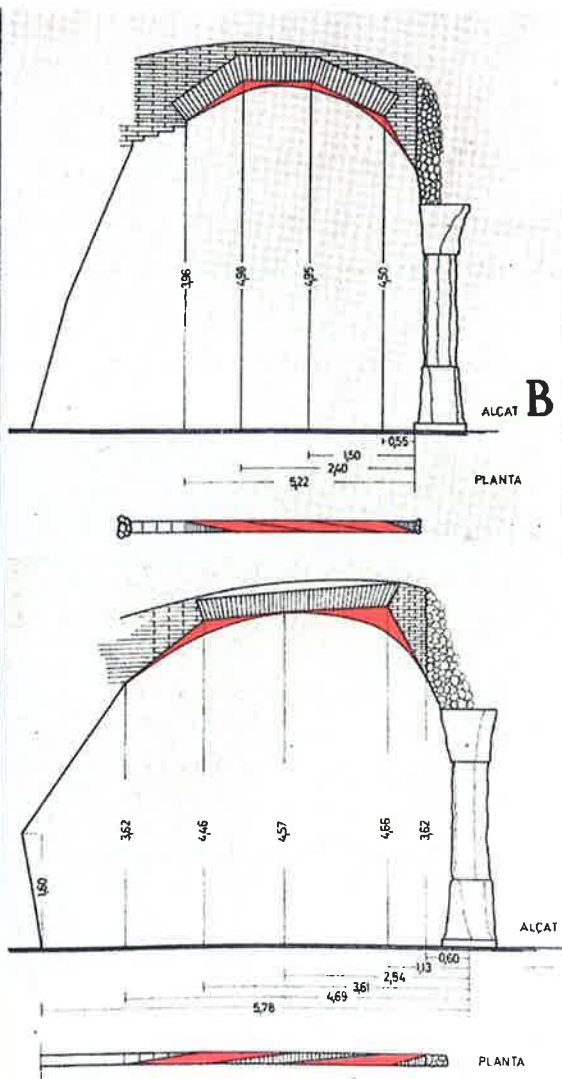
Per aquest edifici va aplicar un mètode de càlcul que es basava en un model funicular invertit –l'ampliarem en el capítol 8 d'aquesta tesi–, que també va tenir un paper rellevant en la generació de la forma de l'edifici. En aquesta obra Gaudí va començar a racionalitzar les superfícies guerxes que tant li costaven de construir, i va aplicar el paraboloides en diverses zones de l'església de la Colònia Güell, amb una voluntat molt diferenciada en cada cas.

A continuació descrivim les tres tipologies de paraboloides més rellevants que aplica en aquest edifici:

La primera aplicació d'aquestes superfícies la trobem en la zona ondulant de la façana. En aquest cas, no té la voluntat clara d'utilitzar un paraboloides amb rigor geomètric, sinó que la seva forma és conseqüència del reomplert entre els nervis principals –cordills– de la maqueta, que donen com a conseqüència una superfície guerxa.



**Imatge 5.37.-** Porxo de l'església de la Colònia Güell. Voltes amb paraboloides hiperbòlics. Perímetre dels arcs estructurals (en vermell) i intradós corregit amb paraboloides (en blau).



**Imatge 5.38.-** Planta i alçats dels arcs del porxo. En vermell s'han marcat els paraboloides de decoració que Gaudí va col·locar per corregir el perfil de l'intradós.



La segona aplicació es troba en les voltes del porxo d'accés a la cripta, que estan situades dins dels espais triangulars (o romboïdals) que delimiten els arcs principals de suport en planta (*imatge 5.37*). En aquest cas, la superfície també és un reomplert dins de l'estructura principal però, a diferència del cas anterior, el resultat no és immediat. Per aquests elements l'arquitecte fa servir la tècnica de la volta de maó de pla, que era molt habitual en l'època. El més normal seria que hagués realitzat unes voltes on la doble curvatura tingués el mateix signe –còncav– en els dos sentits. En canvi, la solució que adopta es desmarca del repertori tradicional, en crear unes voltes que es regeixen per una superfície guerxa – que neix a partir d'una generatriu recta. Això dona com a resultat una volta amb curvatura còncava en un sentit, que és l'habitual, però convexa en l'altra, un fet que li confereix un aspecte ingràvid en aquesta direcció i que deuria sorprendre al públic en general i, sobretot, als paletes que les havien de construir. Gaudí té la voluntat de marcar les generatrius en la volta i les aprofita per especejar les rajoles, que amb la seva dimensió original no s'adaptarien a la curvatura resultant. El resultat final que sorgeix d'aquest procediment és una porció de paraboloides hiperbòlics.

La darrera aplicació dels paraboloides la trobem en els arcs principals de les voltes del porxo, on els va introduir amb una finalitat decorativa (*imatge 5.38*). En aquest edifici Gaudí va ajustar el traçat dels arcs a la línia de pressions que donava la maqueta (tema que s'ampliarà en el capítol 9) i, en el cas dels arcs principals, que aguantaven altres arcs de menor dimensió o càrregues puntuals, això donava com a resultat un traçat poligonal, que sobtava en aquest tipus d'element i no era agradable a la vista. Per corregir aquest efecte visual, Gaudí va afegir-hi uns paraboloides capicuatats en l'intradós, que visualment li permetien restituir l'habitual traçat corb en la cara inferior de l'arc.

Dels tres casos de superfícies guerxes que hem exposat, aquest darrer és el que mostra de forma més clara la voluntat de crear un paraboloides hiperbòlic com a figura geomètrica ben definida.



**Imatge 5.39.**- Maqueta de les escoles provisionals de la Sagrada Família, construïdes amb conoides. En la coberta s'indiquen les generatrius.

L'any següent a l'inici de les obres de l'església Güell, el 1909, Gaudí va fer una construcció per a les escoles de la Sagrada Família (imatge 5.39). Degut al seu caràcter provisional havia de ser un edifici econòmic, que s'havia de construir amb pocs materials. Per aconseguir-ho Gaudí va guerxar els paraments, augmentant-ne, per tant, la rigidesa, el que va permetre de construir-lo amb la tècnica de mào de pla. En aquest cas no va recórrer al paraboloide, com havia fet pels paraments de la cripta, i va canviar-lo per superfícies que s'inspiren en el conoide.

L'arquitecte va utilitzar la mateixa superfície per a la coberta, que es suporta amb una biga d'acer en el centre sobre la que recolzen les biguetes de fusta (generatrius), que recolzen sobre la façana seguint una corba sinusoïdal.

No hem d'entendre que en aquesta obra Gaudí apliqués un rigor estrictament geomètric, on la forma es defineix per les propietats estrictes dels conoides, sinó que més aviat va tractar-se d'una adopció de les propietats més bàsiques d'aquestes superfícies que, junt amb les tècniques constructives habituals, serveixen per simplificar la construcció. Aquesta afirmació va ser recollida en una frase del propi Gaudí<sup>11</sup>:

*"La geometria, per a l'execució de superfícies, no complica sinó que simplifica la construcció; el més complicat és l'expressió algebraica de les coses geomètriques, que no podent-se expressar completament dóna lloc a malentesos; aquests desapareixen encarant-los amb els cossos en l'espai."*

En aquesta obra de les escoles veiem una aplicació més madura de la geometria, que esdevé el suport formal de la construcció. De fet, el terrat ondulant del Palau Güell ja apuntava cap a aquesta solució, però allà els papers estaven invertits: la geometria havia sorgit a través del procés constructiu, mentre que a partir de la Colònia, és la construcció la que es sotmet a la geometria. Aquesta tendència es comença a assentar amb la modesta construcció de les escoles i prendrà un paper decisiu en l'obra de maduresa del Temple, un cop Gaudí hagi abandonat la seva obra civil.

<sup>11</sup> Bergós i Massó, Juan. *Conversaciones con Gaudí*. Hogar y arquitectura N° 112, 1974, p. 103



**6. EL MODELAT EN 3D DE LA  
SEGONA VERSIÓ DE LES  
NAUS**



Aquest capítol explica el mètode de treball que s'ha seguit per modelar la segona versió de les naus del temple de la Sagrada Família a partir de la informació existent, una tasca que no ha pogut ser immediata degut a la confluència de diversos factors.

El primer d'ells es deu a l'estratègia geomètrica que utilitzava Gaudí en les seves construccions, que en les primeres obres sorgeix com un "divertiment" subtil en alguns elements aïllats (com els barrets de xemeneia del Palau Güell), i va guanyant protagonisme i complexitat en les seves obres més madures, on la geometria comença a prendre un paper cada cop més rellevant (com a l'església de la Colònia Güell o les escoles provisionals del Temple). És precisament en la darrera versió de les naus del Temple –profundament estudiada durant anys per les diverses generacions d'arquitectes de la Junta Constructora– on Gaudí assoleix la màxima sofisticació geomètrica de la seva obra, molt allunyada de les construccions civils precedents, el que fa pensar que les versions anteriors del Temple ja tenien un component geomètric rellevant.

El següent factor es deu la poca informació sobre les naus que va quedar després de la destrucció succeïda l'any 1936. Gaudí va treballar intensament en la realització del projecte del Temple, però no va arribar a escriure cap article on expliqués amb detall<sup>1</sup> els processos i les proporcions que va fer servir per a generar les formes que estava projectant amb geometria reglada. La majoria de la documentació que va generar era de treball i estava continguda en el seu obrador i en els tallers de la Sagrada Família.

Poc temps després de la seva mort, alguns dels seus deixebles van publicar articles i llibres que tractaven d'una forma més concreta el tema de la geometria en la seva obra<sup>2</sup>, però en la descripció de les solucions del Temple pràcticament tot l'interès va recaure en la darrera versió de les naus, que va eclipsar els projectes previs.

En les revoltes esdevingudes durant la Guerra Civil es va perdre pràcticament tota la documentació generada per Gaudí, de la qual es van salvar algunes imatges publicades i els fragments de guix de les maquetes d'estudi, que es començarien a recuperar en les primeres campanyes per continuar les obres.

El material de les versions anteriors –que no era indispensable per continuar les obres– es va estudiar de forma parcial durant les tasques de classificació i restauració d'algunes peces, i fins i tot es van arribar a dibuixar diverses seccions prèvies, algunes d'elles fetes abans de recuperar totes les peces de les que disposem avui en dia.

Els treballs previs de recuperació van ser decisius per endreçar tot el material que s'havia localitzat i restablert, i són fonamentals per a qualsevol posterior estudi de les naus, entre els que podem incloure aquesta tesi. De totes maneres, les limitacions amb què es van portar a terme –amb una finalitat purament documental i realitzats en segon terme, a l'ombra de la versió definitiva– obliga a prendre aquests materials amb cautela, tot i la seva extraordinària qualitat.

<sup>1</sup> En vida de Gaudí es van publicar nombrosos articles –molts d'ells a *El Propagador*– on s'explicaven les noves formes projectades amb geometria reglada per a les darreres versions de les naus. La majoria d'articles tractaven el tema de forma superficial i en cap cas detallaven de forma sistemàtica els procediments ni les proporcions que generaven el resultat final. El tema estructural va tenir un tractament diferent i va ser explicat de forma molt profunda per col·laboradors directes de l'arquitecte.

<sup>2</sup> Podem destacar els treballs publicats per Quintana (1926), Ràfols (1928), Folguera (1928) i Puig Boada (1929).

És per aquest motiu que per a realitzar el modelat en 3D de la segona versió de les naus es parteix –sempre que sigui possible– de l'anàlisi de la informació original, que podem desglossar en tres apartats: maquetes, seccions i fotografies.

### 6.1. L'anàlisi de les maquetes originals

Gaudí va realitzar diverses variants per a la segona versió de les naus, amb maquetes a escala 1:10, que s'han recuperat des de la fi de la guerra i es conserven en el museu i el magatzem del Temple. La majoria de models s'han reconstruït totalment o parcialment, per addició de diversos fragments i/o amb aportació de guix nou.

En aquesta tesi s'han classificat les peces en quatre tipus, en funció del seu estat de conservació, que afectarà a la fiabilitat de les seves dimensions:

#### - Models intactes:

Presenten desperfectes lleus i les seves dimensions generals són fiables per a la reconstrucció virtual de les naus (*imatge 6.1*).

#### - Models recuperats a partir de grans fragments:

La peça reconstruïda està formada, majoritàriament, per grans fragments originals. El muntatge dels fragments originals dins del model és inconnex o els seus extrems són prolongacions, amb guix nou en els dos casos. La longitud reconstruïda s'ha fixat a través de la prolongació de les arestes concurrents o s'ha deduït a partir de l'armadura metàl·lica interior (*imatge 6.2*).

Per tant, les dimensions totals de l'element no són absolutament fiables.



**Imatge 6.1.-** Exemple de model intacte.  
Capitell del contrafort de la cantoria (R-097c)



**Imatge 6.2.-** Exemple de model recuperat a partir de grans fragments.  
Capitell de la nau central a cota +20m. (R-016)

- Models recuperats a partir de petits fragments.

La peça reconstruïda està formada per petits fragments i la major part de la peça és de guix nou. La seva geometria i dimensions totals s'han extret a partir de la prolongació d'arestes, amb l'ajuda de fotografies (*imatge 6.3*).

Les seves dimensions totals no són fiables.

- Models incomplets.

S'han recuperat petits fragments d'aquests models. Degut a la poca quantitat de fragments encara no ha estat possible l'extracció de la geometria i de les dimensions generals per a la reconstrucció física de la peça (*imatge 6.4*).

En l'annex 3 es troba el catàleg de peces més significants d'aquesta versió, en el qual s'ha elaborat una fitxa descriptiva per cada model, que segueix la notació del fitxer Cardoner.

A continuació, com a resum gràfic de l'annex, es mostren les tres fotografies originals de conjunt de les naus, on s'han acolorit les peces en funció del seu estat de conservació i, per tant, en funció també de la seva fiabilitat dimensional.

Les peces ens donaran informació de les naus des del detall, a través de la seva anàlisi geomètrica i de l'extracció de les seves proporcions. La presa de mides dels models s'ha fet amb diversos procediments. Al començament d'aquest treball, les dimensions es van prendre amb mètodes manuals i amb l'auxili de fotografies rectificades en el seu estat actual. Aquests mètodes s'han pogut ampliar amb l'escanejat en 3D de les peces en la darrera part dels treballs. A continuació procedirem a descriure amb detall aquests procediments.



**Imatge 6.3.-** Exemple de model recuperat a partir de petits fragments.  
Voltes de la nau lateral. (R-091)



**Imatge 6.4.-** Exemple de model incomplet.  
Finestral inferior de la nau lateral, sota cantoria. (R-006b)

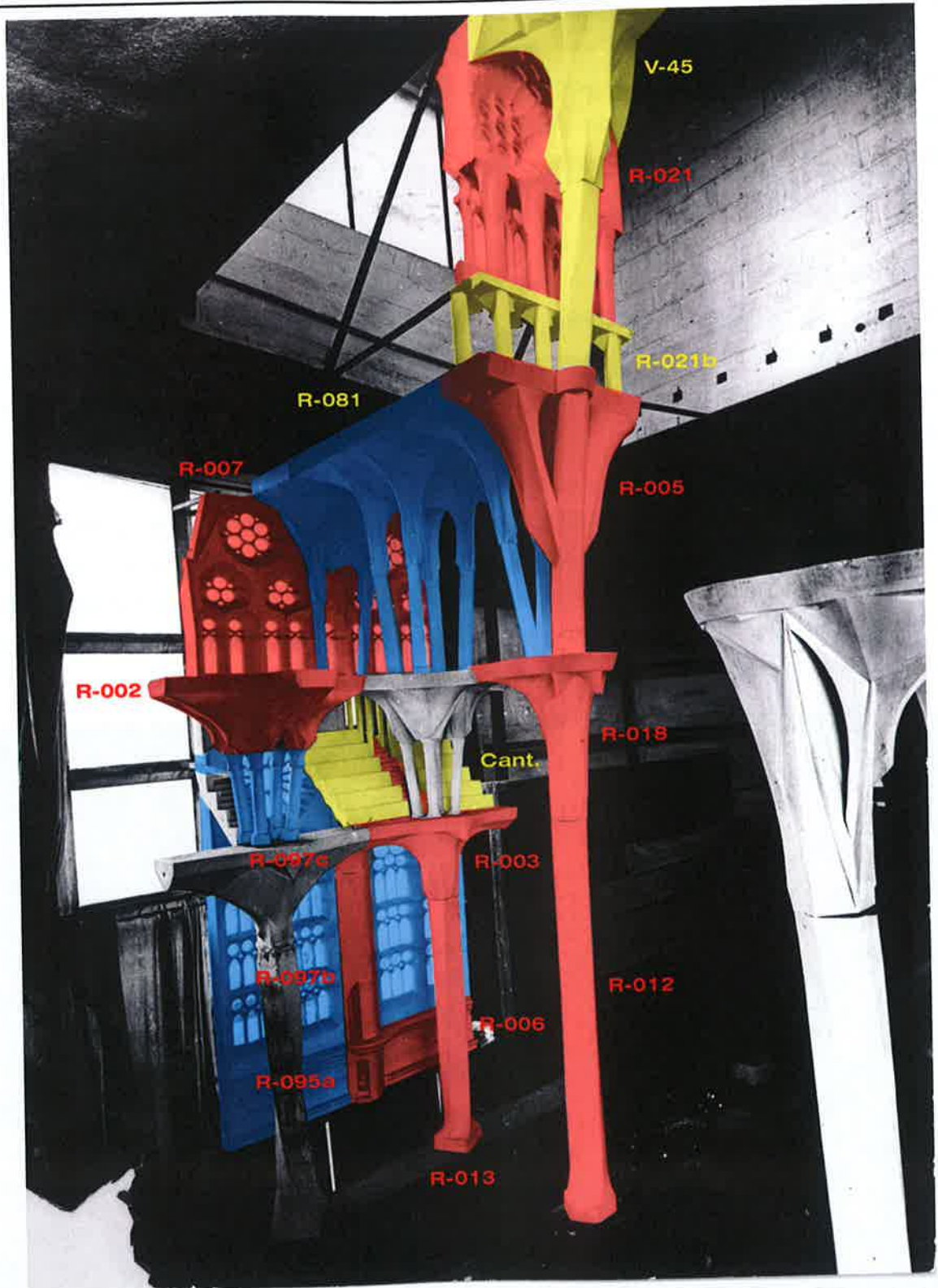


FOTOGRAFIES DE CONJUNT

FC-01

Descripció de la fotografia:

Vista general del model a escala 1:10, dins de la sala de fotografia de l'obrador.



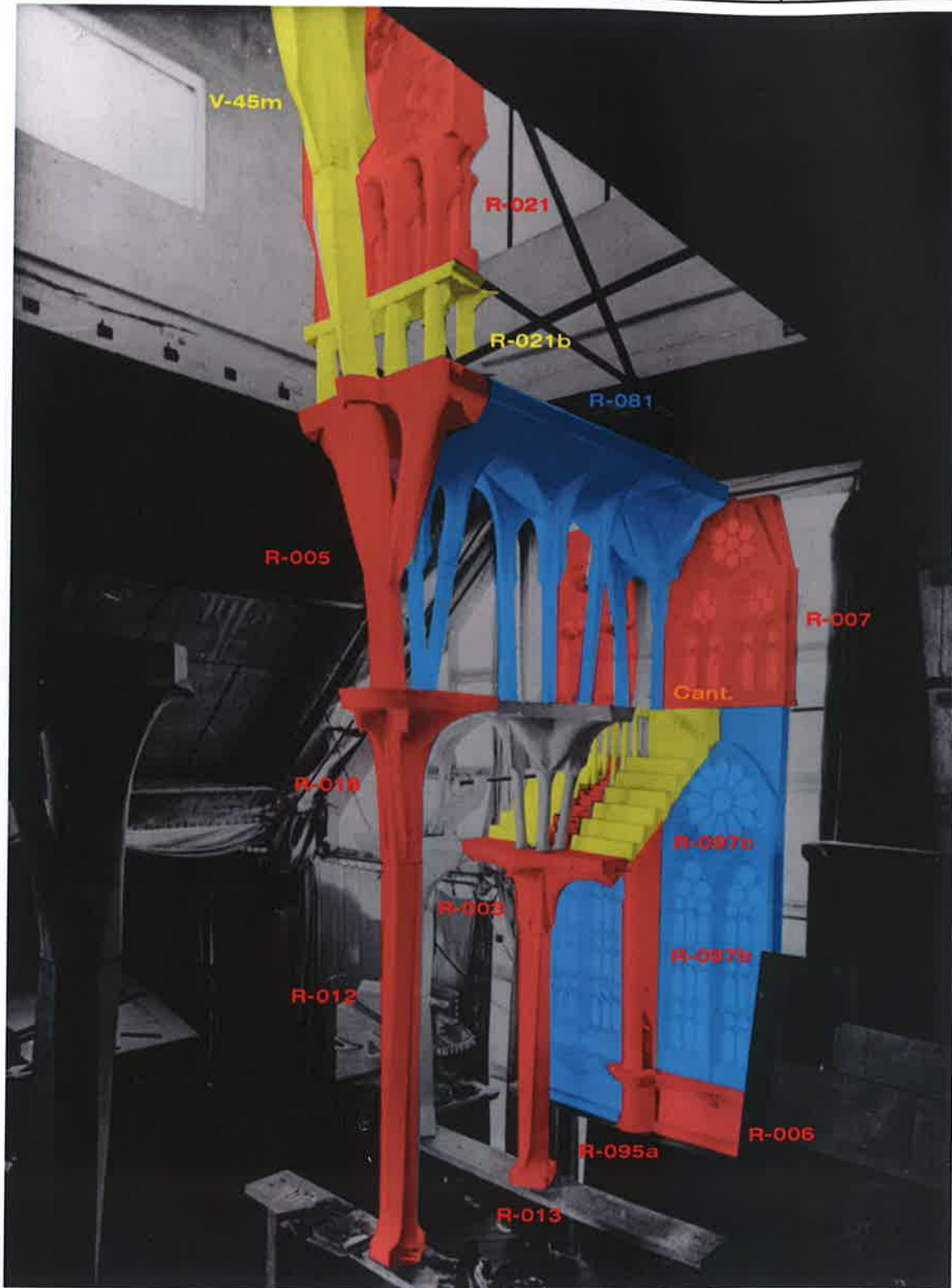
- Models intactes o recuperats.
- Models incomplets.
- Models inexistent, només es coneixen per les fotografies.

**FOTOGRAFIES DE CONJUNT**

**FC-02**

**Descripció de la fotografia:**

Vista general del model a escala 1:10, dins de la sala de fotografia de l'obrador.



- Models intactes o recuperats.
- Models incomplets.
- Models inexistent, només es coneixen per les fotografies.

**FOTOGRAFIES DE CONJUNT**

**FC-03**

**Descripció de la fotografia:**

Vista general del model a escala 1:10, dins de la sala de fotografia de l'obrador.



- Models intactes o recuperats.
- Models incomplets.
- Models inexistent, només es coneixen per les fotografies.

### 6.1.1. Presa de mides mitjançant mètodes manuals

Per la presa de mides amb els mitjans manuals, les peces s'han situat sobre una taula del taller de modelistes, que té la base de marbre polit i està perfectament anivellada.

Les dimensions s'han pres directament sobre la peça i s'han anotat en croquis des de diferents punts de vista. Aquesta tasca s'ha complementat amb fotografies de cada element i zones de detall.

Tot i que en algunes operacions es podia simplificar la presa de mides manuals, com en el cas d'un alçat frontal –on aquest es pot substituir, en gran part, per una fotografia rectificada–, s'ha considerat adient prendre les mesures de tots els elements i plasmar-les sobre un croquis per tenir el màxim d'informació possible. A més, l'observació directa de les peces permet assimilar, des del primer moment, l'estratègia geomètrica que conforma les peces.

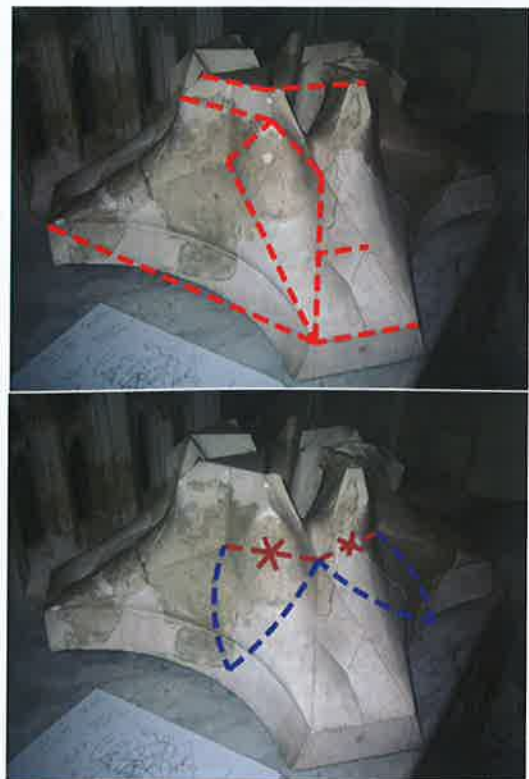
En els croquis també s'ha indicat quina part dels models és original i quina és reconstruïda (i per tant, fiable), cosa que serà de vital importància a l'hora d'assemblar el conjunt.

Per a la presa de mides s'ha utilitzat el següent material:

- **Regle metàl·lic:** Per a l'obtenció de distàncies sobre els models. És útil per prendre la mesura entre punts situats sobre una recta, una generatriu o punts sobresortints (*imatge 6.5*).
- **Compàs metàl·lic:** Presa de distàncies entre punts no accessibles amb el regle metàl·lic, com, per exemple, els punts d'un polígon de construcció amb una nervadura intermèdia (*imatge 6.6*).



**Imatge 6.5.-** Material per a la presa de mides i croquis. Taller de modelistes T.E.S.F. (26-X-2007)



**Imatge 6.6.-** Exemple de distàncies preses amb regle (imatge superior, en vermell) on no hi ha cap obstacle entre els punts a mesurar, i exemple de mides preses amb compàs metàl·lic, on no és possible prendre-les amb regle degut al reguix de la nervadura (imatge inferior, en blau).

- **Escaires metàl·lics:** Presa de mides amb línies de referència exterior, per comprovar les mesures acumulades sobre un eix principal. En el cas de la fotografia 6.7 s'han projectat les arestes dels paraboloides sortints sobre la taula, per tenir unes mides absolutes que es puguin verificar amb les parcials, preses sobre el model. Les línies de referència també són útils per mesurar el desplom d'un fust o capitell.
- **Rosset:** Presa d'alçades absolutes. Eina formada per una base amb un pal inclinable i una barra acabada en punta, per senyalar el punt amb precisió. Es pot marcar sobre el model l'alçada d'un punt poc accessible i traslladar-la fora per mesurar-la en vertical, sense cap mena d'obstacle (*imatge 6.9*).



**Imatge 6.7.-** Exemple de línies de referència exteriors. S'han remarcat en vermell les línies extremes. Capitell R-016.



**Imatge 6.8.-** Plantilla de formes.



**Imatge 6.9.-** Exemple de presa d'una alçada amb rosset, allà on no és possible prendre-la directament a plom. Rosset fixat en el punt a mesurar (esquerra) i trasllat del punt fora de la peça per prendre la cota (dreta).

- **Plantilla de formes:** Extracció de perfils i motllures. Està formada per làmines de plàstic rígid d'aproximadament un mil·límetre de gruix, suportades per un regle de plàstic (*imatge 6.8*). La forma de l'element es capta per pressió i serveix per a perfils de poca dimensió (uns 5cm de fons) . La seva precisió disminueix per motllures que tinguin cares tangents al sentit de les làmines, perquè copia la forma de manera escalonada.
- **Plantilles de guix:** Aquest mètode s'ha fet servir per a l'extracció de perfils en els casos que es necessitava més precisió o tenien una profunditat més gran a la que es pot aconseguir amb la plantilla de formes. Es crea un negatiu en guix de l'element a estudiar, perpendicular a l'element. Les plantilles s'extreuen de la part original més ben conservada de la maqueta, per evitar la còpia de perfils reconstruïts que podrien presentar alguna imperfecció (*imatge 6.10*).



I.- Preparació de la base amb una placa de guix rejuntada, fixada amb plàstina.



II.- Execució de la plantilla.



III.- Plantilles de brancals i ampit, en la zona original de la maqueta.



IV.- Plantilles acabades.

**Imatge 6.10.-** Execució de plantilles de guix. Taller de modelistes T.E.S.F. (9-II-2007)

- **Paper vegetal:** S'ha utilitzat per extreure perfils i per determinar la situació dels òculs dins de les rosasses dels finestrals. Col·locant el paper retallat dins de la rosassa s'han extret punts de pas dels òculs, per trobar la posició dels centres dins del conjunt (*imatge 6.11*). També s'ha utilitzat per reproduir el traçat dels arcs apuntats, calcant el perfil sobre el model i, posteriorment, buscant a oficina els centres. Aquest mètode és apte per a superfícies planes que permetin recolzar el paper sense deformacions.



I.- Col·locació del paper vegetal sobre el finestral.



II.- Calc de punts de pas.



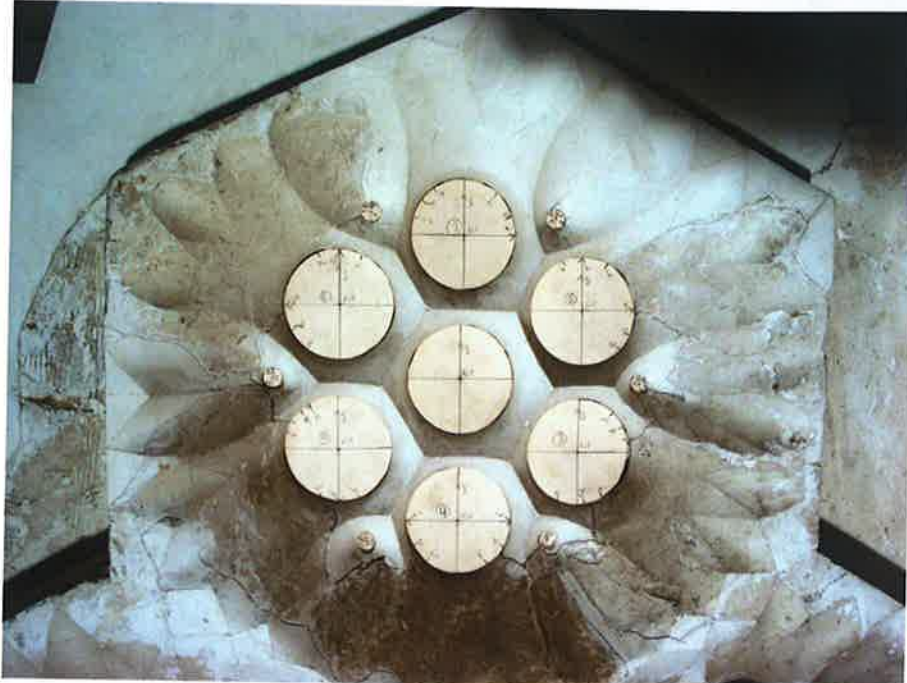
III.- Punts de pas dels òculs marcats sobre el paper vegetal.

**Imatge 6.11.-** Calc de les rosasses en paper vegetal. Finestral superior de la nau lateral (R-007). Taller de modelistes T.E.S.F. (7-II-2007)

- **Cartolines:** S'ha emprat aquest mètode per a la ubicació dels centres en peces amb relleu, on no era possible recolzar un paper. Aquest mètode també s'ha utilitzat per trobar l'arrencada de les generatrius sobre el collarí d'un hiperboloide (*imatge 6.12*).
- **Plantilla de paper:** Aquest sistema aplicat per obtenir el perfil de peces de grans dimensions amb una cara plana. S'ha resseguit directament el perfil de la peça sobre un paper, i s'ha acotat amb coordenades cartesianes sobre un eix de referència (*imatge 6.15*). Aquest mètode ha estat molt útil per trobar el punt de tangència entre diversos arcs.



I + II.- Col·locació de cartolines dins dels òculs i anotació dels punts de pas de les generatrius dels hiperbolides que formen el dibuix estrellat.



III.- Resultat abans de treure'ls del finestral i engaxar-los en un paper de base.

**Imatge 6.12.-** Cartolina per marcar l'arrencada de les generatrius. Finestral de la nau central (R-021). Taller de modelistes T.E.S.F. (20-III-2007)



A continuació, a mode d'exemple, es mostren els croquis i les plantilles (vegetals, cartolines...) de dues peces tipus, el finestral de la nau central R-021 i el capitell de cantoria R-003.

Els croquis són de conjunt i elements de detall (trobades, transicions...) en paper DIN A-4.

Les plantilles de perfil, calcs en vegetal i cartolines són a mida real de les peces, a escala 1/10.

La resta de croquis i plantilles de cada peça s'adjunten en l'annex 5.

**Capitell R-003.- Intercolumni de la Cantoria (Nau lateral):**

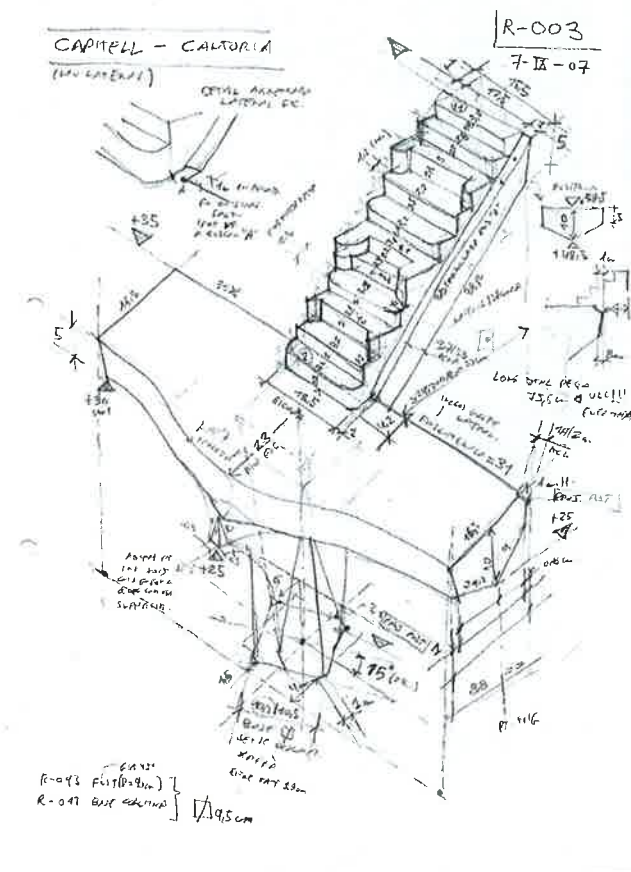
Croquis de conjunt:

En la majoria de casos s'han realitzat, com a mínim, dos croquis de conjunt per cada peça, que han servit per anotar totes les mides. Degut a la complexitat de la geometria ha calgut recórrer a vistes axonomètriques (*imatges 6.13 i 6.14*).

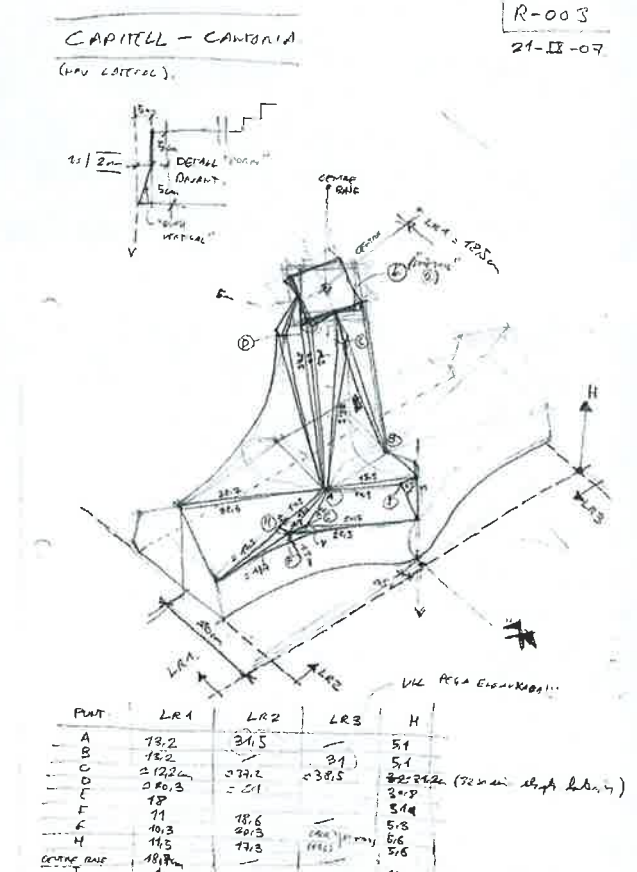
Croquis de detall:

Aquests croquis complementen els apunts generals. Així, amplien la informació d'elements concrets o zones complexes (*imatges 6.16 i 6.17*).

El nombre de croquis de detall a realitzar depèn de la peça.



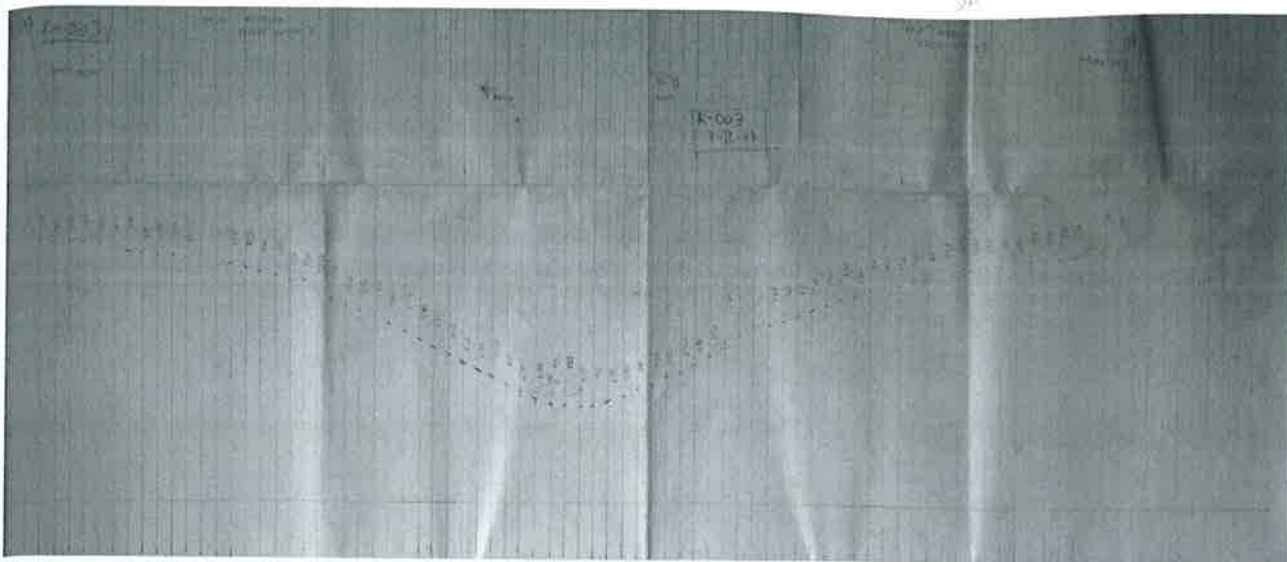
**Imatge 6.13.-** Croquis de conjunt. Intercolumni de la cantoria (R-003). Vista axonomètrica superior (7-IX-2007)



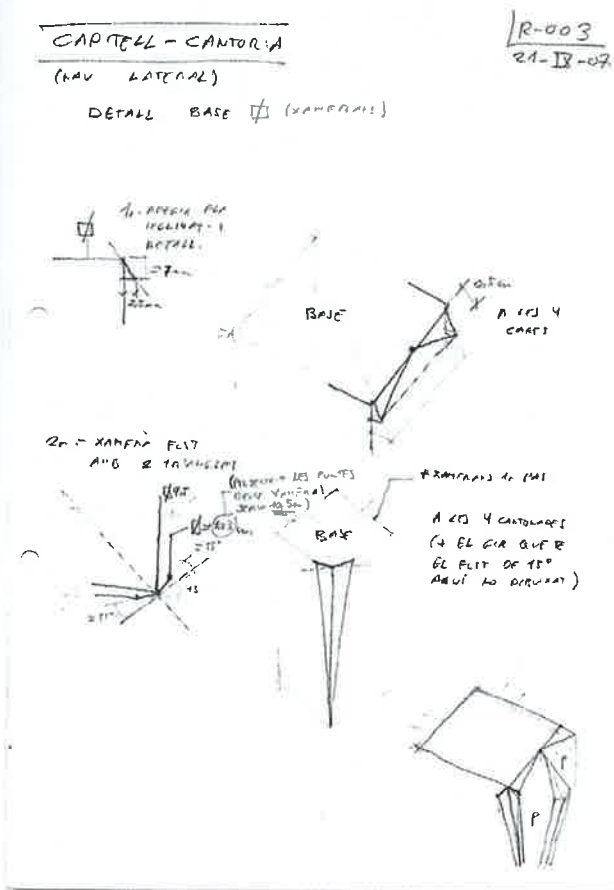
**Imatge 6.14.-** Croquis de conjunt. Intercolumni de la cantoria (R-003). Vista axonomètrica inferior (7-IX-2007)

Plantilla de paper:

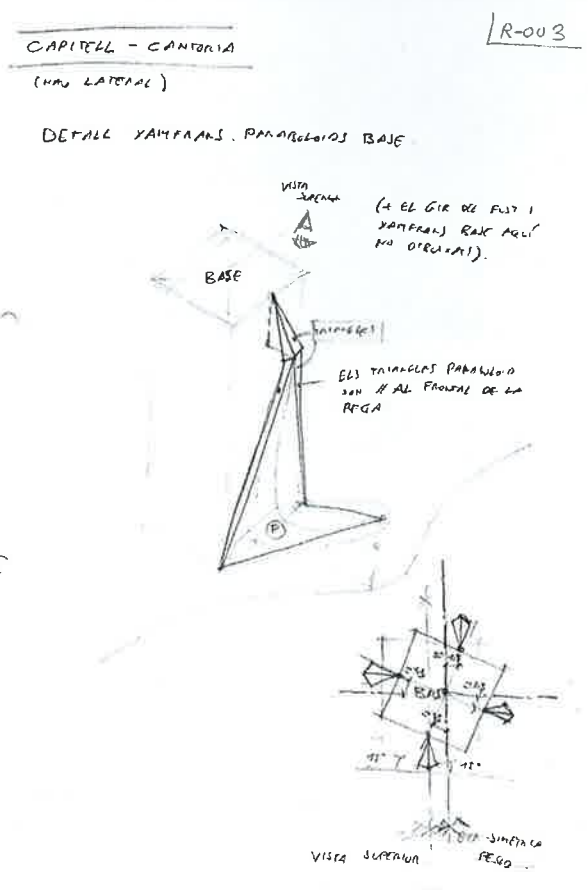
El perfil d'aquesta peça es va treure amb una plantilla de paper, on es va resseguir el contorn directament sobre la peça (imatge 6.15).



**Imatge 6.15.-** Plantilla de paper de l'entaulament de l'intercolumni de la cantoria (R-003). (7-IX-2007). Longitud de la plantilla (perfil a llapis) 75cm.



**Imatge 6.16.-** Croquis de detall. Bisells del fust en la trobada amb la columna.



**Imatge 6.17.-** Croquis de detall. Bisells dels paraboloides i posició respecte el fust.

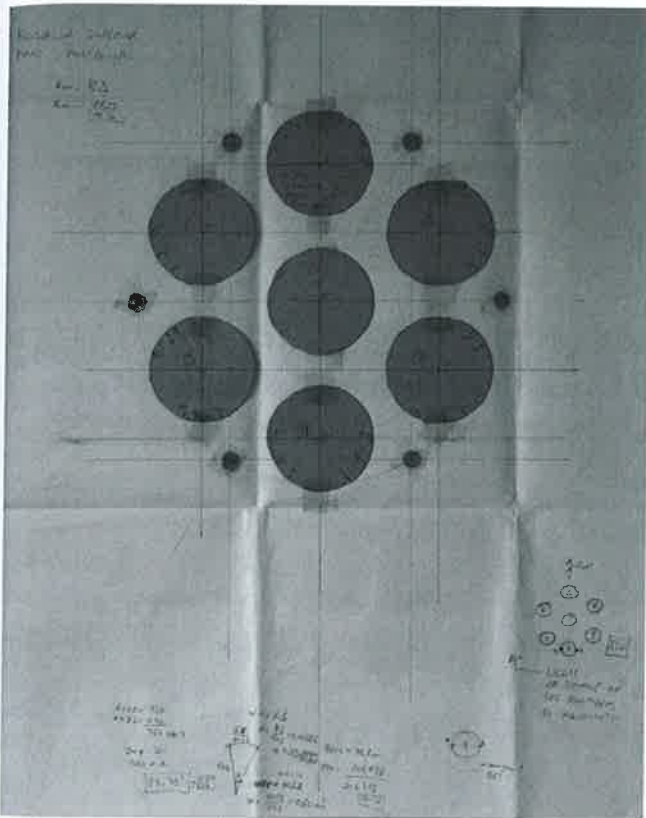


Calc en paper vegetal i plantilles de cartolina:

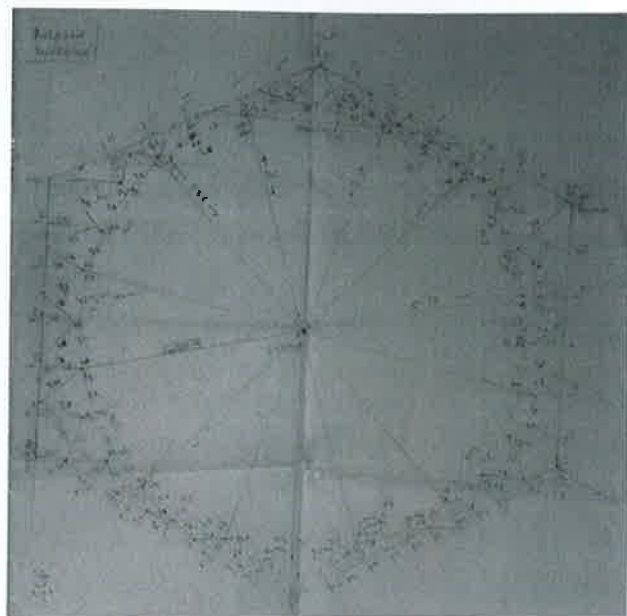
Els croquis es complementen amb calcs de paper vegetal sobre el model, per extreure el contorn de les rosasses planes (en aquest cas, només les de la cara interior) i plantilles de cartolina per marcar els collarins dels hiperboloides.

Sobre el calc vegetal es poden traçar línies interiors a oficina, com relacions entre vèrtexs oposats que passin pel centre (*imatge 6.22*). Les mides del perímetre s'han mesurat directament sobre el guix, per reduir errors.

Les plantilles de cartolina es situen dins dels collarins per prendre mides. Quan s'extreuen de la rosassa es col·loquen sobre un paper, mantenint les distàncies originals (*imatge 6.21*). Amb la superposició de les dues plantilles (vegetal i cartolines) es poden comprovar relacions entre les dues durant el procés de dibuix informàtic.



**Imatge 6.21.-** Plantilles de cartolina agrupades sobre un paper de base. Rosassa superior de la cara interior del finestral de la nau central (R-021).



**Imatge 6.22.-** Calc en paper vegetal dels límits de la rosassa superior de la cara interior del finestral de la nau central (R-021).

### 6.1.2. Fotografies rectificades:

Un altre procediment que s'ha utilitzat, molt útil per extreure la geometria de les rosasses i els perfils d'algunes peces, són les fotografies rectificades.

Els models de guix s'han fotografiat perpendicularment amb teleobjectiu, des de la posició més allunyada possible.

En el tractament de les fotografies s'han corregit la deformacions esfèriques de la lent, i en alguns casos també ha estat necessari corregir lleument la perspectiva.

Per últim, la fotografia rectificada s'ha introduït en els programes de CAD i escalada a la mida adient, per extreure'n els contorns.

### 6.1.3. Escàner 3D:

En la darrera etapa dels treballs ha estat possible comptar amb l'ús d'un escàner 3D.

S'ha utilitzat un escàner làser Konica-Minolta Vivid-910 d'alta precisió<sup>3</sup>, que disposa de tres lents intercanviables (amb distàncies focals de 8, 14 i 25mm) i permet escanejar amb una profunditat de camp òptima compresa entre els 0,60 i 1,20 metres.

En un principi, l'escàner s'ha col·locat en una posició fixa, mentre que les peces s'han muntat sobre una plataforma giratòria per obtenir els punts de tot el contorn. L'àmbit de l'escàner és limitat i en totes les peces mesurades s'ha fet més d'una passada en alçada, on sí que s'ha variat la posició de l'escàner, canviant-ne la cota o l'angle de picat. Com a exemple, en les maquetes de capitell (R-016 i R-018), que tenen unes mides de 0,60 x 0,30 x 0,60m (llarg x ample x alt), ha estat necessari fer tres corones en alçada, amb aproximadament vuit preses per volta. En tots els casos, és imprescindible que el núvol de punts de la superfície escanejada es cavalqui amb els adjacents, per al seu posterior assemblatge.

La geometria de la peça –i no només la seva dimensió– també influeix en el nombre de preses. Així, en maquetes similars, com els capitells, ha calgut augmentar-ne el nombre quan tenien algun element que es feia ombra a sí mateix (com les puntes sota l'entaulament en el model R-018, o el nervi en diagonal del R-016).

Un cop s'ha efectuat el treball de camp, cal assemblar els núvols de punts, establint punts comuns en la zona on s'encavalquen els núvols adjacents. El conjunt resultant no té una distribució homogènia de punts, sobretot en les zones d'encavalcament, i aleshores cal recórrer a software específic per refinar-ne la densitat i obtenir una malla uniforme.

Els treballs de modelat de les quatre peces escanejades ens han servit per verificar que les mides preses a través dels procediments manuals són correctes, d'acord amb el model real. A més, aquesta eina presenta una gran diferència respecte l'altre procediment, i és que ens permet captar les superfícies, que en el mètode manual només podíem construir a través dels vèrtexs i les arestes que les delimiten.

El procés d'escanejat també ens ha estat útil per extreure el mallat i les corbes de nivell, que serviran de base de l'estudi posterior on veurem com es genera la forma d'aquests elements a través de les seccions horitzontals, i que ens permet entendre el concepte de plantilles que llegirem en el capítol 7.

<sup>3</sup> La precisió de l'escàner utilitzat és: 0,22mm; 0,16 i 0,10mm en els eixos X, Y i Z respectivament.



**Imatge 6.23.-** Procés d'escanejat de la columna de la nau lateral de suport de la cantoria (R-011).



**Imatge 6.24.-** Procés d'escanejat del capitell de la nau central a cota +20m (R-018).



**Imatge 6.25.-** Procés d'escanejat del capitell de la nau central a cota +20m (R-018).



**Imatge 6.26.-** Núvol de punts de la columna de la nau central (R-012).



## 6.2. L'anàlisi de les seccions transversals originals

En l'apartat anterior hem explicat com es mesuren les peces, que ens donen una dimensió del model de les naus des del detall. Malauradament, no comptem amb totes les peces que formaven les naus i a més, la majoria d'elles estan incompletes; per tant, és necessari establir les dimensions a través d'altres documents, com són les seccions.

Les seccions ens donaran les mides des del conjunt i ens permetran establir les dimensions dels elements que no es conserven o són incomplets.

En aquest apartat s'analitzen les seccions transversals que es van realitzar en l'època de Gaudí. S'indiquen a continuació, seguides del primer any de publicació:

- ST-1.- Primera secció transversal (publicada a *El Propagador*, l'any 1917)
- ST-2.- Segona secció transversal (publicada per Isidre Puig Boada, el 1929)
- ST-3.- Esquema estructural amb silueta de la secció (publicada per Domènec Sugrañes, el 1917)

En principi, semblaria immediata l'aplicació directa de les seccions publicades, però no és possible fer-ho pels següents motius:

- Aquestes seccions sols es poden consultar allà on van ser publicades: a petita escala en el butlletí propi de l'associació Josepina o en publicacions de l'època, ja que els documents originals van desaparèixer l'any 1936 en l'incendi de l'obrador. Això vol dir que l'única documentació gràfica que ens queda de l'arquitecte només té com a referència una petita escala gràfica al peu de la secció.

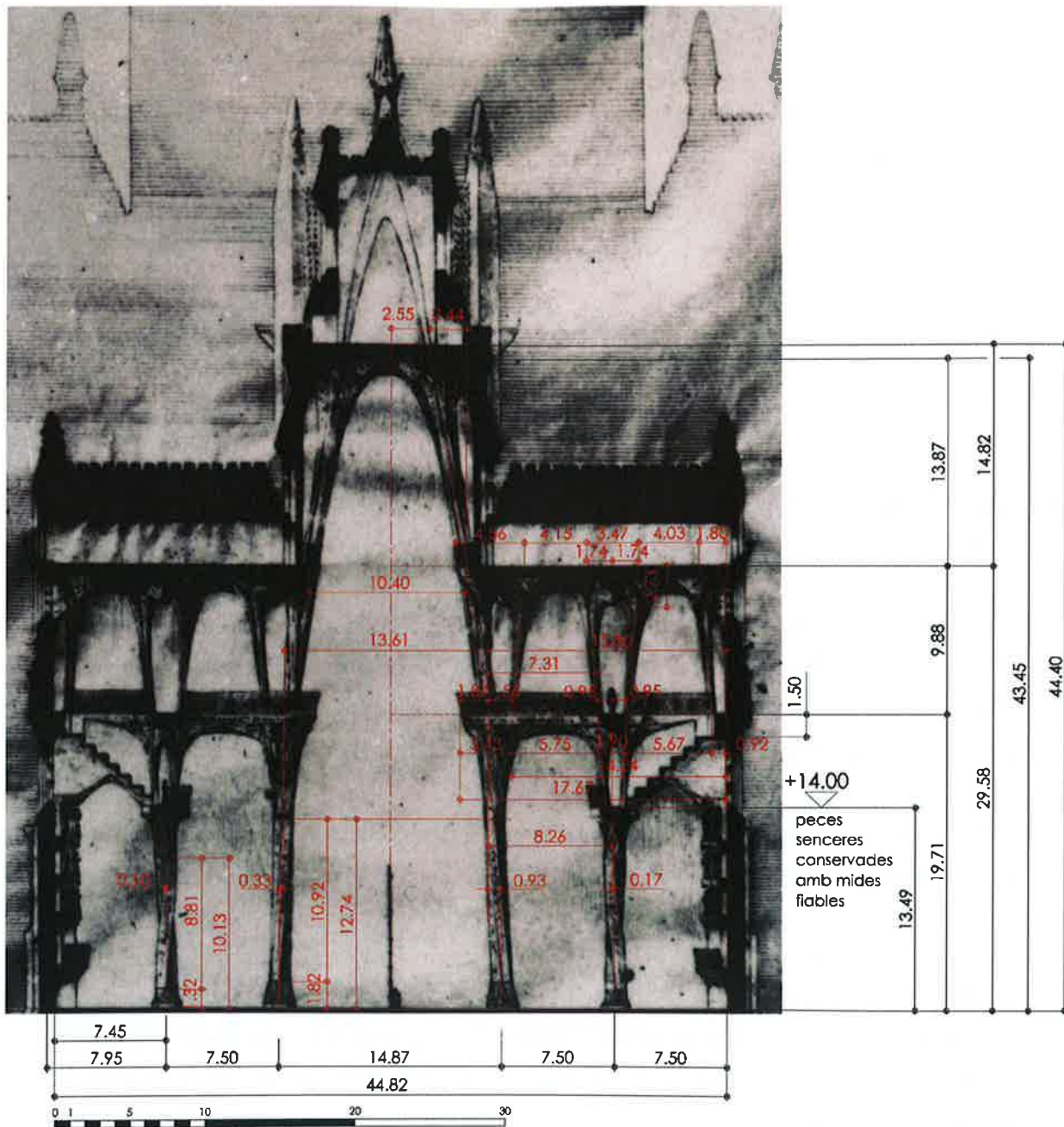
- Entre les tres seccions hi ha dotze anys de diferència, en una època en què l'arquitecte estava variant contínuament la solució geomètrica i estructural de les naus.

- Només la secció de l'any 1917 (ST-1 i ST-3) es publica en vida de Gaudí amb el seu consentiment. La secció que apareix al llibre de Puig Boada de l'any 1929 (ST-2) es publica tres anys després de la mort de l'arquitecte. A aquesta segona secció se li dona validesa perquè apareix abans de la guerra, quan encara es conservava l'arxiu original de Gaudí, i perquè el projecte ja havia variat en vida seva amb una nova versió de les naus. Per tant, podem considerar-la com un dibuix antic on els col·laboradors no havien intervingut des de la seva mort. De totes maneres, analitzant a fons el dibuix publicat, observem que és una versió intermèdia entre la segona i la tercera versió, tot i que presenta els trets característics –no només geomètrics, sinó també estructurals– de la segona.



Primera secció transversal

ST-1



Publicada a:

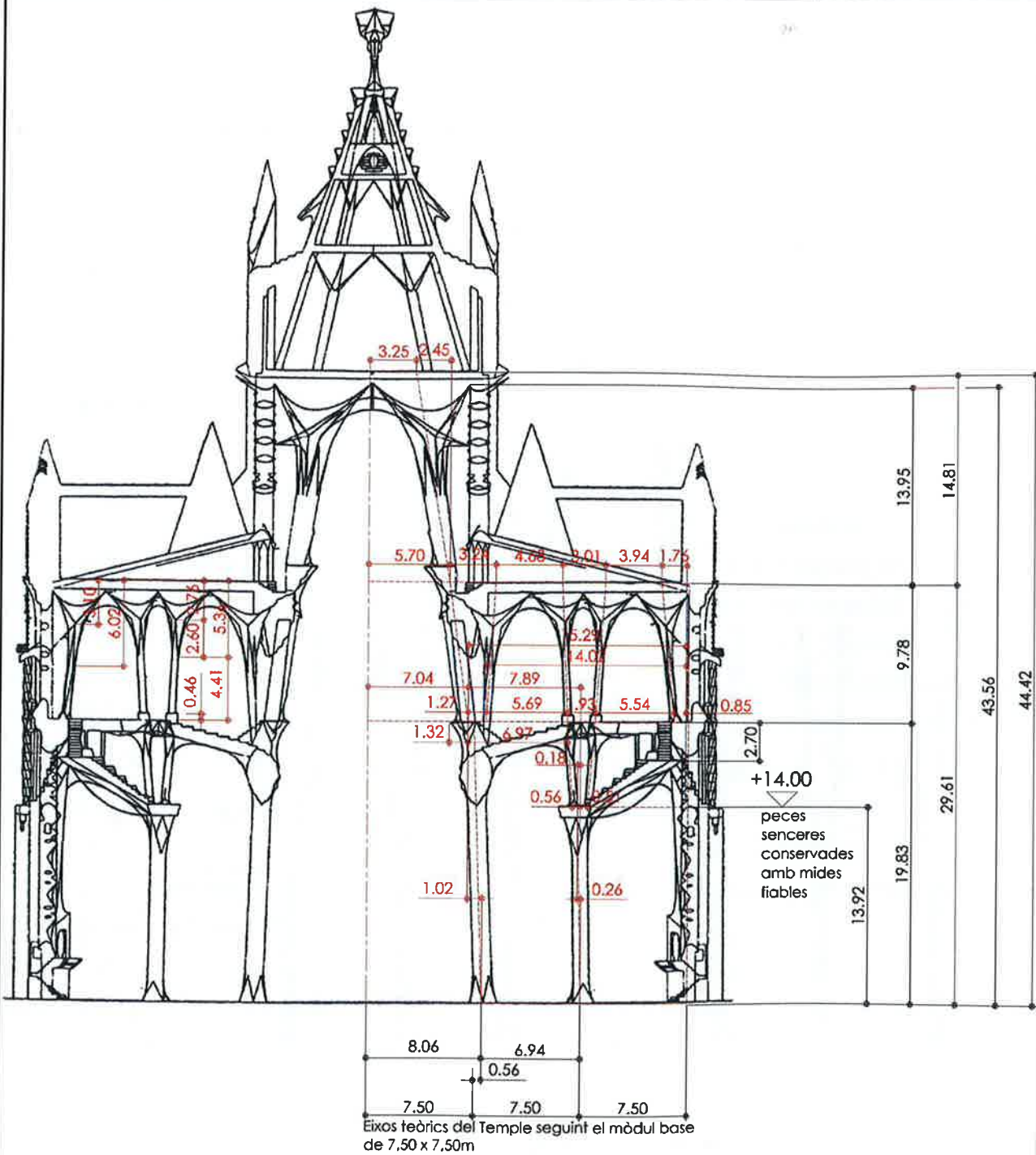
- *El Propagador de la Devoción a San José*. Juny de 1917.

Asociación espiritual de devotos de San José. Barcelona. 1866-1947

- *Àlbum del Temple*. Asociación espiritual de devotos de San José, 1917, 2a edició. Barcelona

Segona secció transversal

ST-2

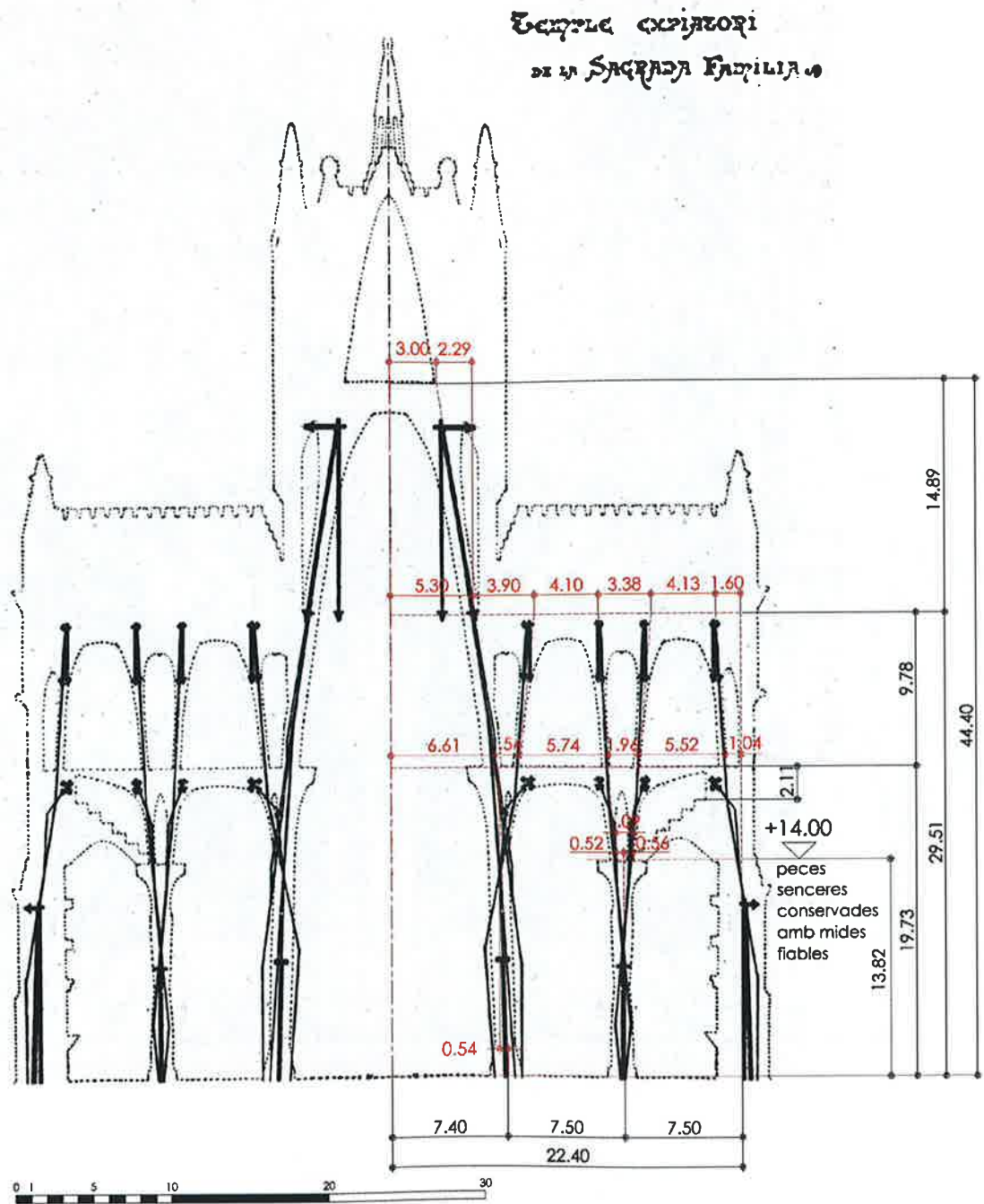


Publicada a:

- Puig Boada, Isidre: *El Temple de la Sagrada Família*. Barcelona. Ed. Barcino, 1929, Col·lecció Sant Jordi

## Tercera secció transversal

ST-3



Publicada a:

- Sugrañes i Gras, Domènec. *La estabilidad constructiva del Templo de la Sagrada Familia*. Iberia. PP Jesuitas del Observatorio del Ebro. Tortosa. nº 169, año IV (31 de març de 1917)
- *Àlbum del Temple*. Asociación espiritual de devotos de San José, 1917, 2a edició. Barcelona
- *Àlbum del Temple*. Asociación espiritual de devotos de San José, 1922-1925, 3a edició. Barcelona
- *Àlbum del Temple*. Asociación espiritual de devotos de San José, 1927 - 1929, 4a edició. Barcelona
- *Hormiga de Oro* (17-III-1923)

De la confrontació de les tres seccions s'obtenen les següents dades, que comparem entre elles prenent-ne la primera com a referència:

	ST-1	ST-2		ST-3	
<b>Alçades:</b>					
Nau central	<b>44.40m</b>	<b>44.42m</b>	+0.02	<b>44.40m</b>	0.00
Nau lateral	<b>29.58m</b>	<b>29.61m</b>	+0.03	<b>29.51m</b>	-0.07
Planta 20m	<b>19.71m</b>	<b>19.83m</b>	+0.12	<b>19.73m</b>	+0.02
Cantoria (pas inferior)	<b>13.49m</b>	<b>13.92m</b>	+0.43	<b>13.82m</b>	+0.33
<b>Amplades</b>					
Nau central	<b>14.87m</b>	<b>16.12m</b>	+1.25	<b>14.80m</b>	-0.07
Nau lateral 1 (centre)	<b>7.50m</b>	<b>6.94m</b>	-0.56	<b>7.50m</b>	0.00
Nau lateral 2 (façana)	<b>7.50m</b>	<b>7.50m</b>	0.00	<b>7.50m</b>	0.00

En les alçades no hi ha gaire variació. Les cotes de les naus central i lateral són molt similars entre les seccions, amb una variació màxima de set centímetres, que és difícil de precisar amb més exactitud a partir de la documentació de què es disposa.

La situació exacta de la planta intermèdia de 20 metres també presenta variacions de poca entitat. No succeeix el mateix amb el nivell inferior de la cantoria (aproximadament a 14 metres), on trobem variacions de fins a 43 centímetres.

En el cas de les amplades la variació és encara més significativa. La nau central varia respecte al mòdul bàsic del Temple en 7,50 metres. Les seccions publicades l'any 1917 (ST-1 i ST-3) s'acosten molt, faltant 20 centímetres en el cas més desfavorable. Ocorre el contrari en la secció publicada per Puig Boada l'any 1929 (ST-2), que varia per excés 1,12 metres respecte al mòdul teòric.

Les naus laterals són les que es mantenen amb més fidelitat al mòdul. En els tres casos es pot validar la nau propera a façana. L'altra nau modifica la seva amplada en funció de la central, ja que la mida de 45 metres totals es manté amb força fidelitat.

A través de l'anàlisi de les seccions, comparades en el quadre adjunt, es confirma el que ja s'enunciava en el principi d'aquest apartat, que l'aplicació de les seccions no és directa. Algunes mides presenten variacions importants i, per tant, és necessari establir un altre procediment que determini quina cota és correcta. Per fer-ho, recorrem a la comparativa amb les peces que es troben en millor estat de conservació.

### 6.2.1. Determinació de mides a través de les fotografies originals

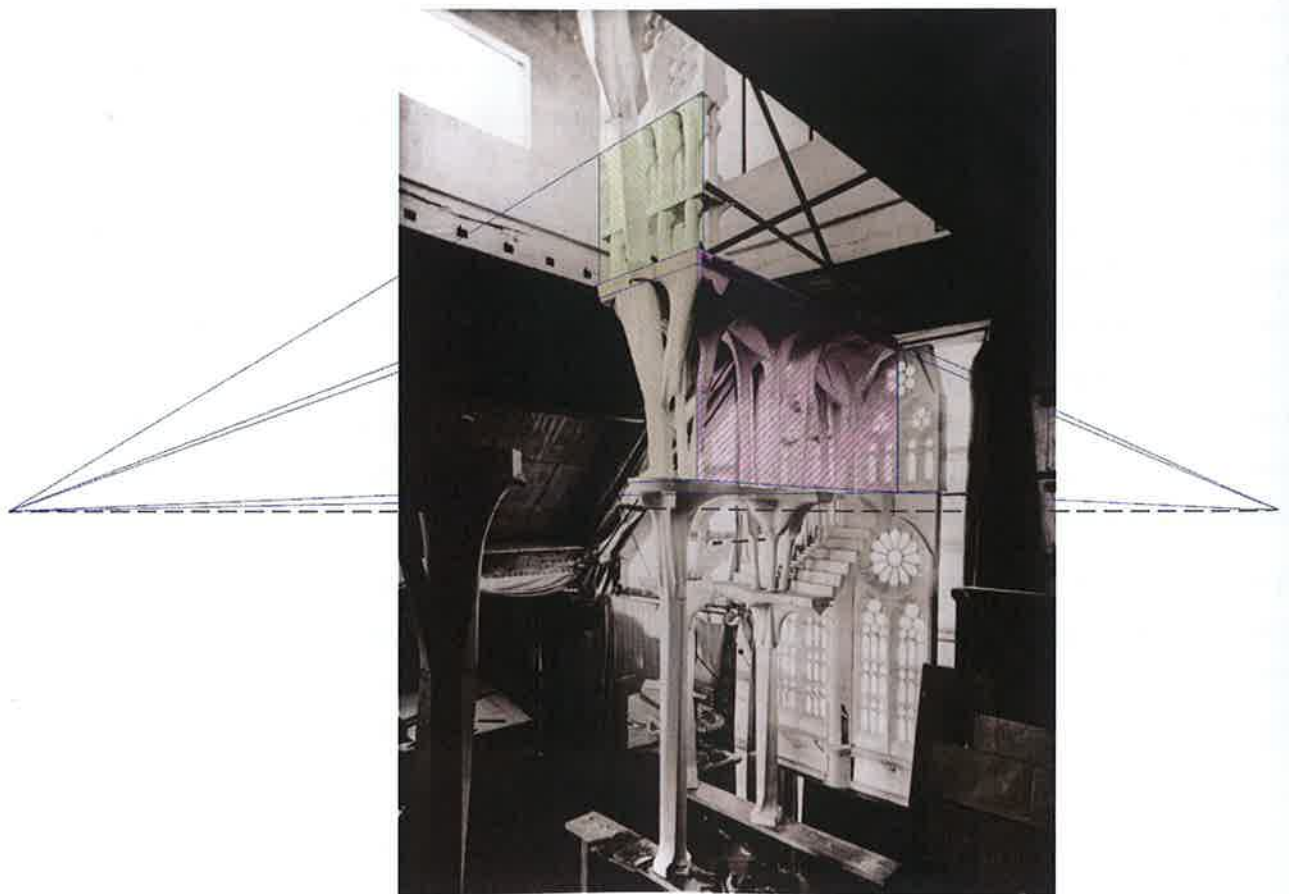
Un altre mètode que s'ha utilitzat per determinar les dimensions de les peces ha estat l'estudi de les fotografies originals existents de la segona versió de les naus.

Les fotografies estudiades, numerades segons l'annex 2 són:

- FC-01.- Primera fotografia de conjunt
- FC-02.- Segona fotografia de conjunt
- FC-03.- Tercera fotografia de conjunt

Aquest procediment és complementari dels anteriors (anàlisi de les peces i de les seccions publicades), però té menys precisió per determinar les mides inicials. Per això s'ha fet servir únicament per recuperar les proporcions de les peces desaparegudes o de les que es conserven pocs fragments, o en casos en què la comparativa és directa sobre peces molt properes.

El procediment es basa en establir les mides per comparació amb les peces verificades, ja sigui sobre la vertical o traslladant el punt estudiat sobre un pla de referència conegut a través de les fugues de la fotografia (*imatge 6.27*).



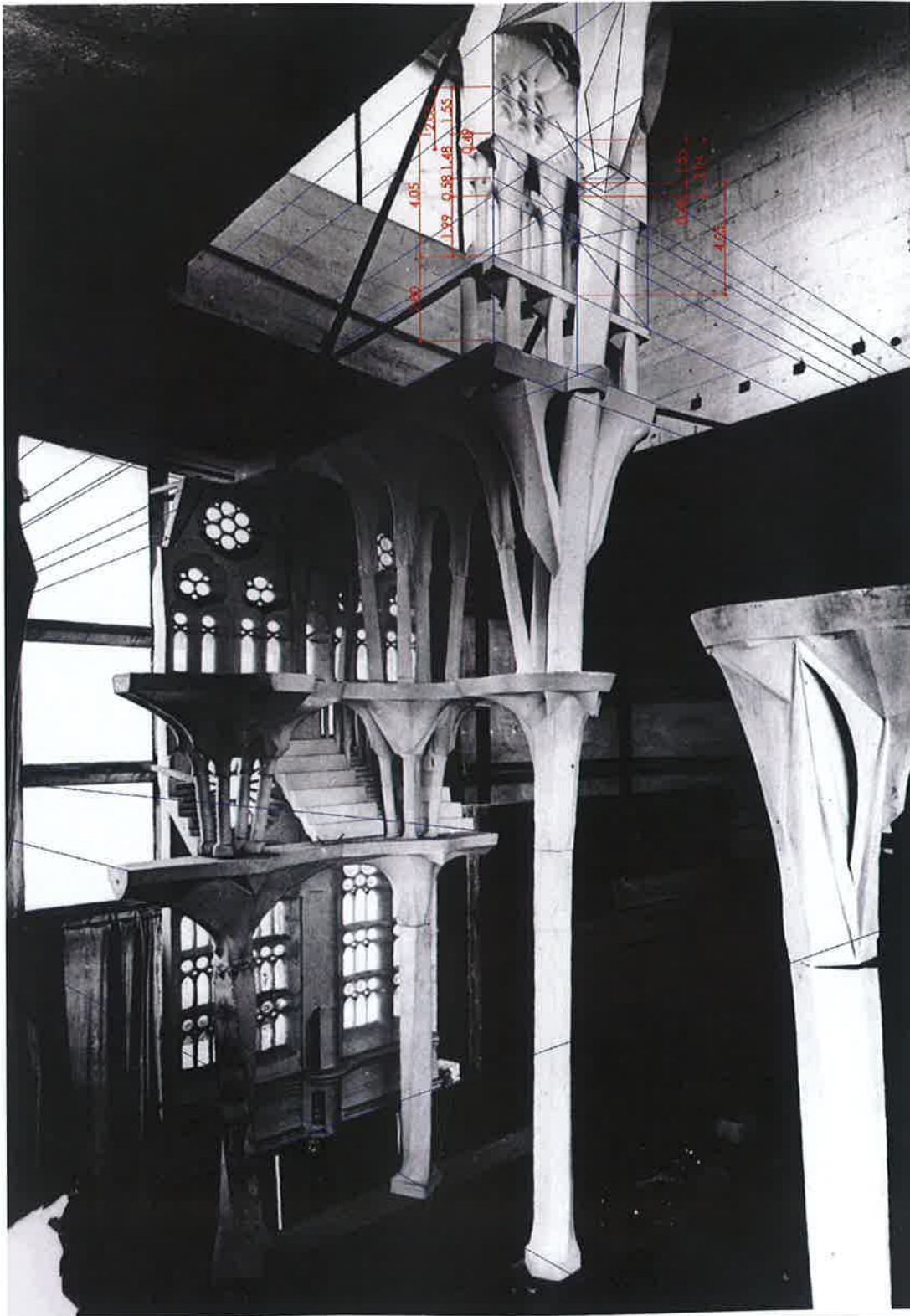
**Imatge 6.27.-** Determinació dels plans de referència i els punts de fuga per establir les alçades de les voltes de la nau lateral, sobre la fotografia de conjunt FC-02.

## FOTOGRAFIES DE CONJUNT

FC-01

## Descripció de la fotografia:

Vista general del model a escala 1:10, dins de la sala de fotografia de l'obrador.



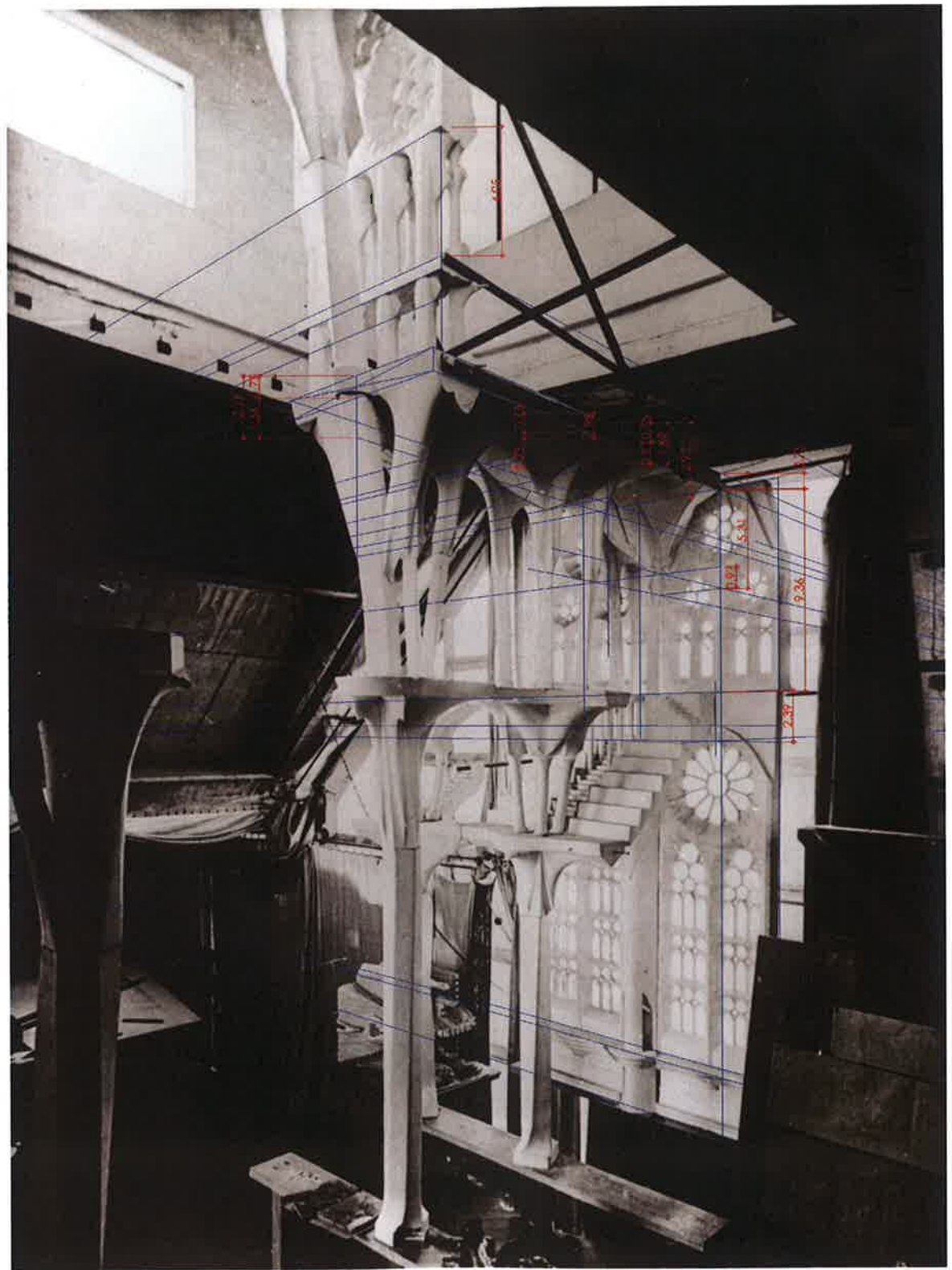
Estudi de les proporcions de la columna i les voltes de 45 metres de la nau central, basant-se en les proporcions conegudes del finestral.

## FOTOGRAFIES DE CONJUNT

FC-02 (a)

## Descripció de la fotografia:

Vista general del model a escala 1:10, dins de la sala de fotografia de l'obrador.



Estudi de les proporcions de les voltes de la nau lateral, basant-se en les proporcions conegudes del finestral de la nau lateral i del capitell de la columna central R-005 (corregit).

## FOTOGRAFIES DE CONJUNT

FC-02 (b)

## Descripció de la fotografia:

Vista general del model a escala 1:10, dins de la sala de fotografia de l'obrador.



Estudi de les proporcions de les voltes de la nau lateral, basant-se en les proporcions conegudes del finestral de la nau lateral i del capitell de la columna central R-005 (corregit).

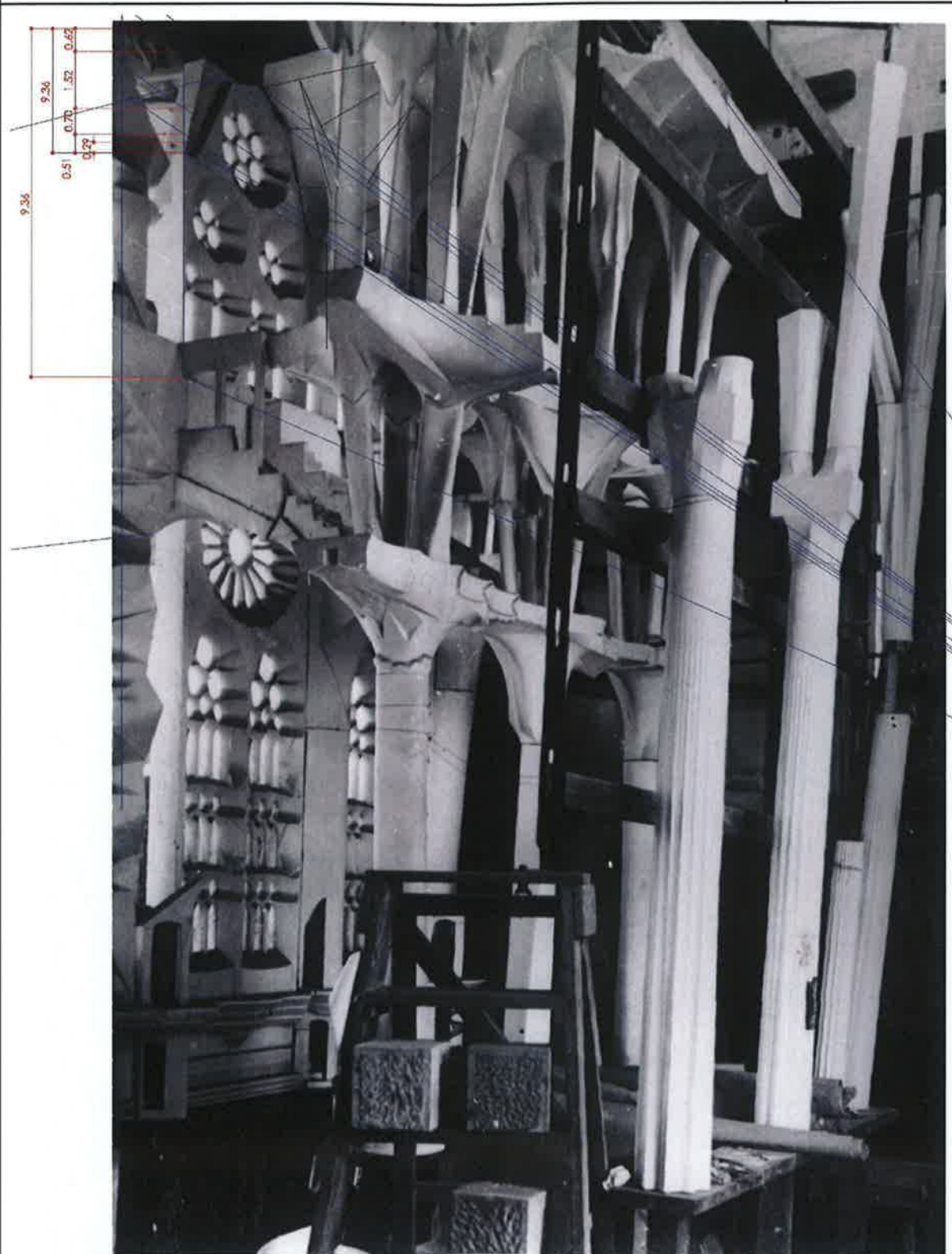


## FOTOGRAFIES DE CONJUNT

FC-03

## Descripció de la fotografia:

Vista general del model a escala 1:10, dins de la sala de fotografia de l'obrador.



Detall de la fotografia.

Estudi de les proporcions de les voltes de la nau lateral, basant-se en les proporcions del finestral de la nau lateral.

### 6.3. Procés per determinar les mides del conjunt

En els apartats anteriors s'han explicat els procediments utilitzats per determinar les mides del conjunt: anàlisi de les peces existents, seccions i fotografies originals.

Durant el procés de mesura, s'ha detectat que hi ha diferències notables entre els elements de referència, entre els de la mateixa tipologia (secció contra secció) i també entre els de tipus diferent (secció contra peça original i/o fotografia). Gaudí va treballar intensament durant anys en elaborar diverses propostes per a les naus, i va ser en la segona versió on va realitzar-ne més variants; per tant, no és d'estranyar que modifiqués les dimensions d'algunes peces en el procés. Aquest fet s'agreuja per la no coincidència exacta entre els elements dibuixats i les peces realitzades –i fotografiades– que que van patir aquestes mateixes variacions al llarg de la seva evolució.

Degut a aquests factors s'han d'establir els criteris per validar les dimensions que permetin modelar en 3D el conjunt de les naus.

En principi, es dona la màxima fiabilitat als models de guix a escala 1:10, on Gaudí va detallar en tres dimensions cada element que conformava les naus, amb una definició molt superior a la de les seccions dibuixades. El problema és que la majoria de peces han arribat molt deteriorades fins als nostres dies i la quantitat de models que ens dona unes dimensions generals de cada element és reduïda.

S'ha estudiat quins models corresponen als dibuixats en cada secció i en quines fotografies apareixen. Aquesta correlació ha permès establir algunes cotes rellevants a través de les peces en bon estat, que permeten aclarir la variabilitat dimensional que apareixia en la comparativa entre seccions.

La seqüència de peces que ha permès fixar les cotes més fiables és la següent:

- Conjunt del contrafort de la nau lateral, en els finestrals de sota la cantoria. D'aquesta se'n conserven dues variants, la R-095 i la R-097.

Del conjunt R-095 tenim les tres peces (base, fust i contrafort), que es conserven en bon estat i, per tant, ens permeten obtenir les mides totals sobre els models originals amb força fidelitat.

De la variant R-097 es conserven el fust i el capitell. El fust es troba en mal estat però durant les operacions de restauració es van unir fragments que encaixen en tota la seva alçada. En canvi, el capitell és una de les peces més ben conservades i es troba quasi intacte.

Les alçades de les peces de les dues variants (fust i capitell) són diferents, però apilades sumen la mateixa cota (17,85 metres). Amb aquesta comprovació podem assegurar-ne l'alçada, que Gaudí manté en diverses variants (*imatge 6.28*).

A partir del contrafort s'ha pogut establir la cota inferior de la cantoria, que es suporta sobre les columnes de la nau lateral. La forma de la cara posterior, en contacte amb el contrafort, verifica que el model d'intercolumni de la cantoria (R-013) encaixa amb el capitell entre finestrals (R-097c). Per tant, podem assegurar que la cota obtinguda de 14 metres és fiable, tot i que en aquest cas no coincideix amb cap de les tres seccions publicades (la que més s'hi apropa és la de l'any 1929, amb 13,92 metres). No obstant i això, es dona prioritat a la cota fixada a través dels models ben conservats, degut a la fiabilitat demostrada d'aquests elements.

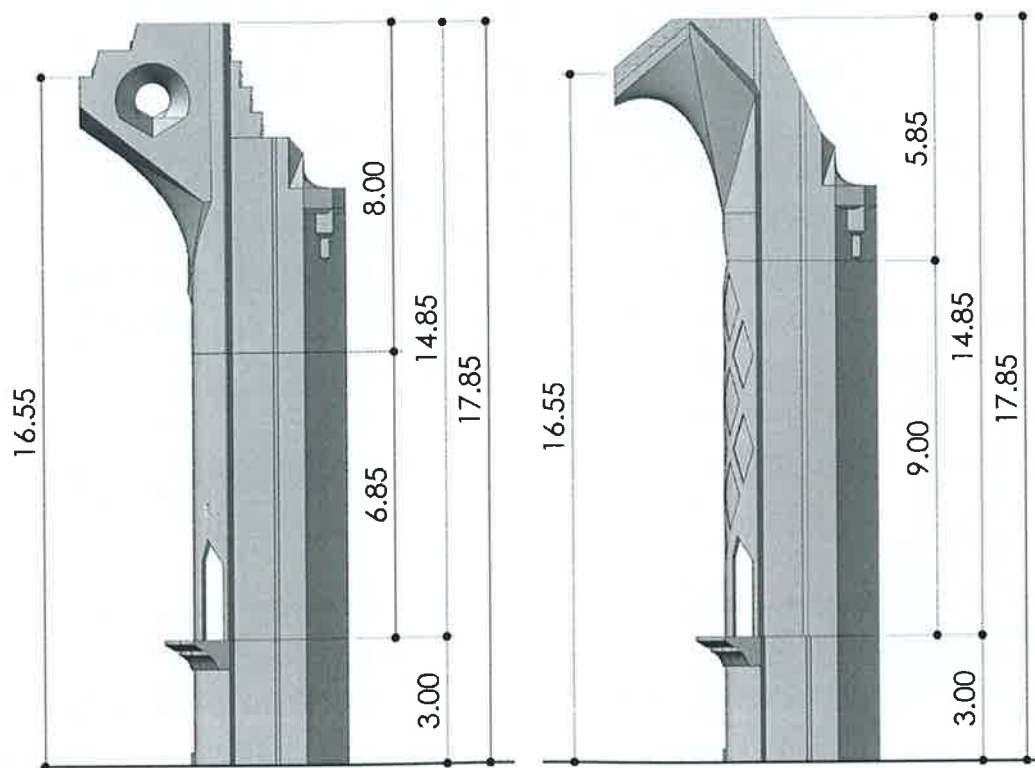
Per establir l'alçada del pis intermedi de nau central s'ha comprovat l'alçada dels capitells existents R-017 (5,98m), R-018 (6,00m) i la columna. Els capitells pràcticament coincideixen, però la columna està reconstruïda en quasi tota l'alçada. A través de l'estudi de les lleis geomètriques que la generen<sup>4</sup> i la comparació amb altres elements similars s'estableix que la reconstrucció té una alçada correcta. Aquest fet, lligat a la quasi coincidència de les seccions ST-1 i ST-3, permet ratificar com a vàlida la cota 19,70 metres. La secció ST-2 dóna una mida que difereix 13 centímetres, però correspon a una variant de transició amb la tercera versió, que Gaudí va elaborar al cap d'uns anys.

La darrera peça que podem situar amb fidelitat és el finestral de nau lateral de sobre la cantoria (R-007), que es conserva en bon estat i té mides fiables (*imatge 6.29*).

La coronació del finestral de la nau lateral (R-007) es situa a la cota +29.06 metres. Per obtenir la cota superior de les voltes es recorre a l'anàlisi de les fotografies existents per comparar-les amb les seccions, i la xifra que en resulta se situa entre 29,51 i 29,61 metres.

El finestral superior de la nau lateral té un encaix en la cara posterior per recolzar-hi la peça de guix de les voltes (*imatge 6.29*). L'encaix del finestral no té gruix en el vèrtex central superior i, per tant, el model de guix del sostre tindria un cantell molt reduït en aquest punt si es volgués mantenir la cota de les seccions dibuixades. A través de les fotografies s'ha comprovat que tot el cantell recolza per sobre del vèrtex central i té una dimensió superior al que indiquen els dibuixos. Com que el cantell de les voltes es pot determinar sobre una vertical molt fiable confrontant-lo amb l'alçada coneguda del model del finestral, en aquest cas s'ha donat prioritat a les peces originals —comparades amb l'ajut de les fotografies— per davant de la secció.

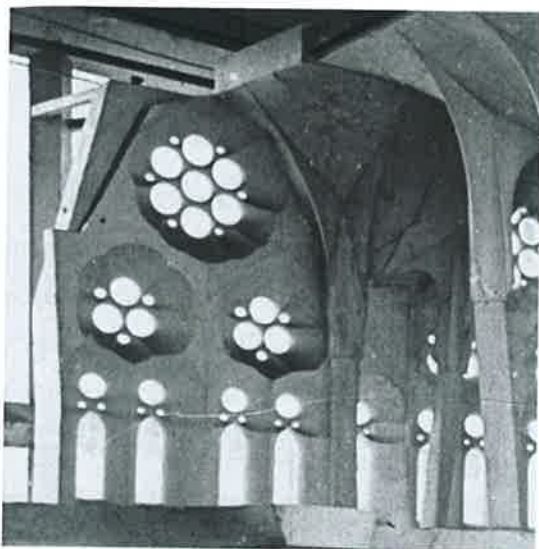
Precisament és l'alçada fiable del finestral lateral de guix el que ens permet trobar la dimensió d'un altre conjunt de peces.



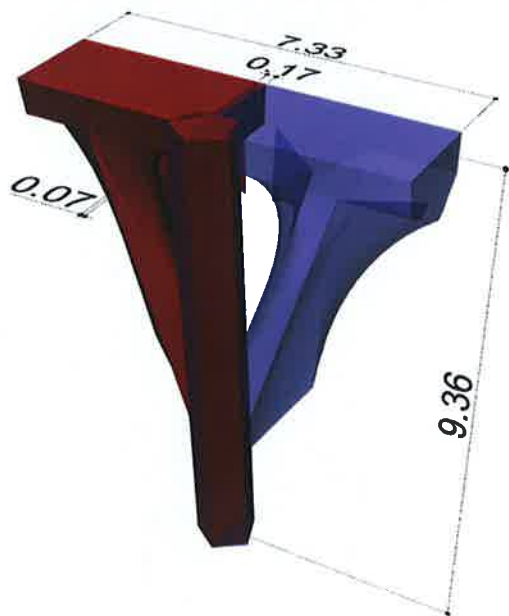
**Imatge 6.28.**— Determinació d'alçades a través de la comparació de variants de peces que ocupen la mateixa posició. Cas dels contraforts de la cantoria R-095 i R-097.

4 Les lleis geomètriques s'explicaran en el següent capítol.

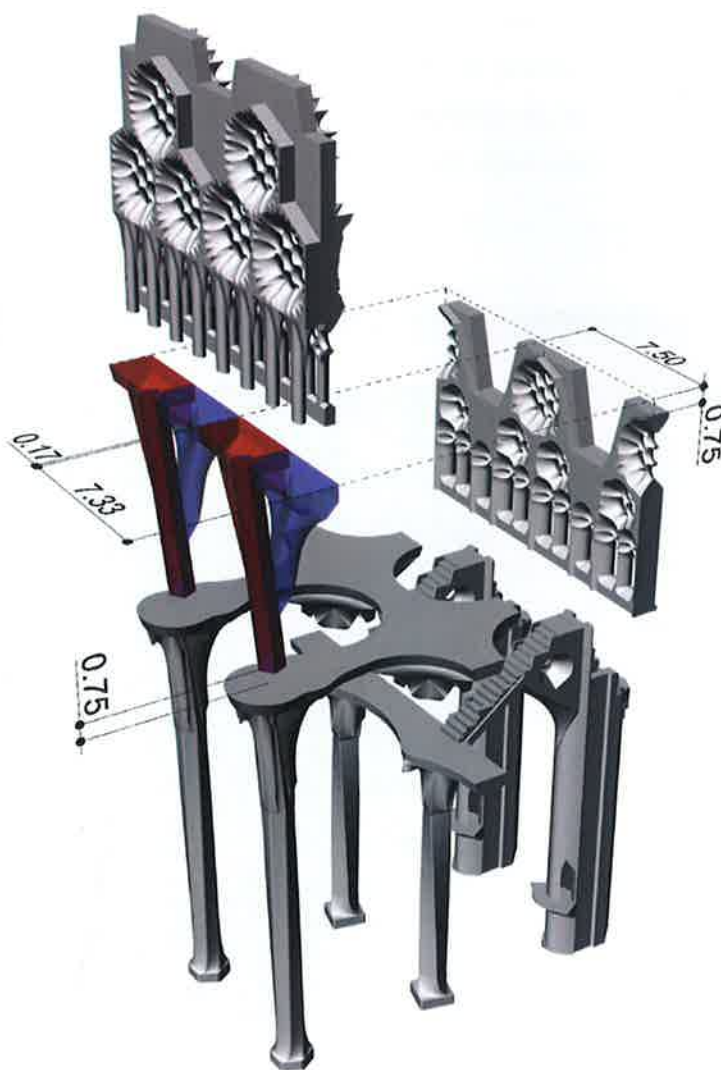
En l'inici d'aquest apartat s'ha explicat que es dona preferència a les peces de guix per davant dels altres dos mètodes (seccions i fotografies), però només quan es troben en bon estat de conservació. Aquesta decisió pretén evitar l'acumulació d'errors que es basin en els treballs previs de restauració. En el transcurs d'aquest estudi s'han detectat algunes incorreccions en algunes peces reconstruïdes. El cas més evident, que es mostra a mode d'exemple, correspon al capitell de la nau central que es troba a 30 metres d'alçada (R-005). En la secció dibuixada l'any 1973 per Berenguer i Matheu es va fixar l'alçada d'aquest element en 9,36 metres, que és la del finestral de la nau lateral situat en el mateix nivell. Com ja hem comentat, la fotografia permet apreciar clarament que la cara superior de les voltes no es pot situar a aquesta alçada perquè no podria tenir gruix en el vèrtex central. Aquest detall va passar desapercebut en un dibuix en 2D<sup>5</sup> i segurament és el que va provocar la cota errònia d'aquest element.



**Imatge 6.29.-** Situació del cantell de les voltes per sobre del finestral. Aquesta solució és diferent en els planols dibuixats i els models de guix.



**Imatge 6.30.-** Detecció d'errades en peces reconstruïdes. Inclínació de la columna en dos sentits, impossible en una peça amb un eix de simetria. Capitell de la nau central R-005.

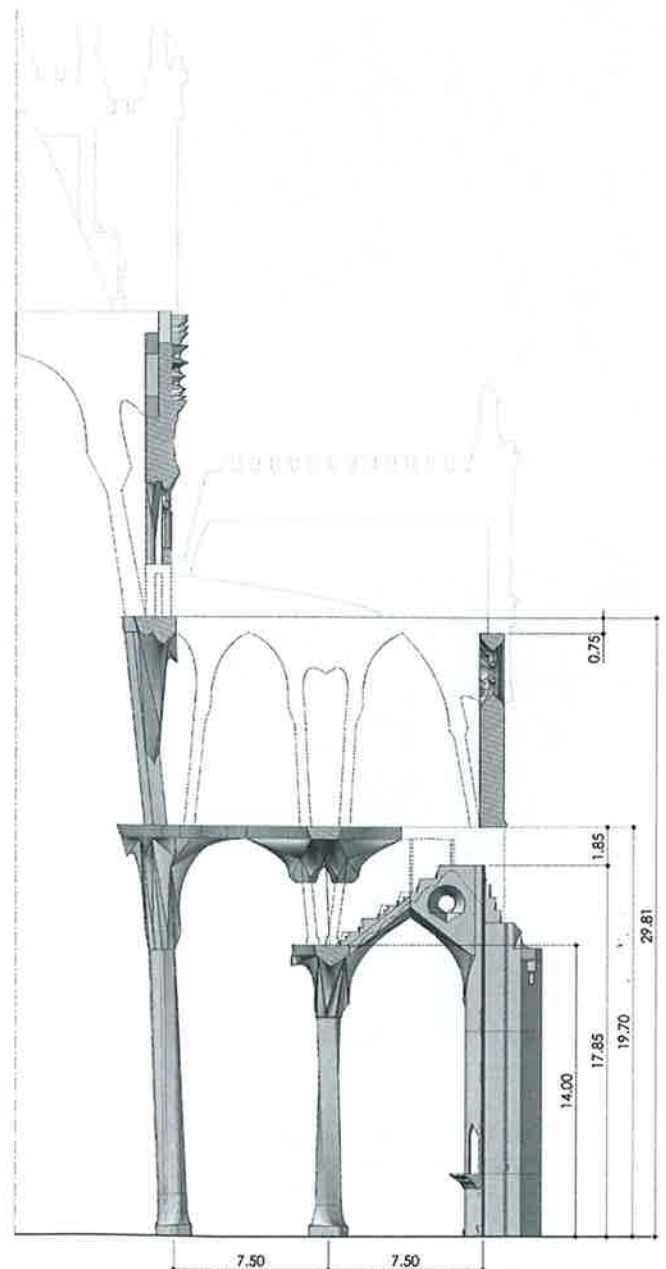


**Imatge 6.31.-** Situació de les peces dins del conjunt i verificació de les mides generals.

<sup>5</sup> Encara que no s'hagués observat en detall la fotografia en els treballs previs de recuperació de les maquetes, aquesta col·lisió s'hauria detectat amb les eines informàtiques en 3D que disposem avui en dia.

Aquesta peça, però, no s'ha posat d'exemple només per la cota d'alçada sinó que conté un error encara més rellevant. El capitell està compost per una columna central i dues bifurcacions que suporten el sostre, simètriques respecte al pla perpendicular a l'eix de la nau. En els treballs de reconstrucció es va restaurar una de les bifurcacions<sup>6</sup> i es va donar una inclinació obliqua al fust, cosa que no és compatible amb una peça simètrica. En fer la simetria respecte al pla de referència queda palès com les columnes centrals es creuen i, conseqüentment, es redueix l'ample total del capitell, que ha d'ocupar els 7,50 metres d'intercolumni del mòdul tipus (*imatges 6.30 i 6.31*).

Per últim, resta per determinar l'alçada de les voltes de la nau central. A partir de la cota de les voltes laterals, s'ha col·locat el finestral R-021 amb el seu suport, que queda determinat per l'alçada que fixa el pendent de la coberta lateral. L'alçada parcial d'aquest conjunt –finestral i suport– coincideix amb la diferència de cotes entre les naus que es grafia en la secció ST-1 (14,82 metres). La cota final queda fixada en 44,63, és a dir, 0,23 metres per sobre de les seccions. La diferència és la que s'ha acumulat en el nivell de les naus laterals, que s'ha justificat per la diferència d'encaix entre els dibuixos i els models de guix que al final es van realitzar.



**Imatge 6.32.-** Mides fiables establertes a través de la comparació entre models de guix en bon estat i les seccions i fotografies originals.

6 Es va reconstruir la part de la peça de la que es disposaven fragments originals.

## 6.4. Procés de modelat en 3D

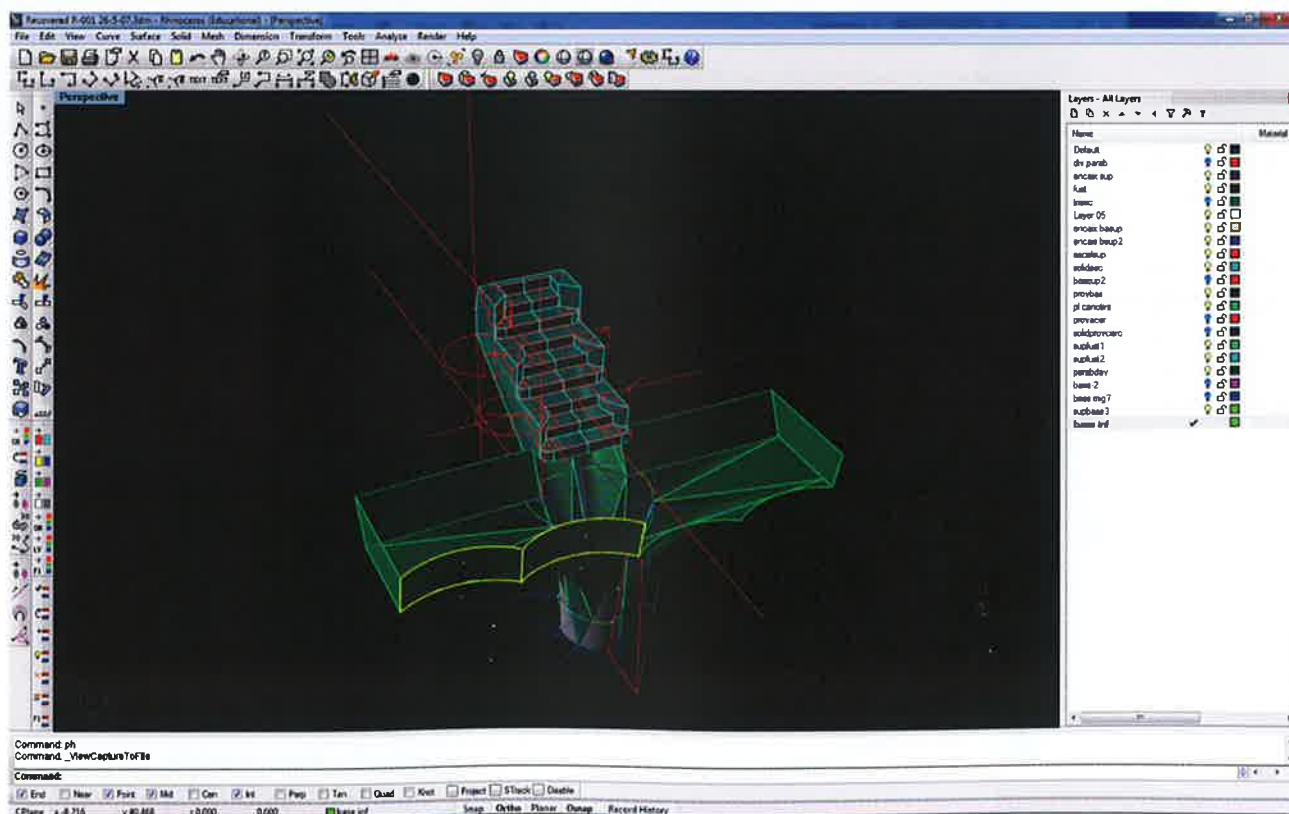
Amb la determinació de les mides dels elements que formen la maqueta de les naus ja és possible modelar les peces amb programes informàtics en tres dimensions.

Per aquest procés bàsicament s'han fet servir dos programes: Rhinoceros i Grasshopper.

### Rhinoceros :

Rhinoceros (*imatge 6.33*) és un programa de modelat en tres dimensions de l'empresa Mcneel, i és un dels que actualment s'utilitza a l'Oficina Tècnica de la Sagrada Família, on s'ha imposat per davant d'altres aplicacions com Autocad, Mechanical Desktop o Catia, degut a la seva potència i senzillesa d'ús. Rhino es basa en la tecnologia NURBS<sup>7</sup> i és molt versàtil per treballar amb superfícies complexes, amb una interrelació total entre punts, corbes i superfícies. Aquest programa permet modelar amb facilitat les geometries complexes que s'estan estudiant, cosa que ajuda a fer-ne la interpretació, que seria molt més complexa amb altres programes o sistemes manuals.

Un dels principals inconvenients de Rhino és que pràcticament no accepta cap modificació dels elements modelats (llevat d'alguna modificació puntual dels punts de control). Això resulta poc operatiu quan hi han peces en què una de les variables s'obté després d'estudiar la resta del conjunt. Per aquesta raó, en alguns casos s'opta per l'ús d'aplicacions paramètriques, que sí que permeten canviar a posteriori alguns dels valors que conformen els models.



**Imatge 6.33.-** Interface de Rhinoceros. Modelat d'una variant de l'intercolumni de la cantoria (R-001).

7 NURBS (*Non-uniform rational basis spline*). És un model matemàtic creat a partir dels anys 50 que en l'actualitat s'utilitza per generar i representar corbes i superfícies.

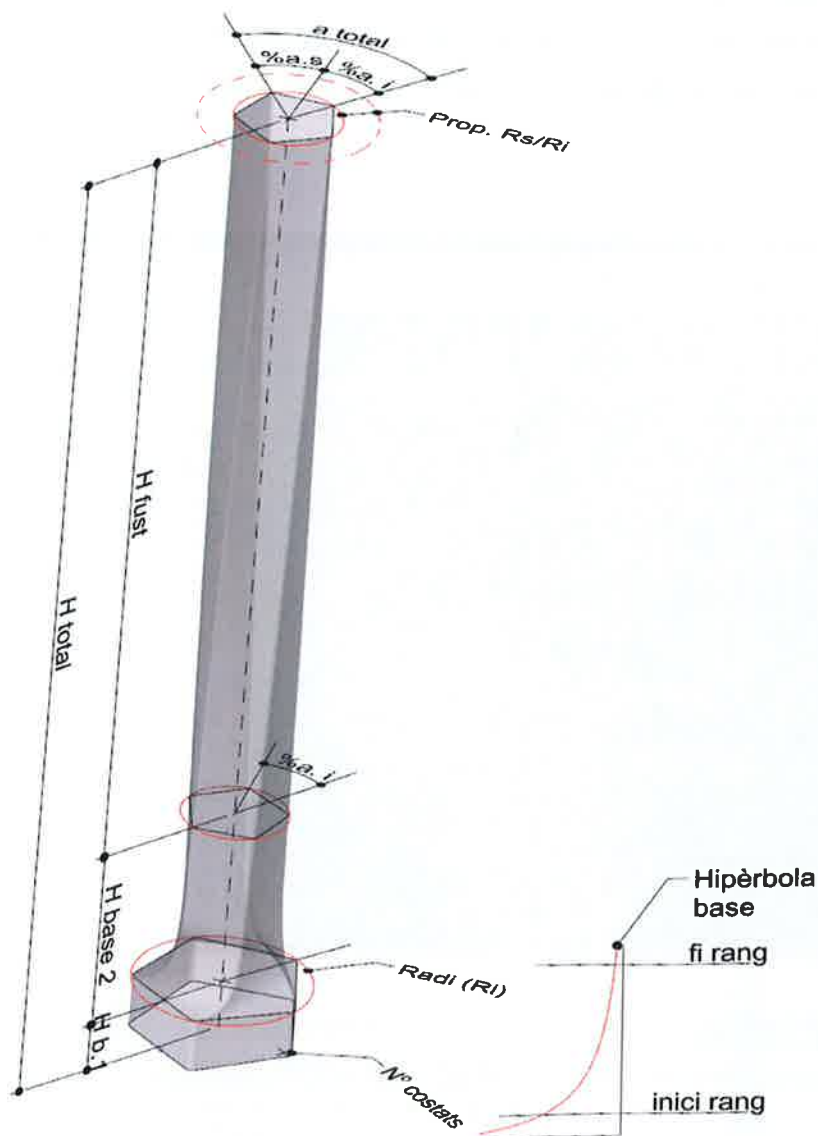
Grasshopper:

En el procés d'anàlisi de les peces s'ha observat que moltes d'elles estan formades per una estructura interna – que es detalla en el següent capítol – que depèn de relacions i variables d'altres parts del conjunt (*imatge 6.34*).

Amb els programes habituals de Cad (com Rhinoceros o Autocad) és necessari definir unes relacions de partida, que en alguns casos s'han de modificar a posteriori, el que comporta, com dèiem, redibuixar els elements ja definits.

Per aquests casos és útil disposar d'un programa paramètric, que permet establir relacions entre diversos elements, però alhora deixar variables (per exemple la dimensió o la inclinació), que es poden modificar sense necessitat de refer el dibuix.

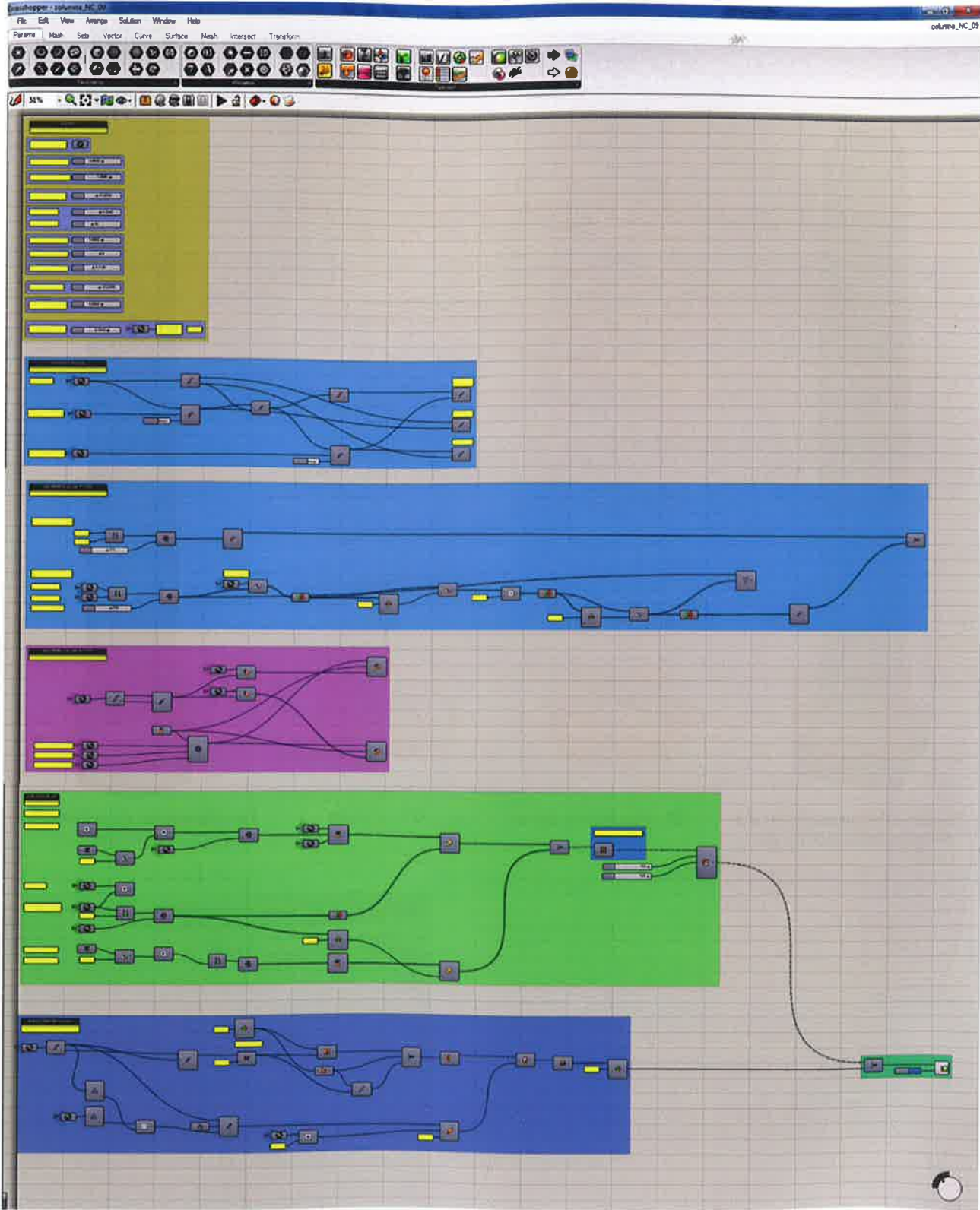
Per aquesta tasca, a l'oficina del Temple s'havia utilitzat el programa Catia, però aquest obligava a definir paramètricament tot l'element, cosa que comportava un esforç considerable. Per evitar aquest inconvenient, actualment es fa servir Grasshopper, que és un *plugin* de Rhino i permet crear elements paramètrics en un espai paral·lel, que alhora poden tenir relació amb els elements dibuixats de forma habitual. Quan es validen els paràmetres i s'obté l'element desitjat els elements paramètrics es converteixen en elements de Rhino.



**Imatge 6.34.-** Paràmetres que defineixen les columnes amb base contínua de la segona versió de les naus.

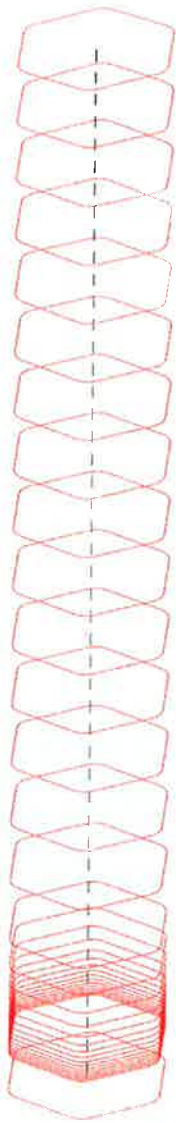
Aquest procediment, que permet la interrelació entre elements fixes i paramètrics, és molt més àgil que Catia, però per contra, quan un element s'ha bolcat a Rhino, s'ha de tornar a activar el mòdul paramètric per tornar a variar-lo.

La potència d'aquesta eina, que accepta canvis en temps real, no només és útil per dibuixar peces en què pot variar una de les relacions sinó que també s'ha convertit en una eina molt interessant per estudiar les relacions geomètriques que formen les peces i establir-ne la seva topologia. Així, dues peces que a priori semblen diferents –com les columnes inferiors de la nau central i lateral– es poden reduir al mateix principi geomètric (transformació contínua d'un polígon per gir i escalat al llarg d'un eix), i només es diferencien en el valor de les seves variables (número de costats, alçada, angle de gir i factor d'escalat).

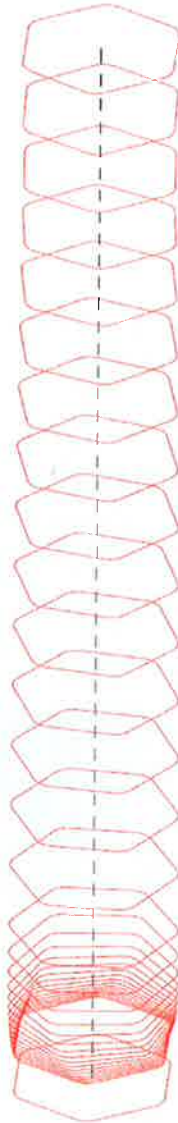


Imatge 6.35.- Aplicació de Grasshopper per resoldre la geometria de les columnes amb base contínua de la segona versió de les naus (suports de la nau central i lateral)

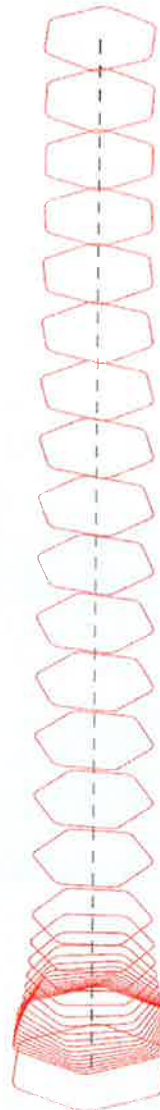




I.- Distribució no lineal dels polígons base al llarg de l'eix.



II.- Gir dels polígons.

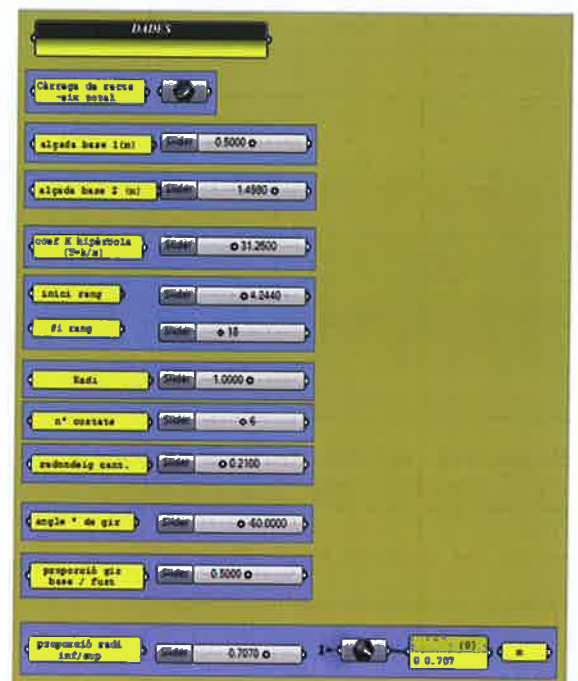


III.- Escalat.



IV.- Generació de la superfície contínua (base i fust).

Imatge 6.36.- Procés de construcció de la columna de la nau central R-012 (dalt). Menú de control de Grasshopper amb valors que defineixen la base i el fust de la columna.





Les aplicacions d'aquestes eines, però, van més enllà, i també possibiliten estudiar els límits de la topologia. Com a exemple, es mostra el capitell de la nau central que es troba a la cota +20m (R-017), que està format per dues zones diferenciades: la part posterior, que s'agrupa sobre l'eix de la columna; i la zona frontal, que la connecta amb el nivell intermedi de trava que es situa en aquest nivell. L'estructura de la zona posterior està definida per la còpia i escalat d'un polígon base, que correspon a la secció de la columna (hexàgon). Per aquesta zona, Gaudí disposa un doble polígon superior, sis d'intermedis i el de base inferior, amb certa independència de situació i radi (*imatge 6.38*).

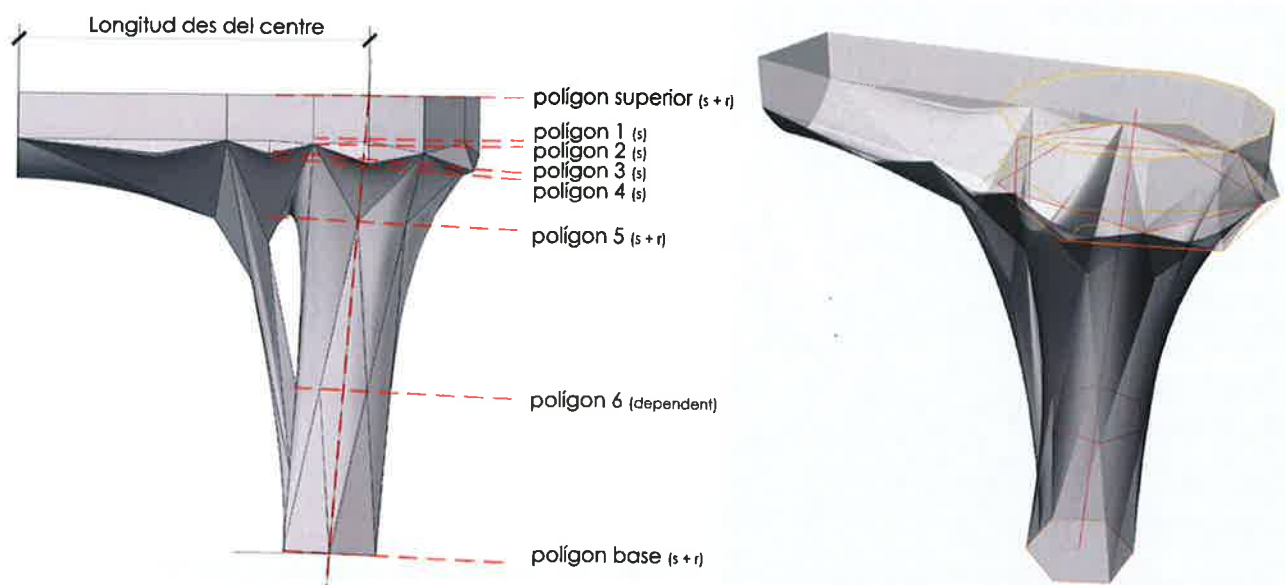
En canvi, la zona frontal s'organitza sobre un eix longitudinal i connecta amb el capitell de la nau lateral compartint un paraboloides. Els seus límits laterals venen definits per la prolongació de dues rectes de la part posterior, i reproduïx els voladissos d'aquesta zona amb plans triangulars i paraboloides. Aquesta àrea frontal també conté un nervi diagonal, que rep la columna de les voltes de la nau lateral.

L'aplicació de les eines paramètriques ens permet veure en temps real com l'estructura definida és capaç d'absorbir una variació de paràmetres fins a un cert límit, on deixa de ser vàlida. A més, els límits no depenen d'un sol factor sinó que són dependents entre ells.

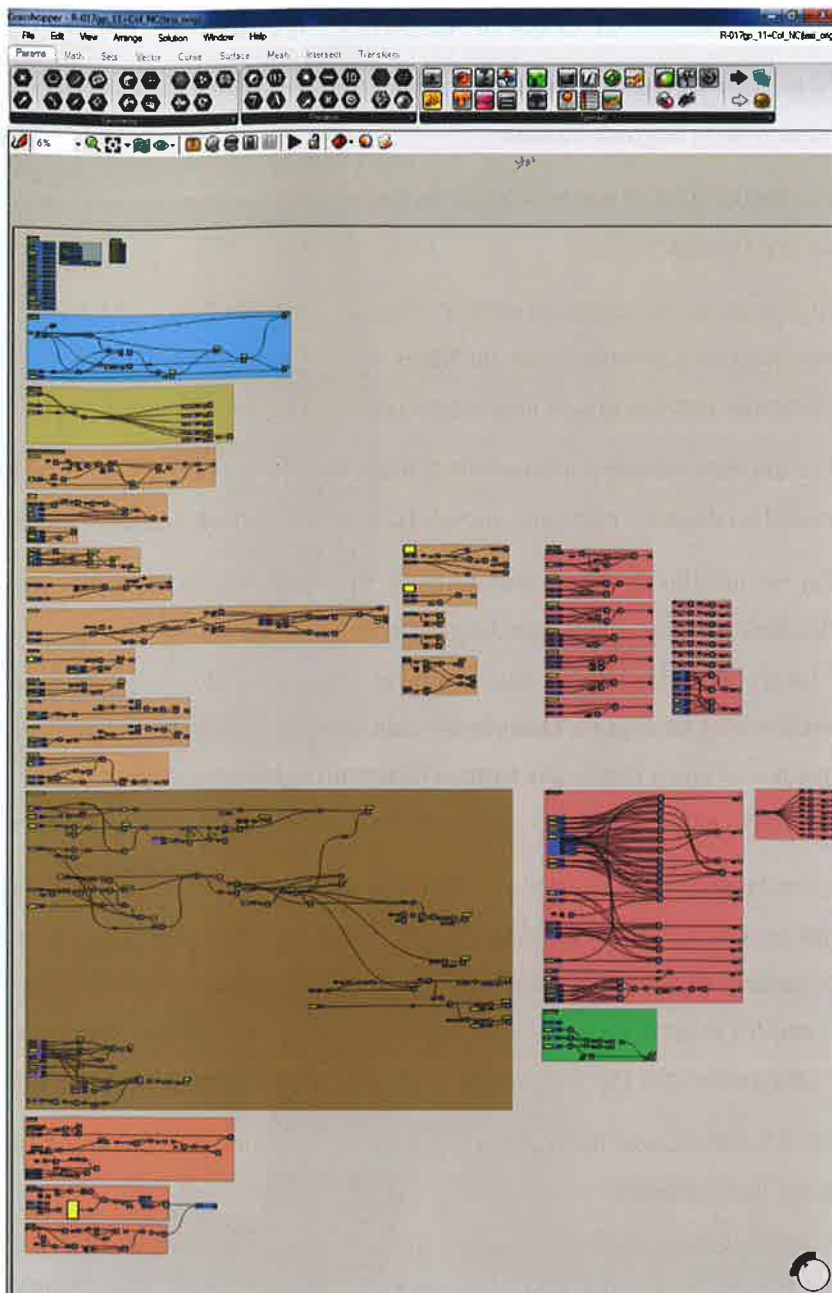
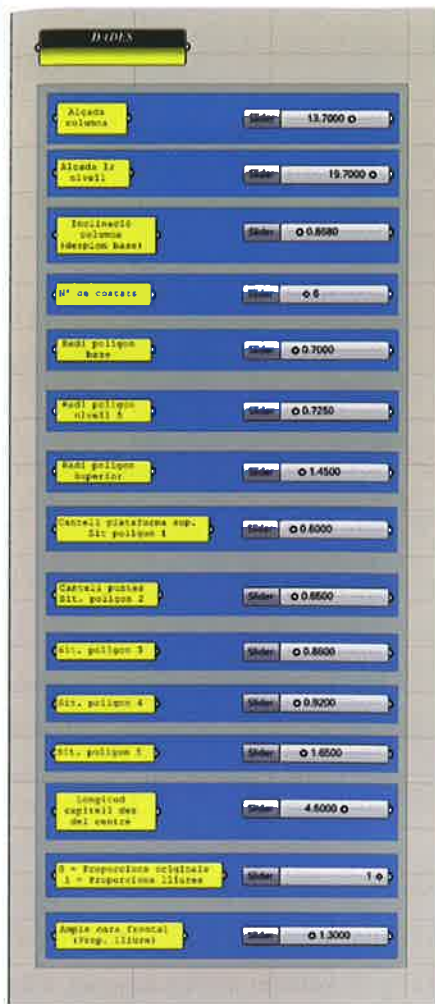
En les imatges d'exemple es mostren el capitell original –de base hexagonal– i el modificat –heptagonal–, que corresponen a la mateixa estructura geomètrica, malgrat el canvi de costats de la seva base. Les arestes laterals de la zona frontal venen donades per l'alineació del polígon base i el circumscribit; en el cas del capitell heptagonal, s'han superat els límits de l'estructura i per aquest número de costats les arestes laterals es creuen si es manté la longitud original de la zona frontal (*imatge 6.41*). Una bona mostra de la dependència entre variables és la variació de la longitud del cos frontal, que permet mantenir el polígon de set costats dins dels límits.

Aquesta peça és un bon exemple per mostrar la potència de les eines paramètriques, perquè amb la combinació de paràmetres simultanis a controlar, aquest estudi no era viable mitjançant només els mètodes tradicionals de CAD.

El detall de la geometria que conformen la resta de les peces estudiades de la segona versió de les naus es detalla en el següent capítol.



**Imatge 6.38.**- Seccions clau que defineixen el capitell de la nau central a cota +20 metres. (Variant R-017). Alçat lateral i perspectiva.



Imatge 6.39.- Menú de control de Grasshopper amb els valors que defineixen el capítell R-017.

Imatge 6.40.- Aplicació realitzada amb Grasshopper per modelar el capítell R-017.



Imatge 6.41.- Estudi dels límits topològics. Capítell original (esquerra) i modificats (dreta).

### 6.5. La realització de la maqueta de guix

El model restituït de les naus es va materialitzar en una maqueta de guix, que actualment es pot observar en el Museu de la Sagrada Família.

Per transformar el model virtual en peces sòlides es va fer servir una impressora ZPrinter 650 de l'empresa ZCorp (*imatge 6.42*).

El primer pas consisteix en escalar el model virtual de Rhino (\*.3dm) a l'escala real d'impressió en mil·límetres, per després convertir-lo en un fitxer STL<sup>8</sup> (Etereolitografia), que transforma les superfícies en una malla triangular tancada que la impressora reconeix com un volum.

Les dimensions que pot imprimir la màquina són reduïdes (381 x 254 x 203mm), i per tant, s'ha d'especejar el model en diverses parts que compleixin amb la mida d'impressió (*imatge 6.43*).

Per resumir-ho de forma simplificada, la impressora es compon d'una cubeta que s'omple de guix sintètic (binder) i d'uns capçals que desprenen un aglutinant sobre la zona seleccionada.

El software de la màquina descompon el volum en unes capes molt fines—de 0,1mm de gruix—que la impressora materialitza en el guix. Després de cada passada del capçal, la impressora enfonsa el model realitzat i col·loca una nova capa a sobre, que torna a fixar amb aglutinant. Aquest procés es repeteix fins a completar l'alçada de la cubeta, en una operació que en peces grans pot trigar fins a vuit hores.

Quan la màquina ha completat el procés s'ha de buidar el recipient i la peça impresa emergeix d'entre el guix que no s'ha aglutinat. La maqueta obtinguda no té resistència i s'ha de manipular amb compte. El següent pas consisteix en netejar-la a fons amb pinzells i un bufador d'aire. Un cop tot el guix sobrant ja s'ha després, s'ha d'endurir la peça, un procés que es porta a terme a través d'una immersió prolongada en una dissolució d'aigua i adhesiu *Imedio*. Per últim, s'ha de deixar assecar la peça abans de donar-la per acabada.

Tot i la sofisticació de la maquinària, aquesta requereix d'una mà d'obra contínua en els processos de suport que s'han comentat.

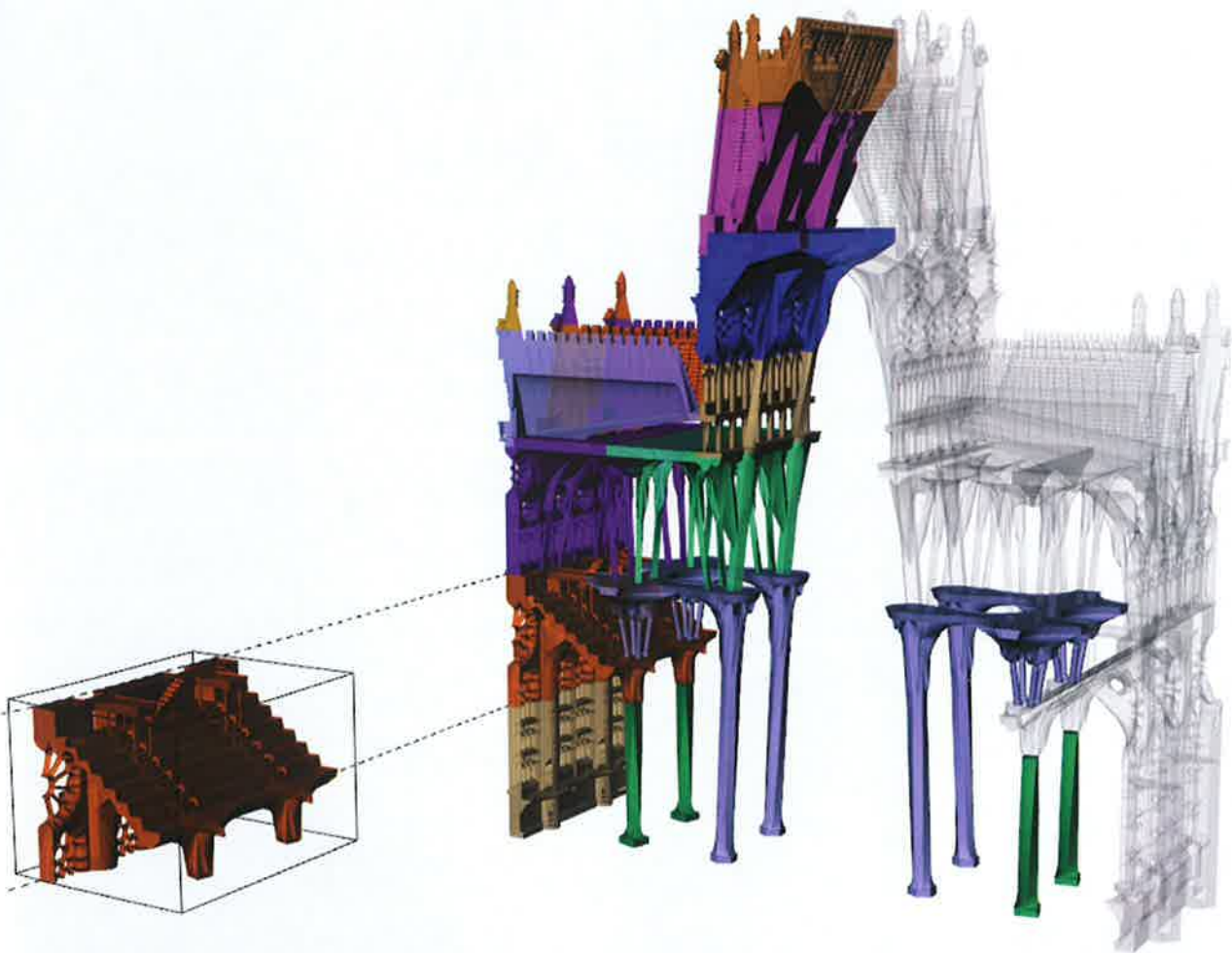
El muntatge de les diverses peces que componen la maqueta no és immediat i necessita de més manipulació per obtenir el resultat final. Les impressores tenen unes lleus variacions dimensionals en els tres sentits i, en conseqüència, les peces no surten amb la mida exacta, factor que s'agreuja si en la cubeta d'impressió s'orienten de forma diferent peces adjacents. A més, en alguns casos les maquetes es poden deformar.

Amb tot això, doncs, el primer pas és presentar les peces del model i retocar les lleus variacions dimensionals entre elles, una tasca que és molt entretinguda. Tot seguit s'han d'encolar entre elles i, en darrer lloc, es rejunten amb guix per dissimular les costures imposades per la limitació de la cubeta (*imatges 6.44 a 6.47*).

8 Les impressores de sòlids que es fan servir, a més de STL, suporten els següents tipus de fitxers: VRML, PLY, 3DS, FBX, ZPR.



Imatge 6.42.- Impressora de sòlids ZPrinter.



Imatge 6.43.- Especejament del model tridimensional, limitat al volum màxim de la cubeta d'impressió. En semitransparent es marquen les peces repetides.



**Imatge 6.44.-** Peces assecant-se després del procés de consolidació.



**Imatge 6.45.-** Procés d'ajustament de les peces durant el procés de muntatge.



**Imatge 6.46.-** Maqueta en la fase de muntatge. Ajust i rejuntat de la meitat inferior.



**Imatge 6.47.-** Maqueta acabada de la segona versió de les naus.





**7. LA GEOMETRIA DE LA SEGONA  
VERSIÓ DE LES NAUS**



En el capítol anterior hem vist com s'ha analitzat la informació original –maquetes, seccions i fotografies– i quins programes s'ha fet servir per modelar en tres dimensions les peces que formen la segona versió de les naus del Temple.

L'aparença d'aquestes peces està determinada per una geometria interna, que no és visible a primera vista, i que forma el seu autèntic "esquelet".

En aquest capítol es detalla el catàleg de les peces que s'han modelat, agrupades per tipologies (columnes, capitells, finestrals...) i es mostra quines són les lleis que les conformen. Al final de cada tipologia farem un petit recull de les seves característiques comunes, que ampliarem en la darrera part d'aquest capítol i que ens serviran per entendre, en la part final de la tesi, com Gaudí va evolucionar el projecte.

## 7.1. El catàleg de peces

En aquest apartat es mostren les peces modelades, amb indicació del seu esquelet geomètric.

En el catàleg es mostren més peces de les que serien imprescindibles per explicar una de les diverses variants que Gaudí va realitzar durant la segona versió. Aquest fet és degut a diversos factors, entre els que podríem destacar:

–Gaudí va estudiar diverses variants per les naus de la segona versió, però no va elaborar totes les peces per a cada subversió. Molts dels canvis es feien sobre un grup reduït de peces –o en una de sola– i, en alguns casos, fins i tot, canviava de variant abans de canviar la peça adjacent. Per tant, a la pràctica, trobem fins a quatre capitells de la nau central (a cota +20m), mentre que de l'element superior (+30m) només en va fer un.

–No totes les variants encaixen entre elles (el finestral superior de la nau lateral R-007 encaixa amb les voltes R-081, però no amb la variant R-091, situada en la mateixa posició). Aquest fet, lligat a la poca producció d'algunes peces, fa que en alguns casos només tinguem referència d'algun model a través de les fotografies, o bé només disposem de bocins molt petits. En aquests casos és necessari estudiar la variant que “no encaixa” per després poder interpretar la peça desitjada que va en el mateix lloc.

–En altres casos es conserven peces diferents (p. ex. intercolumni de la cantoria i les voltes de la nau lateral), que presenten característiques comunes (com els bisells) i, com en el punt anterior, no es conserva algun dels models. En aquest cas és necessari estudiar l'element de l'altra posició que es conserva, tot i que en la versió per dibuixar Gaudí ja l'hagués substituït per una altra variant.

–Per últim, i no menys important, hi ha la voluntat de conèixer el procés que Gaudí va seguir per fer evolucionar geomètricament les naus. En aquest cas, l'estudi d'un nombre rellevant de variants ens donarà la informació per entendre els canvis.

Les peces es mostren agrupades per tipologies, amb una introducció conjunta, el detall de la seva geometria per a cada una d'elles i, finalment, un petit resum on es recullen les seves característiques comunes.

### 7.1.1. Columnes

La majoria de columnes de la segona versió de les naus del Temple es generen pel gir simple d'un polígon al llarg de l'eix.

Troblem diverses variants en les columnes realitzades per Gaudí en aquesta versió, on canvien els angles de gir i la secció transversal emprada.

Les columnes estudiades són:

- Base i columna de la nau central: (R-012)
- Base i columna de la nau lateral, de suport de la cantoria: (R-013)
- Base de la columna de la nau lateral, de suport de la cantoria: (R-037)



**Imatge 7.1.-** Situació dins del conjunt de les columnes estudiades de la nau central (R-012) i la nau lateral (R-013).

Base i columna de la nau central (R-012)



**Imatge 7.2.-** Situació de la columna dins del conjunt.



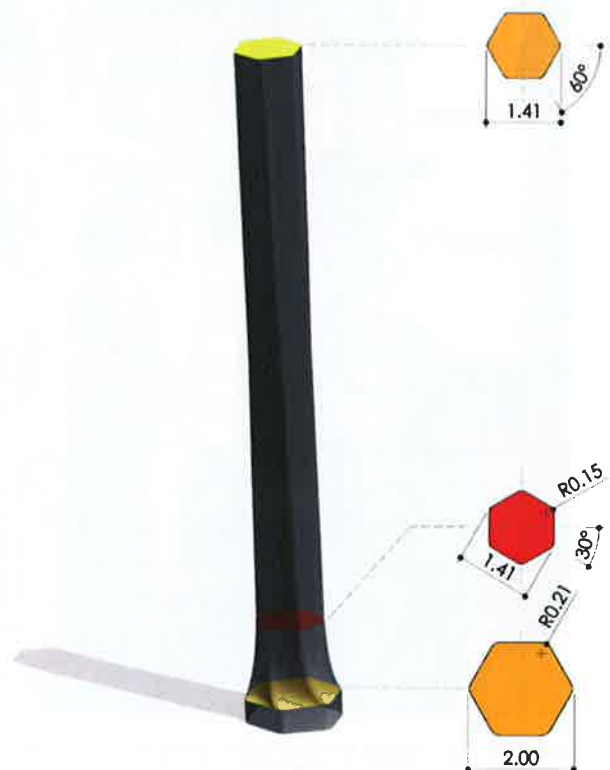
**Imatge 7.3.-** Vista de la maqueta de guix reconstruïda.

La columna de la nau està formada pel gir simple d'un polígon regular (amb les arestes arrodonides) al llarg d'un eix (*imatges 7.3 i 7.4*). Aquest polígon s'escala a la base segons una funció no lineal, que en dibuix paramètric s'ha assimilat a una hipèrbola amb fidelitat. L'ús d'aquesta funció permet la continuïtat formal entre la base i el fust, suprimint la junta que habitualment es produeix entre els dos elements.

El polígon base que genera el fust de la columna correspon a un hexàgon inscrit dins d'un cercle d'1,41 metres de diàmetre, que s'amplia fins als 2,00 metres a la base (*imatge 7.5*).



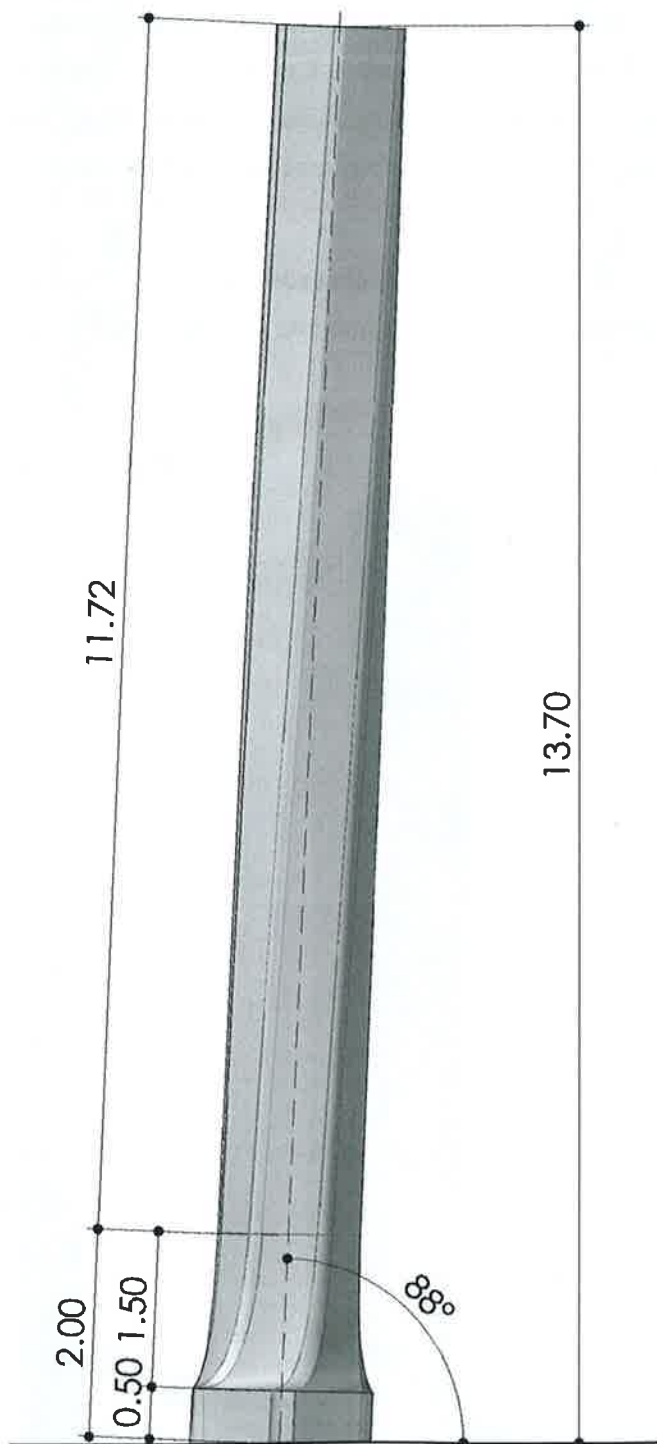
**Imatge 7.4.-** Columna construïda pel gir i escalat d'un polígon al llarg d'un eix.



**Imatge 7.5.-** Seccions clau de la columna.

En principi, la mida d'1,41 metres, que no és una xifra exacta, ens pot semblar estranya, però si ho mirem amb deteniment veurem que està fortament vinculada a la dimensió de 2 metres. La relació entre elles és elemental, ja que els 2 metres corresponen a la diagonal d'un quadrat d'1,41 metres de costat, sistema de proporcions que trobarem en altres peces.

El gir total de la columna és de 60°, que correspon al desplaçament d'un vèrtex en un hexàgon, però no es produeix de forma constant. La meitat del gir es realitza a la base –que suposa menys d'un 15% de l'alçada total del conjunt– mentre que la resta es produeix en el fust.



Imatge 7.6.- Alçat lateral de la columna.



**Base i columna de la nau lateral, de suport de la cantoria (R-013)**



**Imatge 7.7.-** Situació de la columna dins del conjunt.

La columna de la nau lateral segueix la mateixa generació geomètrica que l'anterior, de nau central.

La base es construeix pel gir i escalat d'un polígon regular amb les arestes arrodonides i l'entrega amb el fust és tangent, sense arestes. En el fust de la columna la secció transversal –un quadrat– segueix girant, amb secció constant (*imatges 7.8 a 7.10*).

L'angle total de gir és de 90° i, de nou, segueix el mateix procediment que en la columna de la nau central. L'angle de gir correspon al que es necessita per desplaçar un vèrtex sobre el contigu. El gir tampoc és constant al llarg del conjunt, la meitat succeeix en la base i els 45° restants en el fust (*imatge 7.11*).

En aquest cas, la relació varia entre el quadrat de la base i el fust, que són 1,60 i 0,96 metres respectivament, amb una proporció fust / base de 0,60.



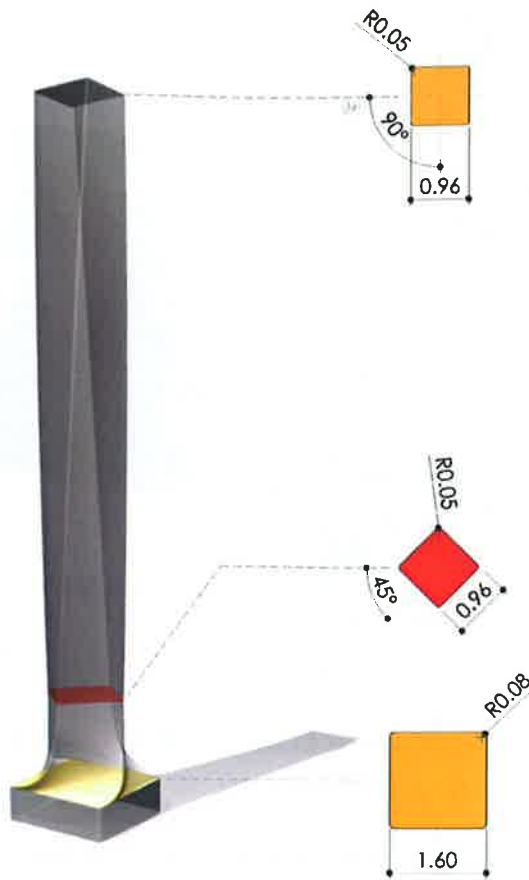
**Imatge 7.8.-** Vista de la maqueta de guix reconstruïda.



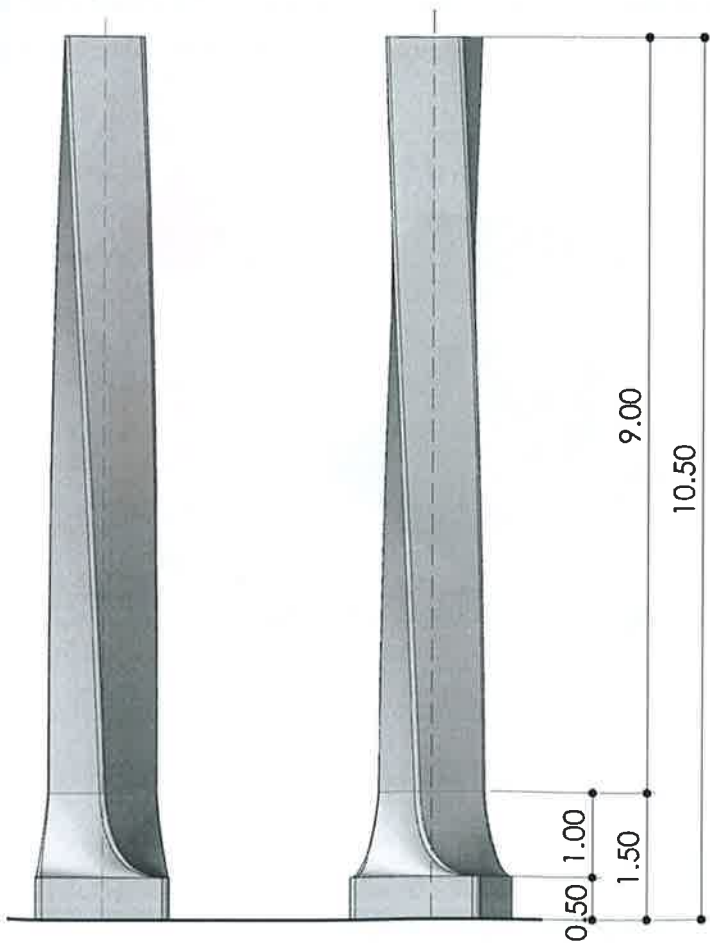
**Imatge 7.9.-** Model tridimensional.



**Imatge 7.10.-** Columna construïda pel gir i escalat d'un polígon al llarg d'un eix.



**Imatge 7.11.-** Seccions clau de la columna.



**Imatge 7.12.-** Alçats de la columna.

Base de la columna de la nau lateral, de suport de la cantoria (R-037)



**Imatge 7.13.-** Situació de la base dins del conjunt. En aquest cas s'indica la posició, encara que no es correspon exactament amb la peça marcada.



**Imatge 7.14.-** Maqueta de guix reconstruïda.



**Imatge 7.15.-** Model tridimensional.

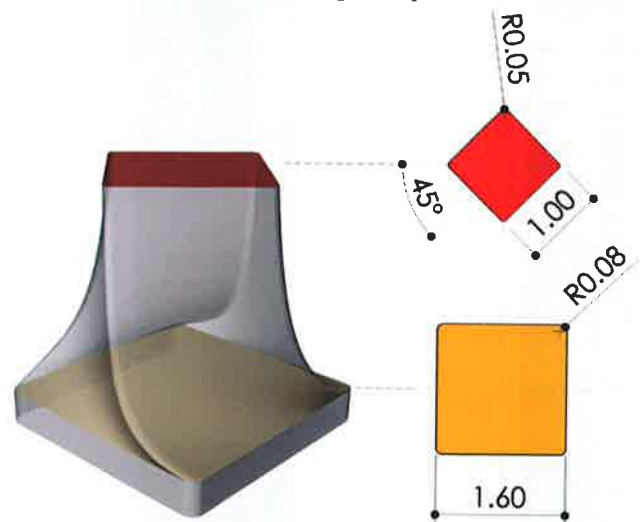
Aquesta base és molt similar a l'anterior (R-013) i també està generada pel gir i escalat d'un polígon (quadrat) al llarg d'un eix (*imatges 7.14 a 7.16*).

En aquest cas també es fa servir un quadrat d'1,60 metres a la base, però ara només es redueix fins a 1,00 metre de costat en la trobada amb el fust. (*imatge 7.17*)

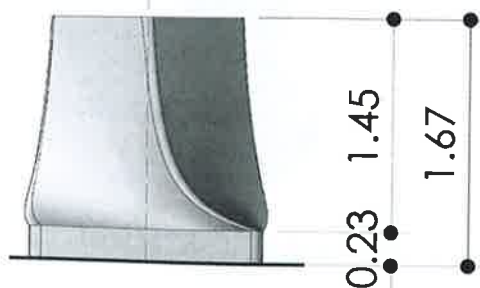
La funció emprada per reduir la secció de la base també és diferent respecte el cas anterior. Tot i que l'element té més alçada que la base R-013, la disminució és més acusada en l'arrencada, que es produeix sobre una base extruïda més baixa (*imatge 7.18*).



**Imatge 7.16.-** Base formada pel gir i escalat d'un polígon al llarg d'un eix.



**Imatge 7.17.-** Seccions clau de la base.



**Imatge 7.18.-** Alçat de la base.

**Característiques comunes de les columnes**

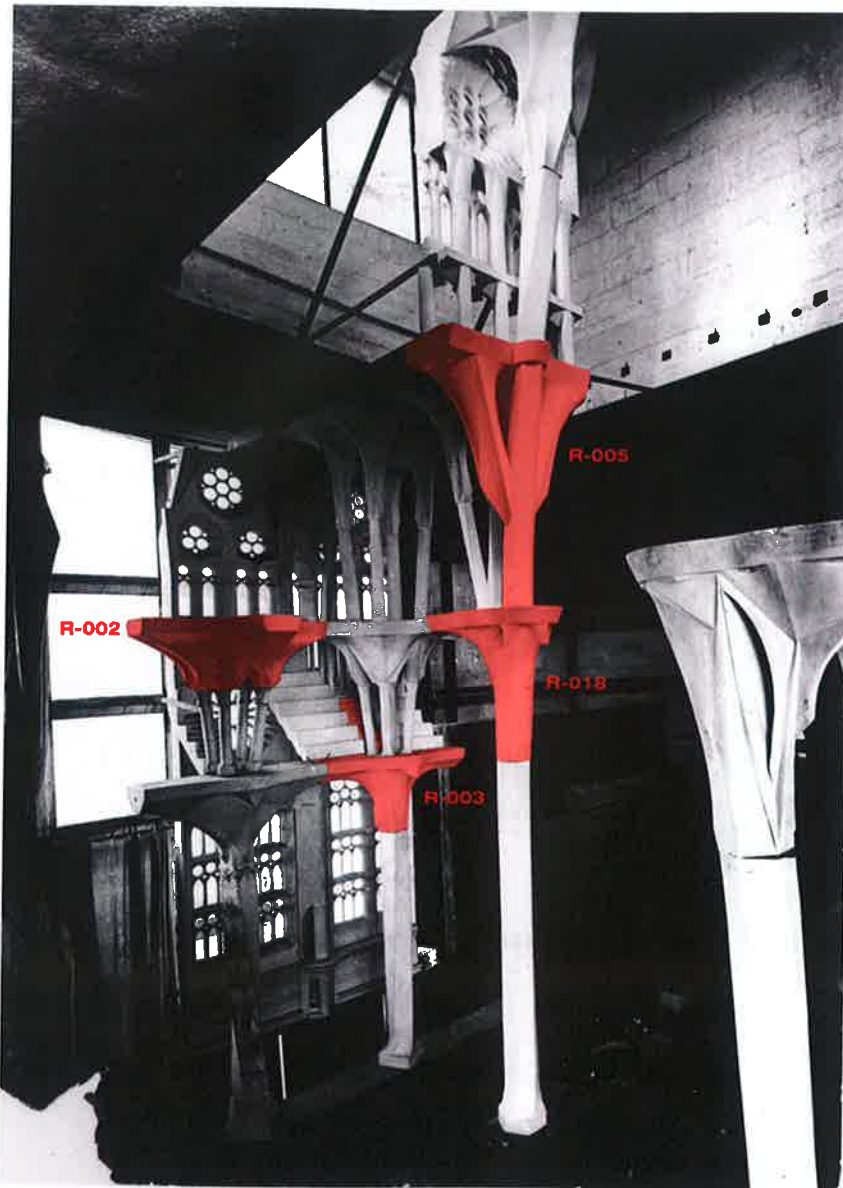
En tots els casos estudiats hem vist que les columnes, i les seves bases, es generen pel mateix procediment de gir i escalat d'un polígon, amb l'única diferència que en les bases es redueix la dimensió de la secció transversal, mentre que en el fust de les columnes hi és constant. En l'execució d'aquestes peces Gaudí diferencia la base del fust (algunes fins i tot físicament, com la peça R-037), però aquesta separació no es porta al terreny conceptual, on en tot moment es busca la continuïtat absoluta que no existia en els estils històrics precedents, que tendien a diferenciar les dues peces.

### 7.1.2. Capitells

En aquest apartat s'estudien les diferent estratègies que Gaudí planteja en el disseny dels capitells de les naus del temple.

S'analitzen els següents models de capitells:

- Capitells de la nau central:
  - Capitell situat a la cota +20 metres (R-017) / (R-016)
  - Capitell situat a la cota +20 metres (R-018)
  - Ramificació de la nau central (+30 metres) (R-005)
  
- Capitells de la nau lateral:
  - Intercolumni de la cantoria (+14m) (R-001)
  - Intercolumni de la cantoria (+14m) (R-003)
  - Capitell a cota +20m, sobre cantoria (R-002)



Imatge 7.19.- Situació dels capitells dins del conjunt.

## CAPITELLS DE LA NAU CENTRAL SITUATS A LA COTA +20m



**Imatge 7.20.-** Situació dels capitells de la nau central dins del conjunt. En la imatge s'assenyala el model R-018. Les variants R-016 i 017 van en la mateixa posició.

Els capitells estaven situats en el primer nivell de la nau central, per sobre del nivell inferior de les cantories de la nau lateral. Aquestes capitells, junt amb els de la nau lateral del mateix nivell, formaven una plataforma de traves que es connectava amb la façana lateral una mica per sobre del nivell superior de la graderia dels cantaires.

Els capitells estudiats són:

- Capitell de nau central a cota +20m: (R-017)
- Capitell de nau central a cota +20m: (R-018)

Capitell de la nau central situat a la cota +20m (R-017)



**Imatge 7.21.-** Maqueta de guix reconstruïda.



**Imatge 7.22.-** Model tridimensional.

Gaudí va fer servir en els capitells una estratègia geomètrica derivada de les columnes, i va realitzar unes peces a partir d'un esquelet, format pel gir i escalat de polígons. En aquest cas, a diferència de les columnes, la complexitat d'aquestes peces no li permet obtenir la pell exterior en un sol procés —on el gir del polígon és alhora l'esquelet i la superfície exterior— i es limitarà a col·locar unes superfícies reglades a sobre dels vèrtex dels polígons base, que es situen a unes alçades determinades sobre l'eix (*imatge 7.23*).

En tots els casos, però, Gaudí situa les superfícies sobre l'esquelet, on les generatrius que les formen neixen de la unió de vèrtexs significatius que formen els polígons de control.



**Imatge 7.23.-** Capitell R-017. Les superfícies d'acabat es situen a sobre dels vèrtexs del polígon base.

A partir de l'anàlisi geomètric del capitell, podem diferenciar dues zones (*imatge 7.24*):

- La zona posterior, agrupada sobre l'eix de la columna.
- La zona frontal, que connecta amb el nivell intermedi de trava, a cota +20m.

Des d'un punt de vista geomètric, la zona posterior és la més interessant. L'estructura d'aquesta zona s'organitza al voltant de l'eix, sobre el qual es col·loquen uns polígons regulars a unes alçades concretes. El polígon base és l'hexàgon, que correspon a la secció de la columna inferior. A partir d'aquí la resta són girs i escalats d'aquesta figura, tal i com es mostra en les imatges adjuntes 7.25 i 7.26.

La relació dimensional entre polígons no és casual i en la majoria de casos corresponen a hexàgons circumscrits. La seva posició respecte l'eix és més arbitrària, però fins i tot en alguns casos, Gaudí fixa patrons que determinen la posició d'alguns d'ells. Així, en el cas del polígon 7, la seva posició i dimensió està determinada per l'encreuament de les línies que uneixen els vèrtexs dels polígons base i 6 (vegeu imatges adjuntes).

Una altra de les operacions que Gaudí realitza amb els polígons és l'augment del nombre de cares. En aquest capitell, la part inferior té sis vèrtexs, mentre que la superior en té dotze (malgrat que no els veiem tots perquè alguns estan embeguts dins la part frontal de la peça). El doblat de vèrtexs es fa a través d'una operació molt senzilla, que consisteix a girar el polígon original fins a fer-lo coincidir amb el centre de l'aresta. A partir d'aquí es pot crear el nou polígon si s'uneixen els vèrtexs de l'original i el girat. Aquesta idea de doblar el nombre de vèrtexs d'un polígon la tornarem a trobar en la darrera versió de les naus, tot i que Gaudí la generarà d'una altra forma, tal i com veurem en el capítol 8.

La zona frontal és més simple i està formada per l'extensió que connecta amb els capitells de la nau lateral de la mateixa cota. Aquesta trobada és més estreta que la zona que envolta la columna, i la seva amplada queda determinada per l'alineació dels vèrtexs del polígon superior amb un hexàgon circumscrit (segons les figures adjuntes). El remat lateral d'aquesta zona segueix els voladissos de la part posterior, on els seus vèrtexs vénen determinats pels polígons de control interns.

Aquesta zona es completa amb un nervi en diagonal, que es forma amb paraboloides delimitats dins les línies que uneixen punts claus dels polígons de l'esquelet.

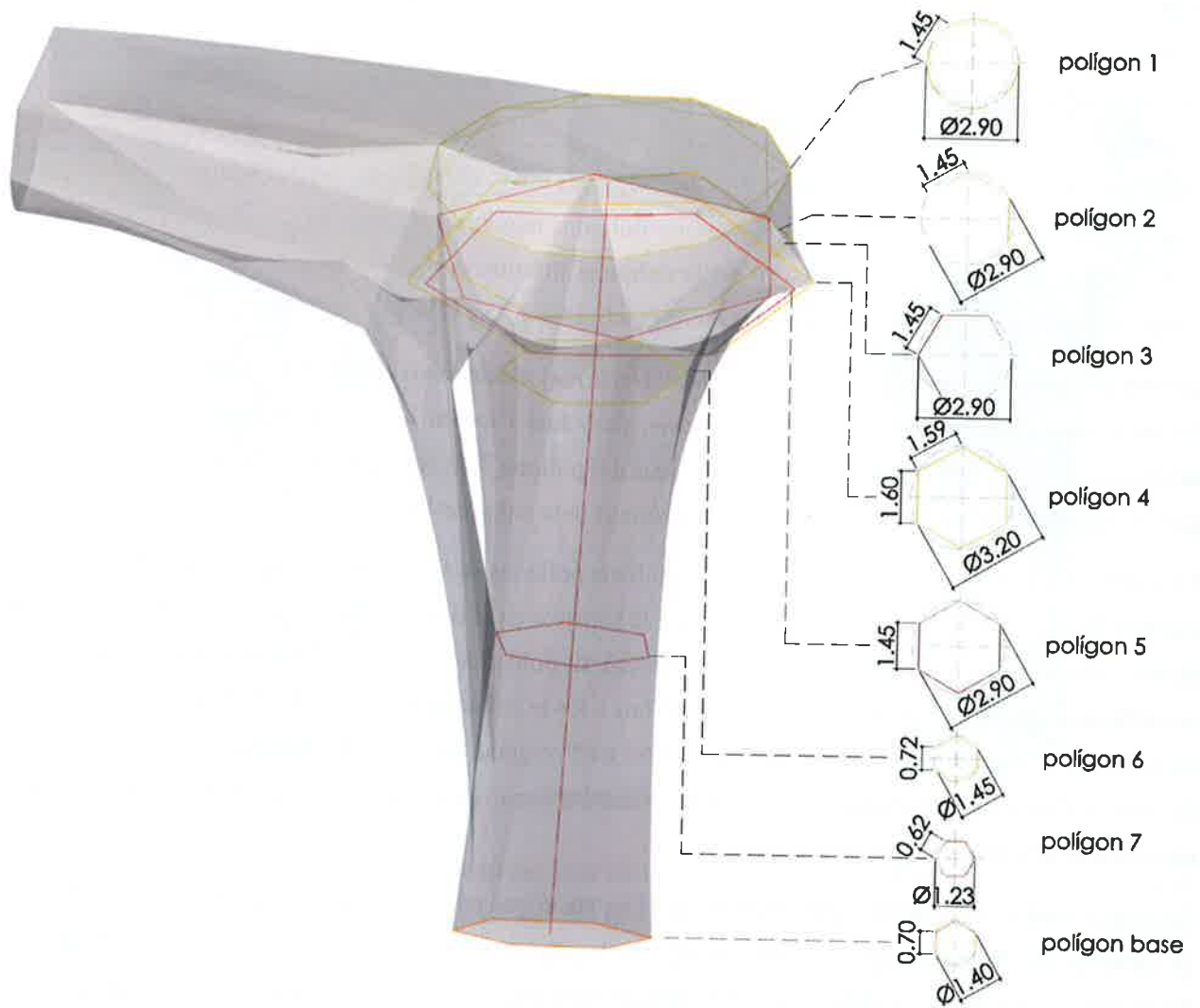
Gaudí va realitzar una variant molt similar d'aquest capitell, la peça R-016, que només es diferencia en la zona superior desenvolupada al voltant de l'eix, on substitueix el polígon de dotze costats pel cercle circumscrit que el conté.

**Imatge 7.24.-** Zones del capitell:

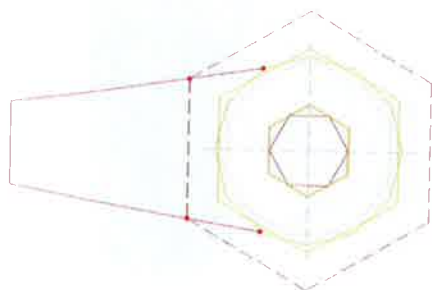
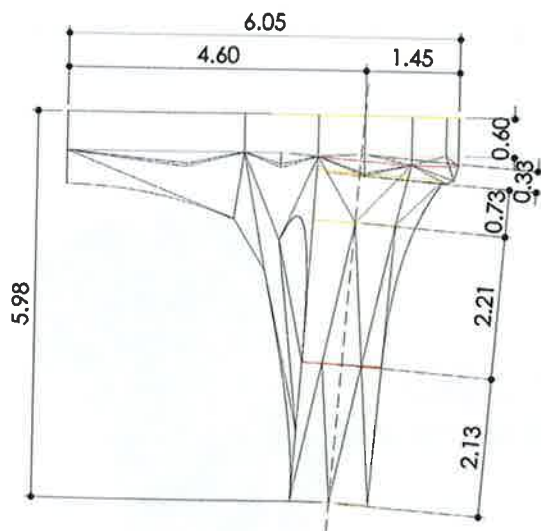
- Zona posterior (en blau), amb zona de transició (blau clar).
- Zona frontal (en groc).



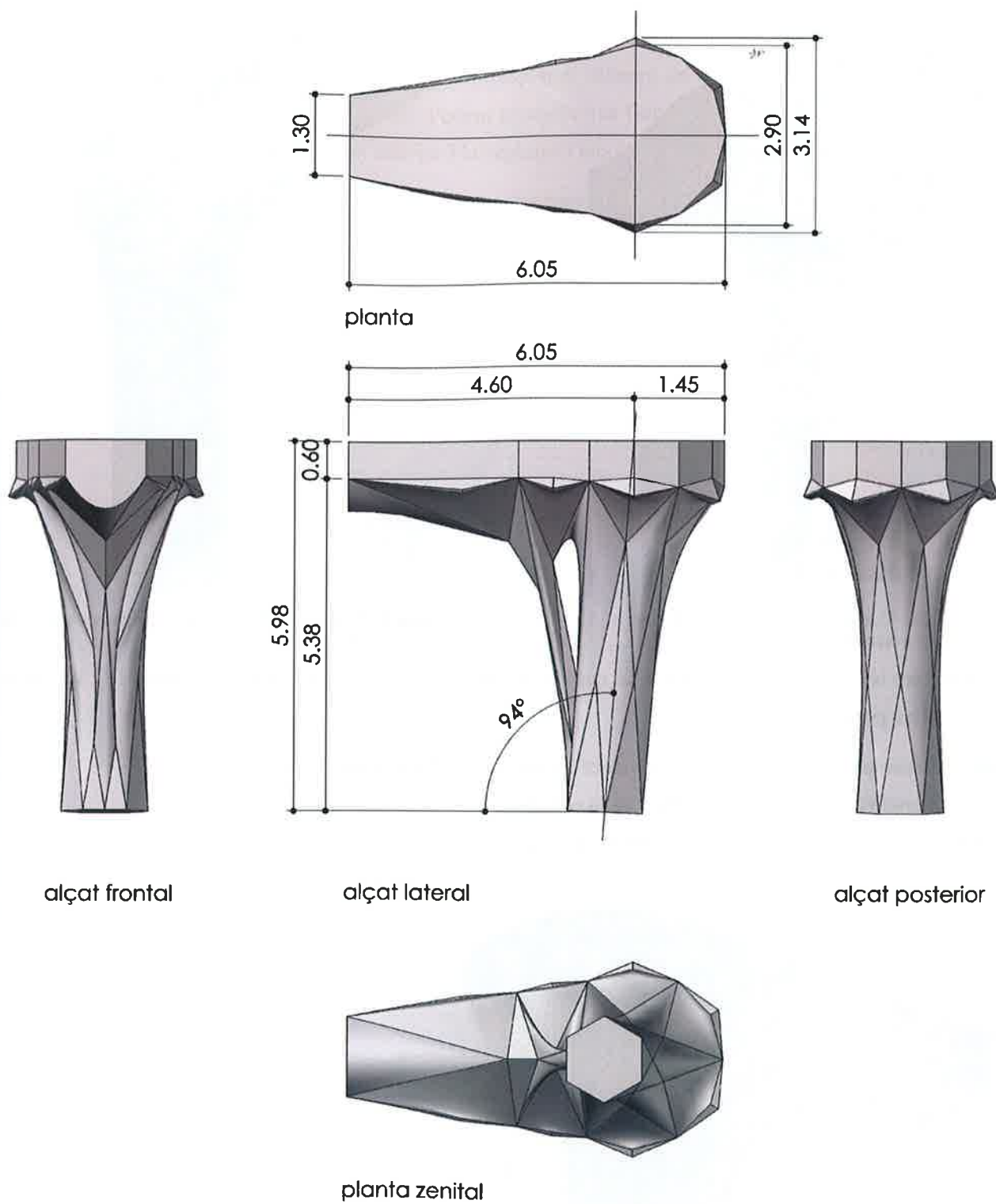




Imatge 7.25.- Situació dels polígons base de l'esquelet.



Imatge 7.26.- Situació dels polígons i definició dels límits de la zona frontal.



Imatge 7.27.- Planta i alçats del capítell de la nau central, a cota +20m (R-017).

Capitell de la nau central situat a la cota +20m (R-018)



**Imatge 7.28.-** Capitell R-018. Vista posterior.  
Peça original restaurada.



**Imatge 7.29.-** Capitell R-018. Vista de la zona frontal.  
Model tridimensional.

Aquesta peça té una estructura similar a les que s'han comentat en el punt anterior (R-016 i R-017), i es situa en la mateixa posició dins les naus.

Com en l'exemple anterior, la peça es divideix en dues zones diferenciades (*imatge 7.30*):

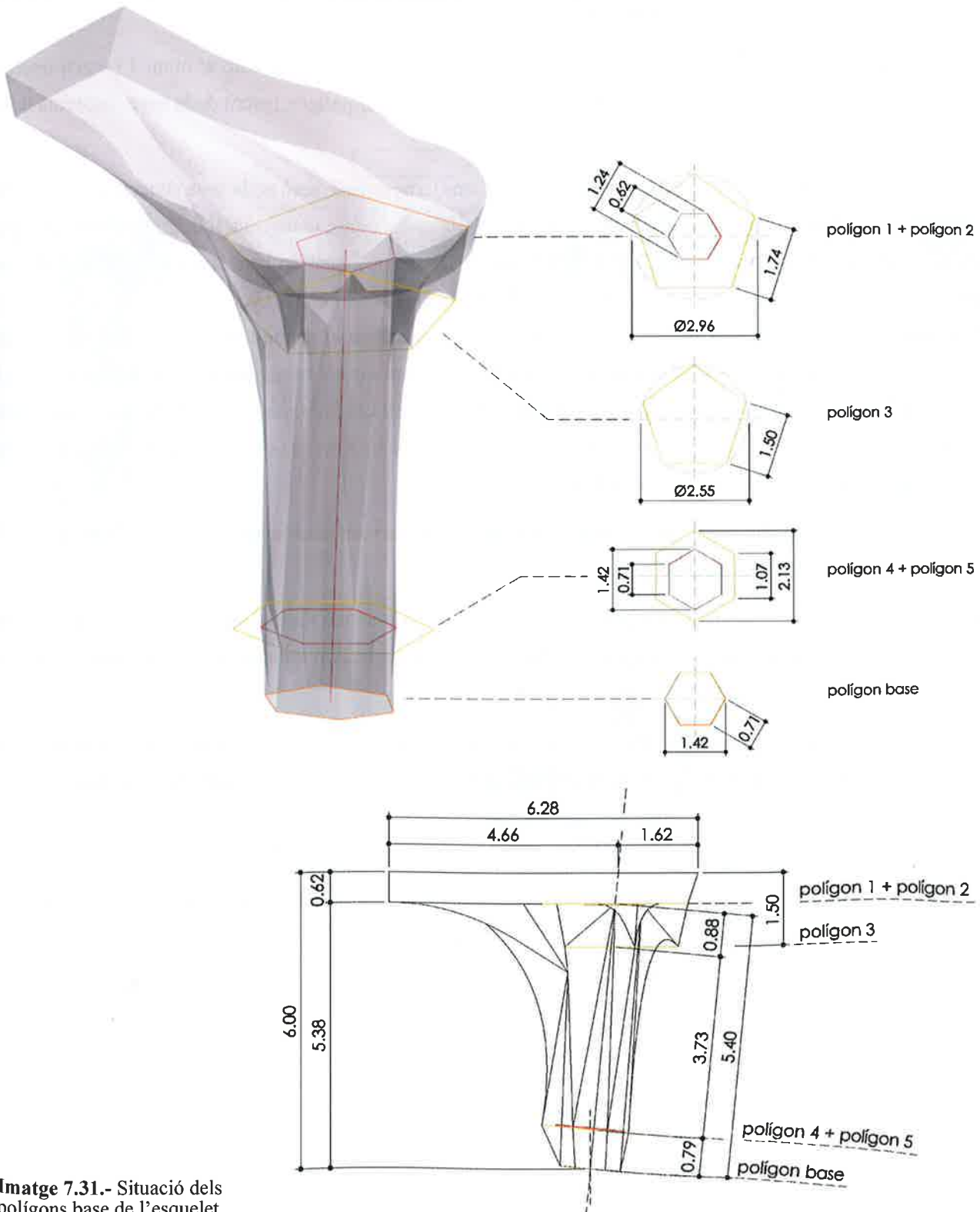
- La zona posterior, agrupada sobre l'eix de la columna.
- La zona frontal, que connecta amb el nivell intermedi de trava.



**Imatge 7.30.-** Zones del capitell:  
- Zona posterior (en blau), amb zona de transició (blau clar).  
- Zona frontal (en groc).

La zona més interessant, des d'un punt de vista geomètric, torna a ser la posterior. Aquesta zona està definida per la còpia, gir i escalat d'un polígon base (*imatge 7.31*), que correspon a la secció de la columna (hexàgon). A diferència de la peça anterior, però, en aquesta incorpora un altre polígon (pentàgon) en les seccions superiors del capitell. Aquesta nova figura no és casual i correspon al número de cares de la columna superior, que s'inicia sobre la plataforma d'aquest capitell. Podem entendre que Gaudí busca una transició gradual entre el diferent número de cares de la columna inferior i la superior i incorpora el canvi dins del propi capitell.

La disposició de polígons al llarg de l'eix es mostra en les imatges adjuntes.



Imatge 7.31.- Situació dels polígons base de l'esquelet.

Si observem la relació entre els polígons veiem que aquests estableixen unes relacions, tal i com es mostra a la imatge núm. 7.31

El fust del capitell s'estructura sobre dos hexàgons principals.

El primer polígon és el de la base, que té 0,71 metres de costat. Aquesta dimensió no correspon a un número exacte, però això no és un error, ni tampoc és un valor casual, sinó que ve derivat de la columna que el suporta. Ja havíem vist, en la columna, la relació existent entre la dimensió de la seva base i la del seu polígon superior, que estaven fixats per un regla d'inscripció de quadrats. Per tant, la base del capitell segueix el mateix patró i se situa dins d'aquesta sèrie de quadrats inscrits: 2,00 / 1,41 / 1,00 / 0,71/...

L'altre polígon és el superior del fust (no de tot el capitell), que hem designat amb el núm. 1 (vegeu imatge adjunta 7.31). La seva mida és de 0,62 metres de costat i correspon al polígon inscrit de la base, que tenia 0,71 m.

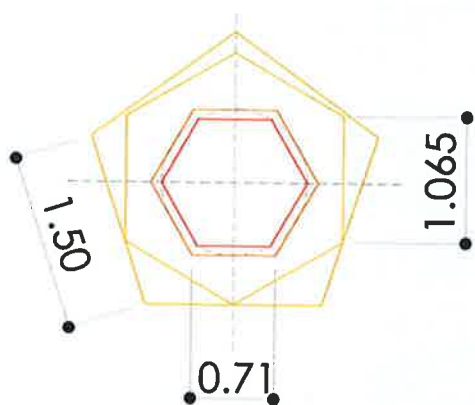
Fins el moment hem descrit la dimensió d'aquestes seccions transversals, però no la seva situació en alçada. Si ens fixem en l'alçat on indiquem els polígons veurem que l'entaulament té un cantell de 0,62 metres i no pas els 0,60 del capitell anterior. En el polígon núm. 3, que té 1,50 m de costat, trobem la mateixa disposició, i es situa a la mateixa mida respecte la cara superior de l'entaulament (imatge 7.31).

L'arquitecte no és tan estricte en la resta de polígons que defineixen el capitell, tot i que hi manté algunes relacions. Gaudí decora el fust amb uns petits voladissos, disposant els hexàgons 4 i 5. L'hexàgon 4 és el mateix de la base, girat i elevat segons l'eix vertical, que en aquest cas no segueix l'eix de la columna (aquest detall es pot observar a la figura 7.31, on es veu com els polígons 4 i 5 no son concèntrics). L'hexàgon 5 és la mateixa figura que l'anterior, però escalada per 1,5.

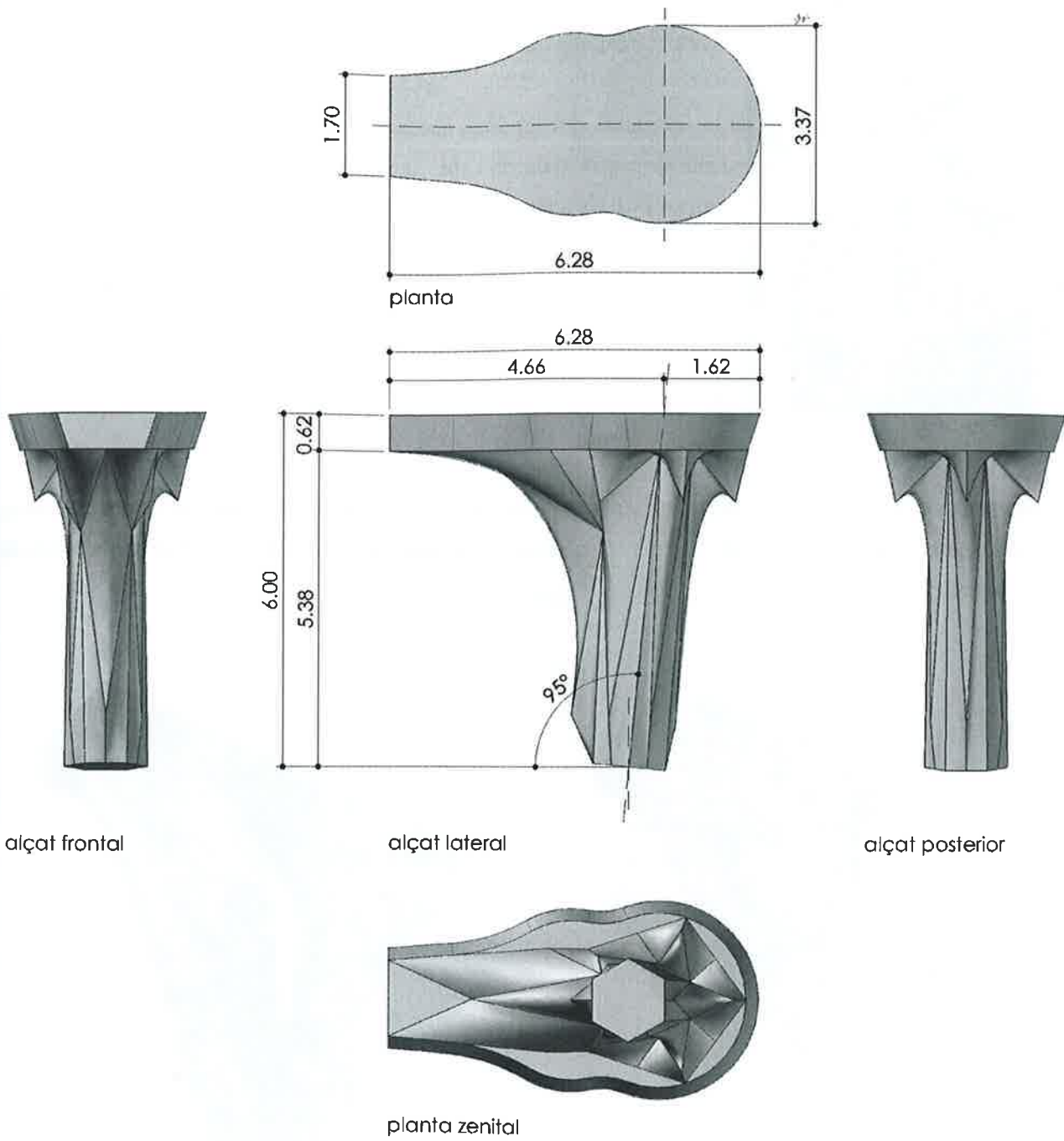
El fust es completarà amb l'ornamentació superior, formada per uns paraboloides disposats a mode de "punxes" que es recolzen sobre els pentàgons 2 i 3.

Per fer la transició entre diferents polígons, Gaudí vol seguir la mateixa lògica que ha emprat en les figures anteriors i intenta inscriure el pentàgon dins de l'hexàgon, en una operació impossible, de poc rigor geomètric (imatge 7.32).

La zona frontal, tal i com succeïa amb la peça anterior, és més simple, i es limita a la connexió amb la plataforma de trava. En aquest cas també crea uns punts clau on disposarà els vèrtexs de les superfícies d'acabat.



**Imatge 7.32.-** Superposició de polígons i intent de inscriure un hexàgon dins d'un pentàgon.



Imatge 7.33.- Planta i alçats del capitell de la nau central, a cota +20m (R-018).

CAPITELL DE NAU CENTRAL SITUAT A 30m D'ALÇADA (R-005)



**Imatge 7.34.-** Situació del capitell dins del conjunt.

En aquest nivell, que es troba per sobre dels capitells de 20 metres, Gaudí bifurca la columna, alhora que manté la central, i creua un entaulament de 7,50 metres d'amplada que tanca les voltes de 30 metres per la banda de la nau central.



**Imatge 7.35.-** Capitell de la nau central a cota +30m (R-005).  
Peça original restaurada.



**Imatge 7.36.-** Capitell de la nau central a cota +30m (R-005).  
Model tridimensional.

Sobre aquest element col·loca el finestral de la nau central i la columna de les voltes superiors, en aquest cas amb continuïtat del fust central (*imatge 7.34*).

L'arquitecte fa una excepció en la columna d'aquest element i no aplica el principi de gir simple. Aquest tram, a diferència dels altres, té una bifurcació a mitja alçada que parteix directament del fust, sense coincidir amb cap plataforma de travesa (*imatges 7.35 i 7.36*).

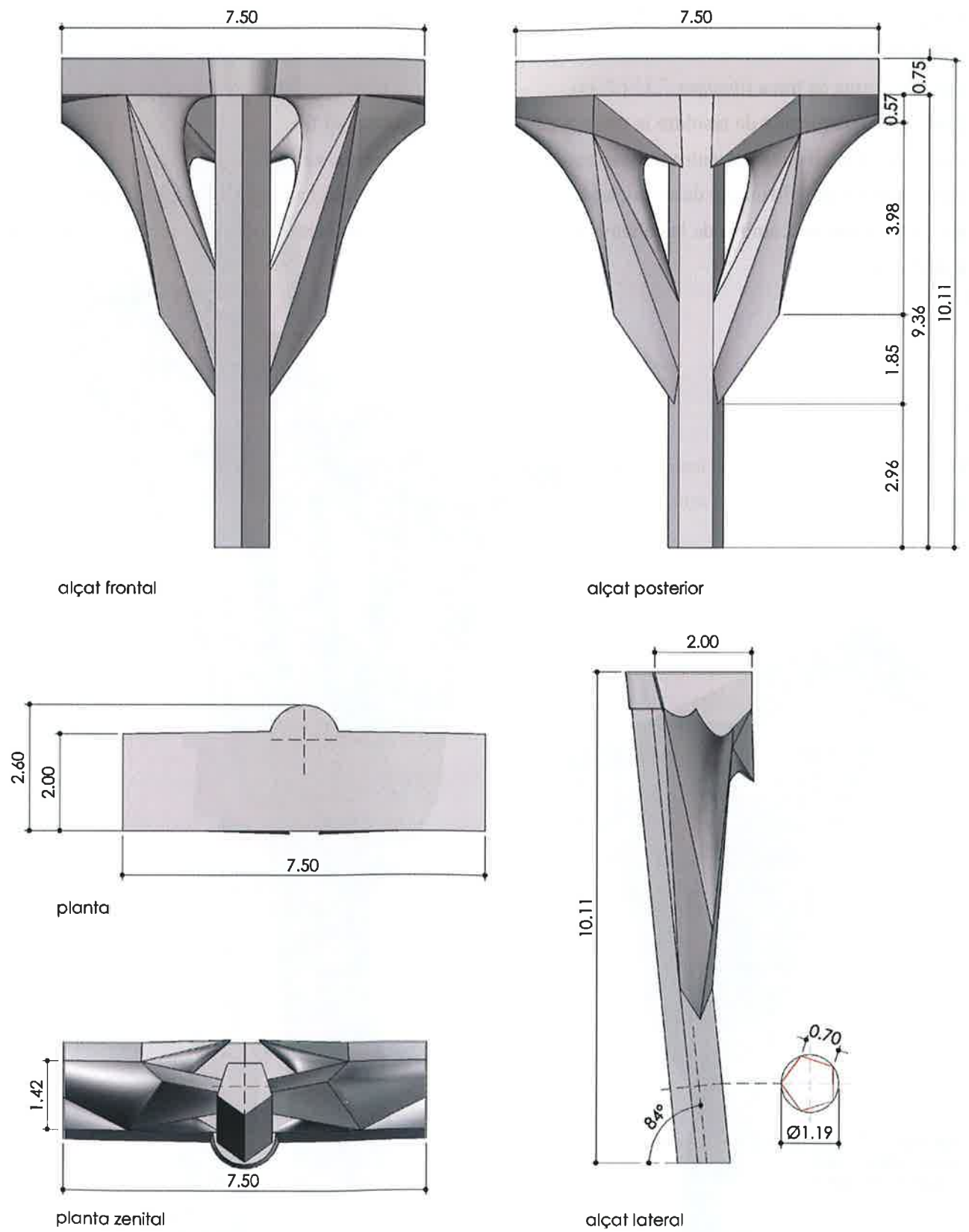
Degut a la complexitat de resoldre la trobada entre els tres elements –el fust central i les bifurcacions– hom suposa que Gaudí evita una entrega complicada i decideix dissenyar una columna basada en l'extrusió simple d'un pentàgon de 0,70 metres de costat, mida molt propera als 0,71 metres habituals. En aquest cas la dimensió del costat coincideix amb la de la columna inferior, però amb un costat menys, perquè es passa d'un hexàgon a un pentàgon.



**Imatge 7.37.-** Capitell de la nau central a cota +30m (R-005). Seccions bàsiques.

Les columnes laterals també es construeixen a partir d'un pentàgon, i els seus vèrtexs serveixen de punts de pas de les superfícies reglades d'acabat. El nou pentàgon intersecta contra una de les cares del fust extrudit i Gaudí va imposar la condició de tangència de les arestes posteriors, fent coincidir el vèrtex oposat sobre l'aresta del fust principal, tal i com es mostra a la imatge adjunta 7.37 .





Imatge 7.38.- Planta i alçats del capítell de la nau central, a cota +30m (R-005).

## CAPITELLS DE LA NAU LATERAL.

## INTERCOMUNI DE LA CANTORIA (Situats a 14m d'alçada)



**Imatge 7.39.-** Situació de l'intercolumni de la cantoria (nau lateral) dins del conjunt. En la imatge s'assenyala el model R-003. La variant R-001 va en la mateixa posició.

Aquests capitells estaven situats en el primer nivell de la nau lateral i formen la cota inferior de la cantoria (*imatge 7.39*).

El model conjuga particularitats que fins ara hem analitzat per separat; per una banda, la generació d'un esquelet interior mitjançant gir i escalat d'un polígon base –com en els capitells de nau lateral de 20 metres– i, per l'altra, la formació d'un entaulament que ocupa l'ample total de l'intercolumni –7,50 metres–, tal i com succeïa en el capitell de 30 metres de la nau central.

La peça incorpora l'escala entre grades, que es completa amb la peça de contrafort situada entre els finestrals de la nau lateral.

Els capitells estudiats són:

- Capitell de nau lateral - intercolumni de la cantoria (R-001)
- Capitell de nau lateral - intercolumni de la cantoria (R-003)

**Capitell de la nau lateral - intercolumni de la cantoria (R-001)**

A l'inici d'aquest apartat, que es dedica a l'intercolumni, s'especifica que Gaudí genera part del capitell pel gir i escalat d'un polígon base, com en les peces que hem vist fins ara.

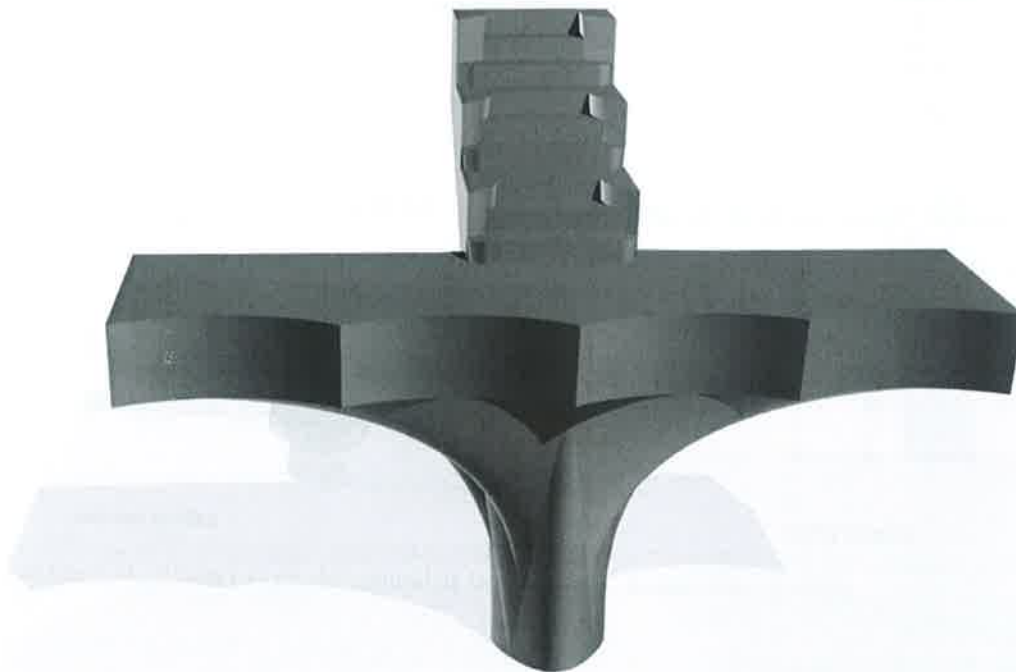
Aquesta peça (R-001), però, presenta una particularitat, i és que Gaudí no parteix estrictament d'un polígon regular.

L'arquitecte comença amb la secció de base de la columna, que en aquest cas és de forma sensiblement triangular i correspon a tres paràboles tangents.

A la base en contacte amb la columna, aquestes es circumscriuen a un triangle equilàter d'1,00 metre de costat, i alhora són les paràboles principals dels paraboloides del fust (*imatge 7.42*).

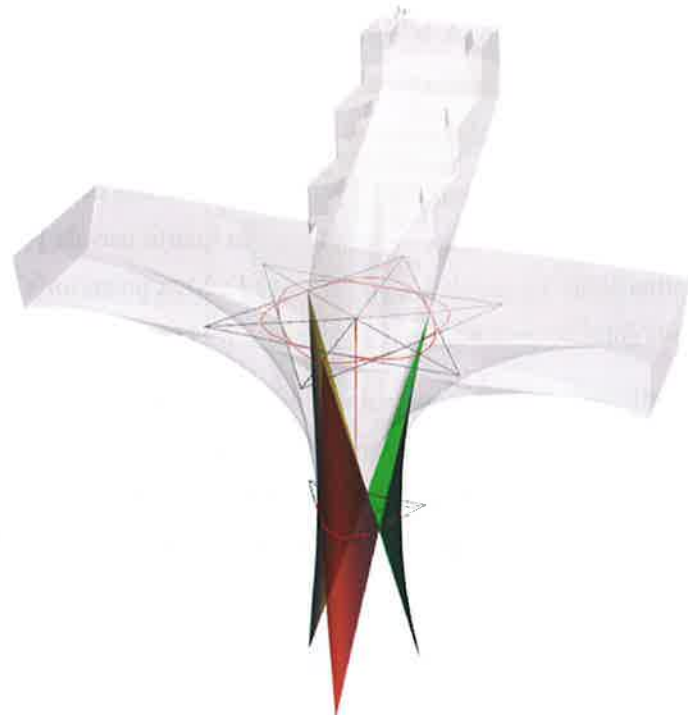
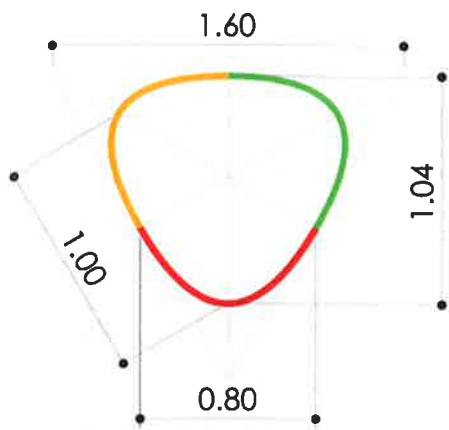


**Imatge 7.40.-** Intercolumni de la cantoria (R-001).  
Peça original restaurada.



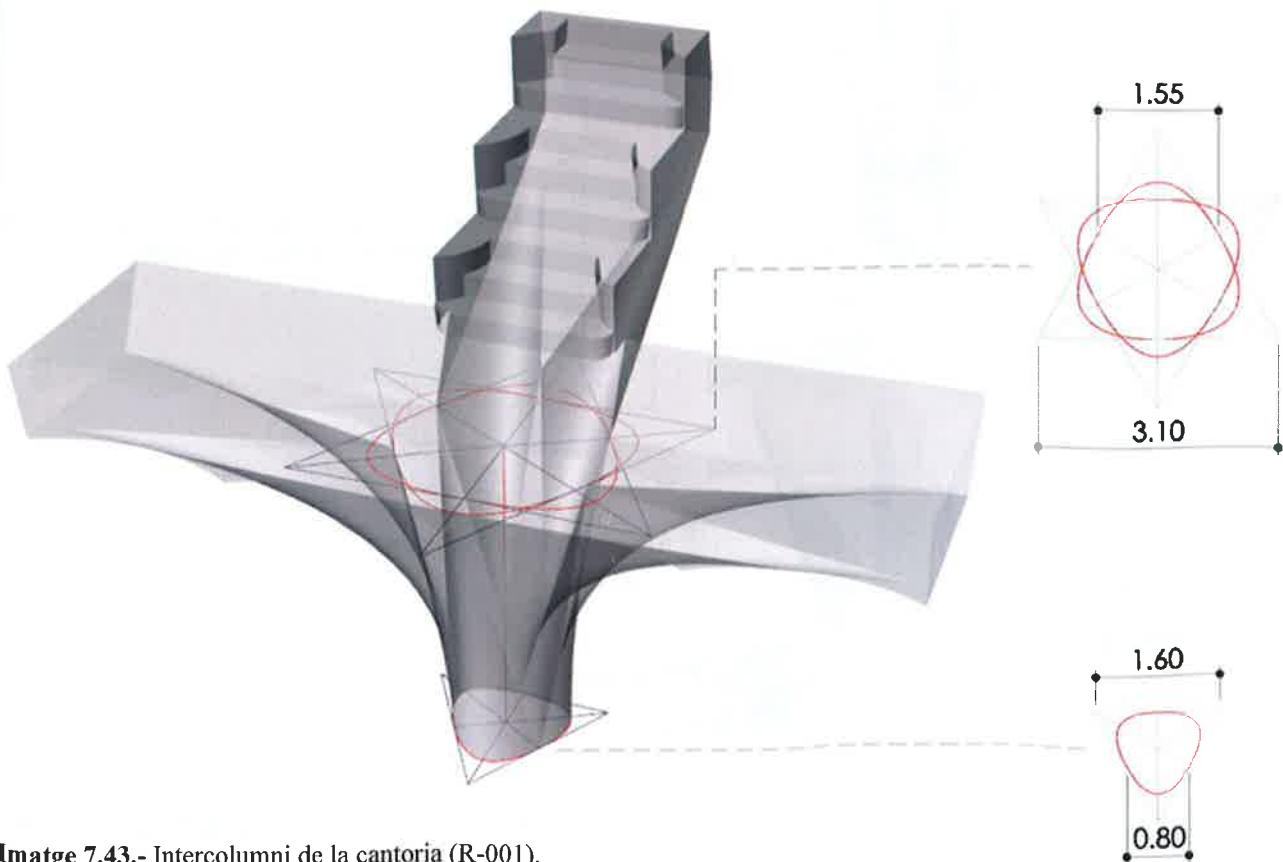
**Imatge 7.41.-** Intercolumni de la cantoria (R-001).  
Model tridimensional.

A través d'aquesta operació, que aprofita les mateixes paràboles per generar el fust i els paraboloides que abracen l'entaulament per la seva cara inferior, Gaudí assegura la continuïtat entre les dues peces. Per tant, veiem que Gaudí manté el concepte de continuïtat que també teníem entre les columnes i la seva base, però a través d'un altre procediment.



**Imatge 7.42.-** Intercolumni de la cantoria (R-001). Secció transversal de la base, formada per les tres paràboles principals dels paraboloides del fust.

Aquesta secció, formada per les tres paràboles tangents, passa a convertir-se en triangles de 3,10 metres de costat just a sota de la plataforma de la cantoria, i marquen els punts de pas de les superfícies d'acabat del fust i dels voladissos que suporten l'entaulament. Aquest triangle té una distància entre tangències de les paràboles d'1,55 metres, que és l'amplada de l'escala posterior (imatge 7.43).



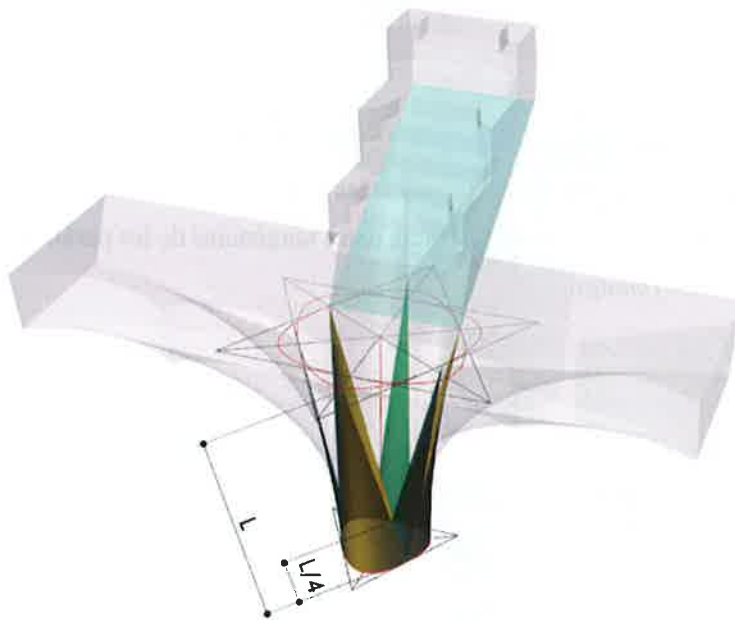
**Imatge 7.43.-** Intercolumni de la cantoria (R-001). Situació de les seccions claus de l'esquelet.

La zona més interessant, des d'un punt de vista geomètric, és el fust del capitell, que Gaudí elabora a partir de dos plans amb uns punts de pas clau.

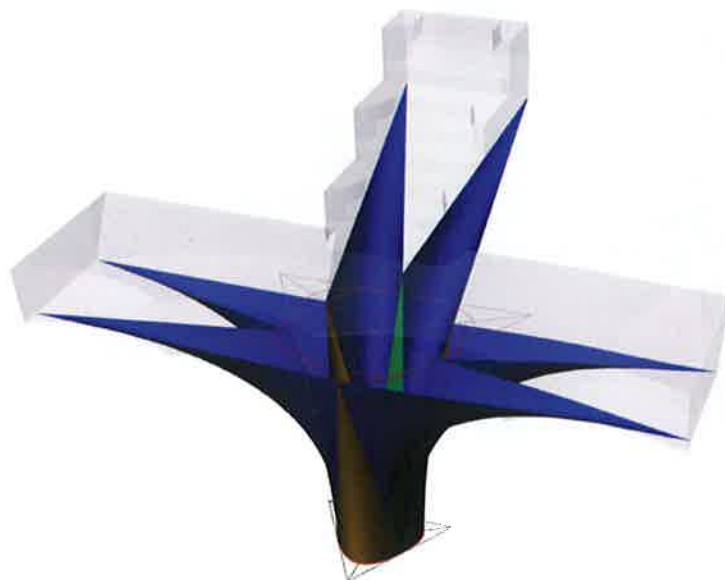
La secció inferior, com ja s'ha comentat, és l'arrencada dels paraboloides del fust, assenyalats en groc a la imatge adjunta 7.44. A la part superior els vèrtexs dels paraboloides es situen en les tangències de les tres paràboles, girades 180° i escalades, a excepció de la paràbola frontal, que va a parar al mig de la seva còpia superior, també escalada.

A partir d'aquests paraboloides, Gaudí en situa uns de més petits, intermedis. El punt inferior és la tangència entre paràboles, els mitjos es situen a una quarta part de l'aresta dels primers paraboloides, i el punt superior es situa sobre les paràboles escalades. El vèrtex posterior s'eleva del pla fins que troba el pla inclinat del sota escala (marcat amb blau clar a la imatge 7.44).

A partir dels punts situats sobre l'aresta dels primers paraboloides, i els del pla superior –format pels dos polígons girats i escalats–, Gaudí situa quatre paraboloides més, a mode de voladís, per sustentar la plataforma de cantoria, que ocupa tot l'intercolumni. L'arquitecte repeteix la mateixa operació amb dos paraboloides més, per sustentar l'escala posterior entre grades. Aquests paraboloides en voladís s'indiquen en blau a la imatge 7.45.

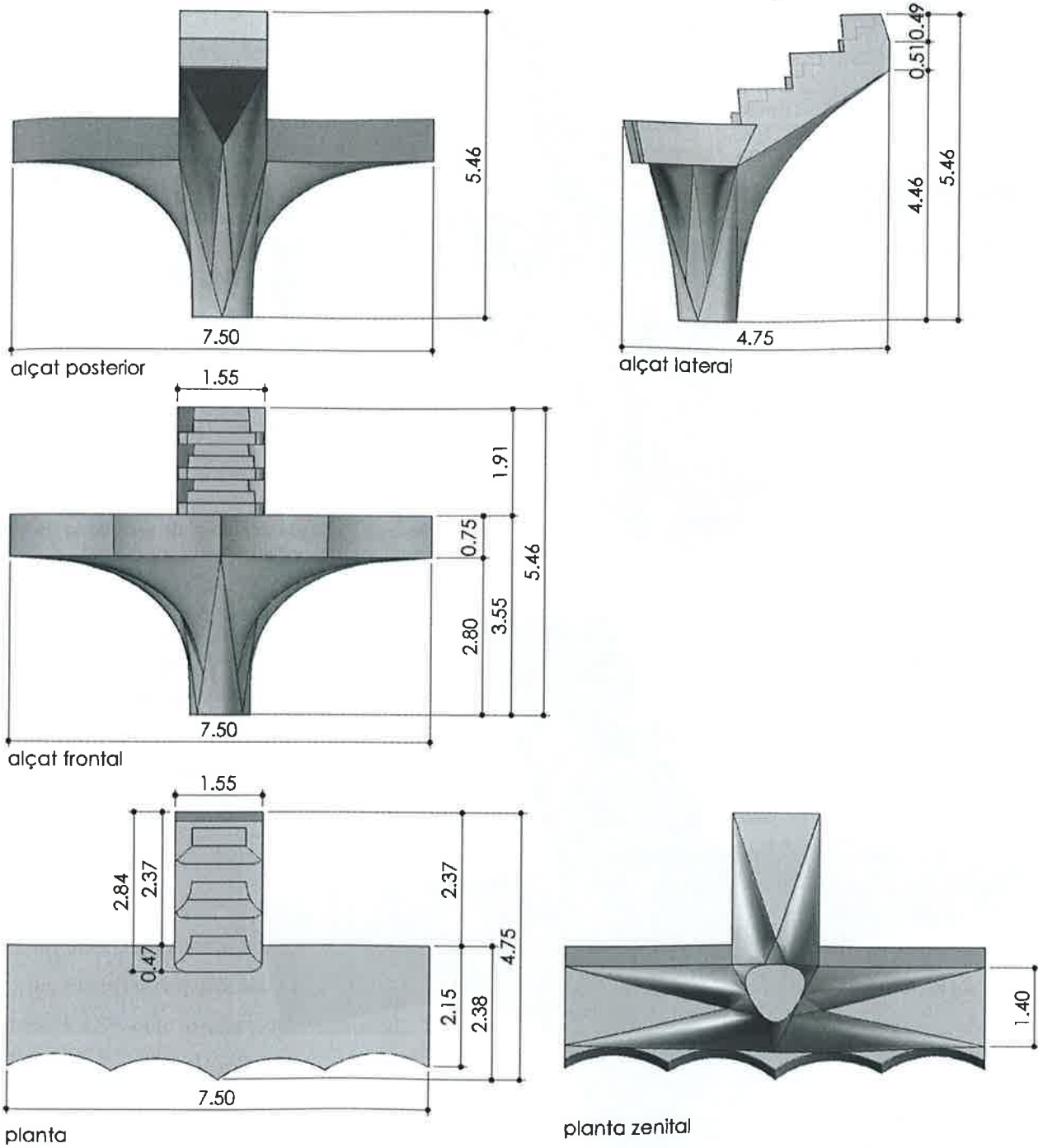


**Imatge 7.44.-** Intercolumni de la cantoria (R-001). Punts de pas dels vèrtexs dels paraboloides del fust.



**Imatge 7.45.-** Intercolumni de la cantoria (R-001). Paraboloides del fust (en groc i verd) i paraboloides del voladís (blau).

A continuació es mostren les plantes i alçats acotats d'aquest element.



Imatge 7.46.- Planta i alçats de l'intercolumni de la cantoria (R-001).

Capitell de la nau lateral - intercolumni de la cantoria (R-003)

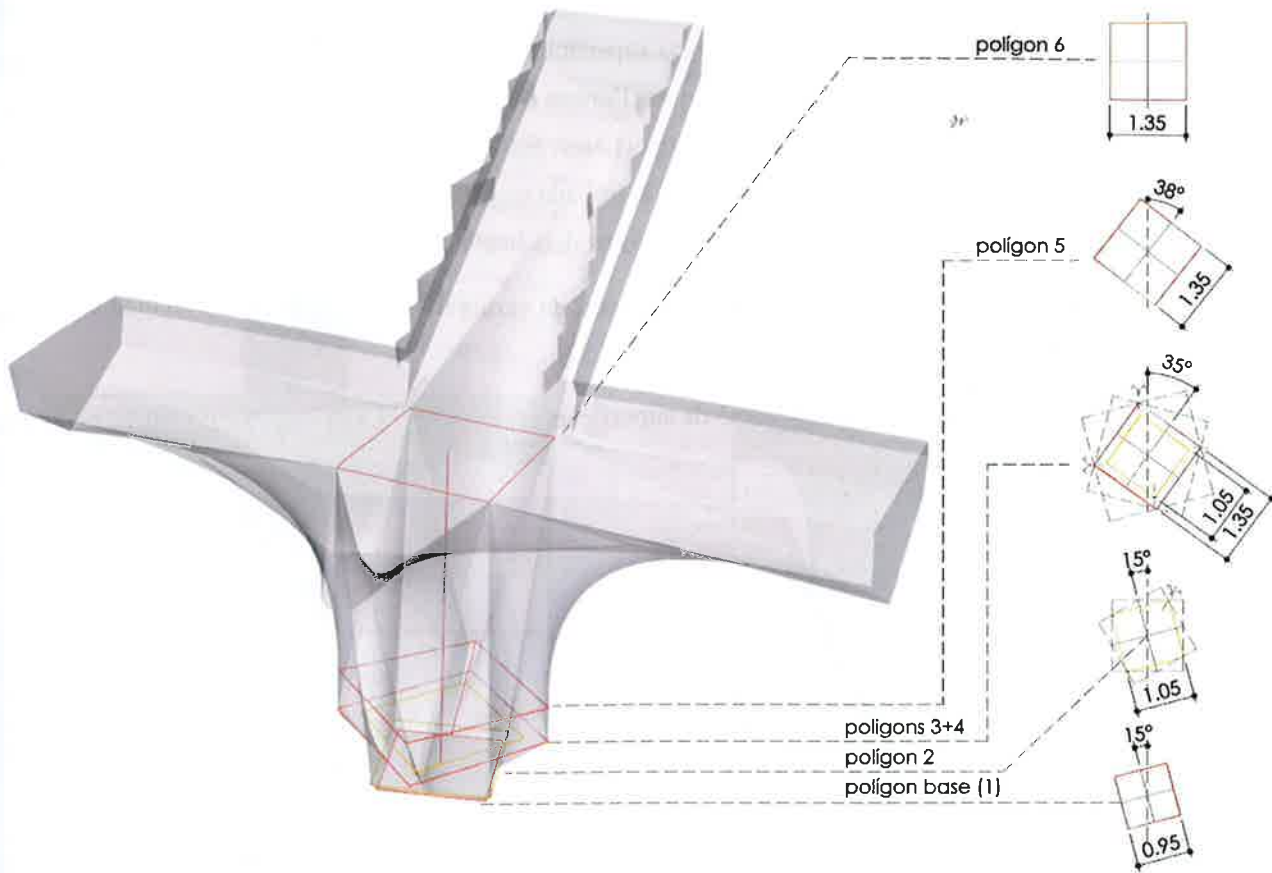


**Imatge 7.47.-** Intercolumni de la cantoria (R-003). Peça original restaurada.



**Imatge 7.48.-** Intercolumni de la cantoria (R-003). Model tridimensional.

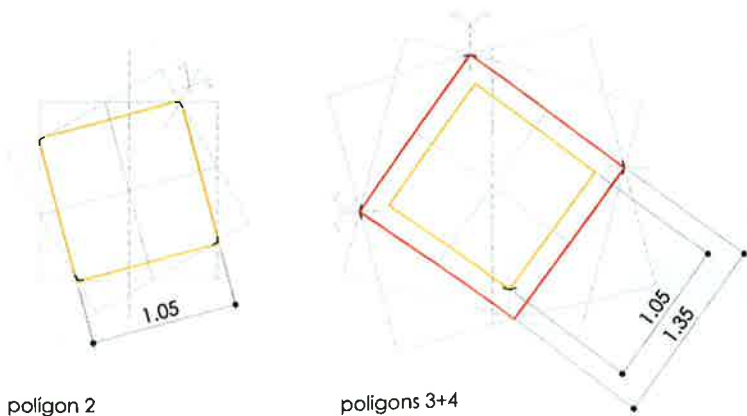
L'esquelet d'aquest capitell és més simple que l'anterior, i com ocorre en els capitells de la nau central, està format directament per la còpia gir i escalat d'un polígon regular, que en aquest cas és un quadrat. En aquest capitell, però, introdueix una novetat en la pell, que no havíem vist fins ara: els bisells. Gaudí genera l'esquelet a través de polígons, però la unió dels seus vèrtexs no donarà directament com a resultat les generatrius que formen la pell, sinó que hi intercalarà uns petits plans triangulars que remarquen les superfícies reglades (paraboloides).



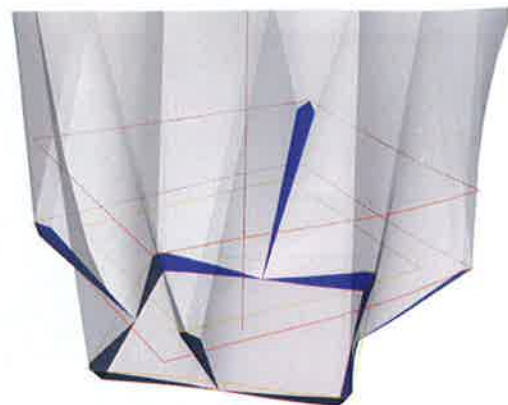
**Imatge 7.49.-** Intercolumni de la cantoria (R-003).  
Disposició dels polígons base.

L'esquelet està format per un quadrat de 0,95 metres de costat –que és la secció de la columna– i es completa amb quadrats d'1,05 i 1,35 metres, disposats com es mostra a la figura anterior 7.49. Amb el polígon 2, d'1,05 metres, construeix els bisells de la base. Fa servir un quadrat de la mateixa mida per fer el voladís frontal del fust i l'amplia fins a 1,35 metres pels vols laterals. El vol posterior es situa més alt i es construeix amb un quadrat d'1,35 metres. Aquesta mida permet alinear l'aresta del vol amb el quadrat base (0,95 m) i el segon quadrat (1,05 m).

Damunt dels quadrats construirà els bisells (*imatges 7.50 i 7.51*). En el cas del segon quadrat els bisells són inscrits, simètrics respecte les diagonals del polígon. En la resta de polígons –quadrats d'1,05 (3) i en els d'1,35 metres (4 i 5) – els bisells són circumscrits. En aquests quadrats els bisells són simètrics respecte els eixos



**Imatge 7.50.-** Intercolumni de la cantoria (R-003).  
Planta dels polígons 2 a 4, amb la construcció de bisells.



**Imatge 7.51.-** Intercolumni de la cantoria (R-003).  
Bisells inferiors del fust, construïts sobre els polígons 1 a 4.

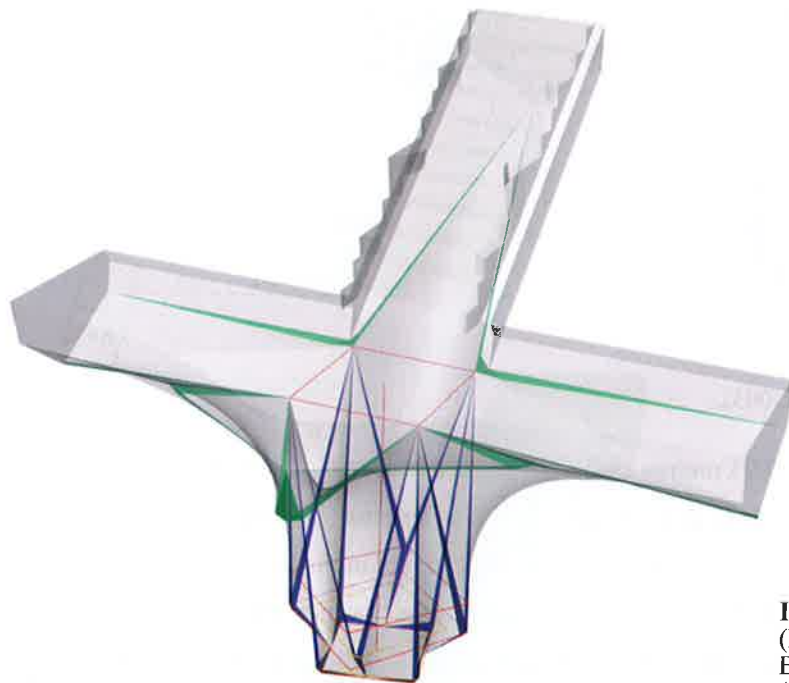


principals de la nau.

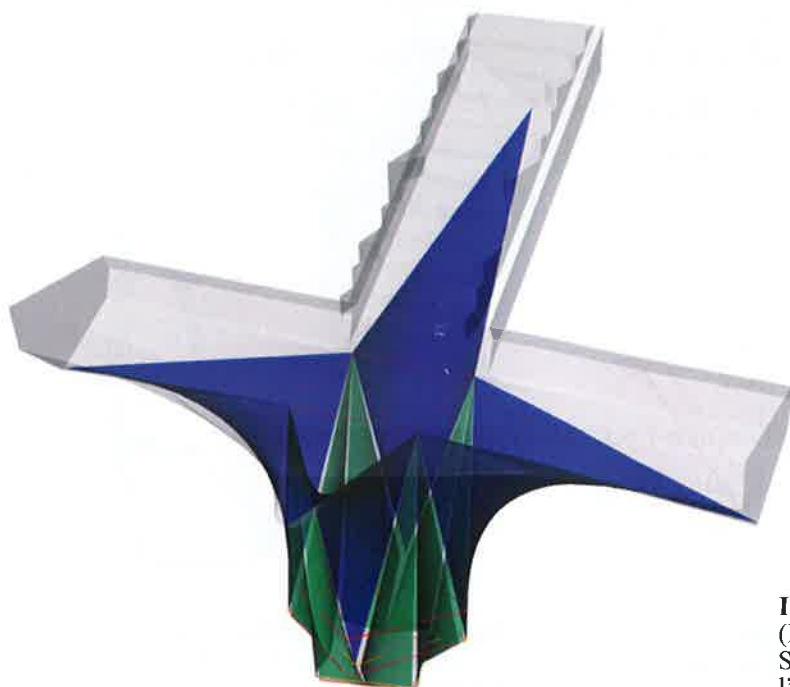
Gaudí construeix bisells per delimitar la resta de les superfícies del fust –paraboloides–. Des dels bisells que s'han descrit construeix plans triangulars que busquen l'aresta del quadrat superior (d'1,35 metres de costat). A la resta del capitell també situa bisells entre les superfícies, partint del mateix quadrat fins als extrems de la peça, en contacte amb els capitells adjacents laterals i la trobada amb el tram posterior de l'escala de la cantoria. Les superfícies principals es construeixen sobre les arestes dels bisells.

En la següent imatge es mostren els paraboloides principals, en verd s'indiquen els del fust i en blau els braços que sustenten l'entaulament i l'escala posterior (*imatge 7.52*).

La darrera operació consisteix en la construcció de superfícies accessòries i l'escala posterior, amb poc interès geomètric, fins que s'obté l'aspecte final.

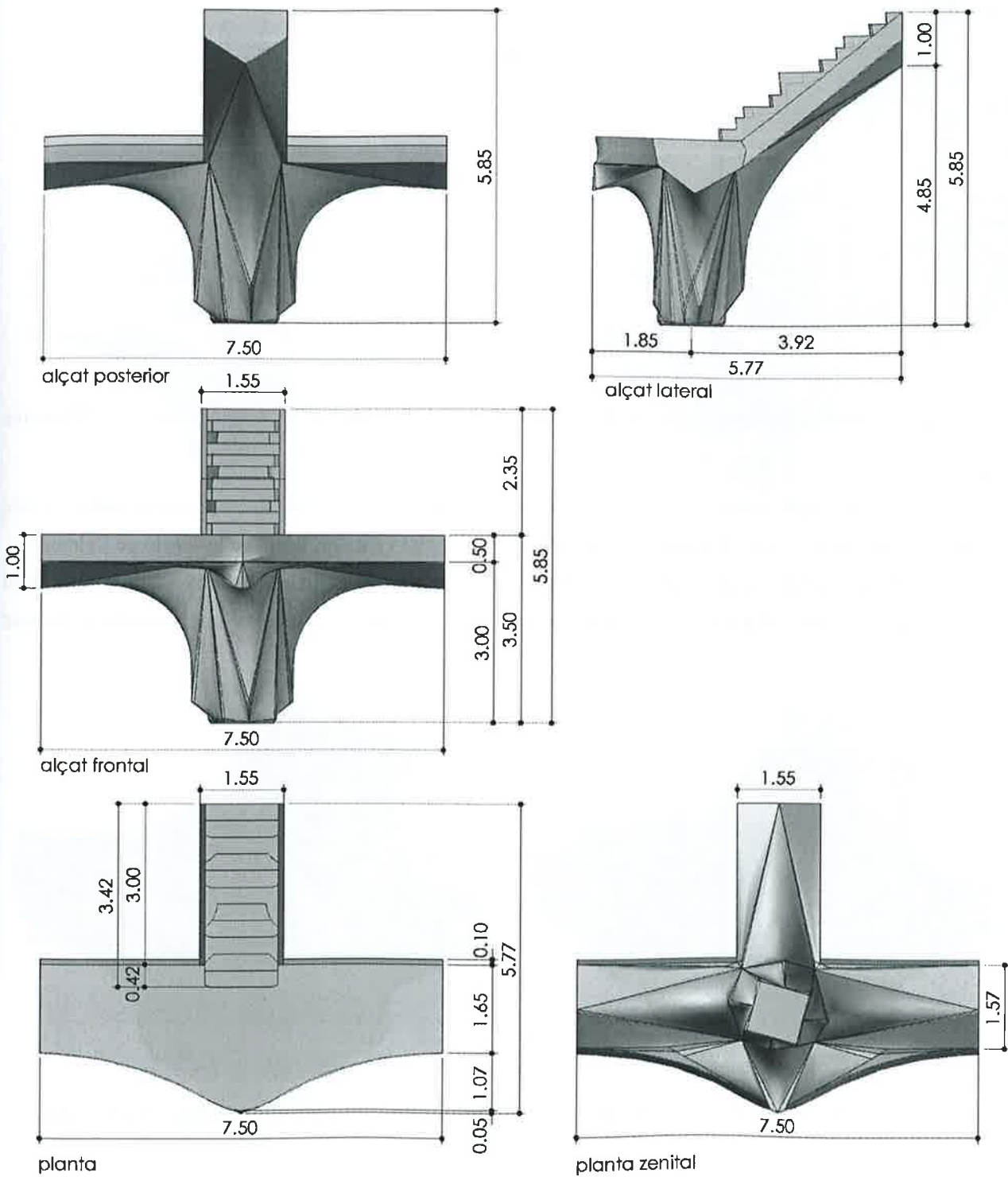


**Imatge 7.52.-** Intercolumni de la cantoria. (R-003). Bisells del fust (en blau) i de l'entaulament (en verd).



**Imatge 7.53.-** Intercolumni de la cantoria. (R-003). Superfícies principals del fust (en verd) i de l'entaulament i l'escala (en blau).

A continuació es mostren les plantes i alçats acotats d'aquest element.



Imatge 7.54.- Planta i alçats de l'intercolumni de la cantoria (R-003).

## CAPITELL DE LA NAU LATERAL

Capitell a cota +20 metres, sobre de la cantoria (R-002)



**Imatge 7.55.-** Situació del capitell dins del conjunt.

Aquest capitell es troba per sobre del nivell de cantoria i forma part de la plataforma de trava a cota +20 metres (*imatge 7.55*).

El plantejament d'aquest element és diferent dels que s'han comentat fins ara, on predominava un eix longitudinal sobre el que es col·locava un polígon base que, copiat i escalat, formava la secció de l'element. Aquest capitell ja no està vinculat a un eix lineal, perquè la columna principal desapareix sota l'intercolumni de la cantoria, i per sobre d'aquesta els suports es desdoblen en quatre columnetes, que sustenten l'element que estem estudiant.



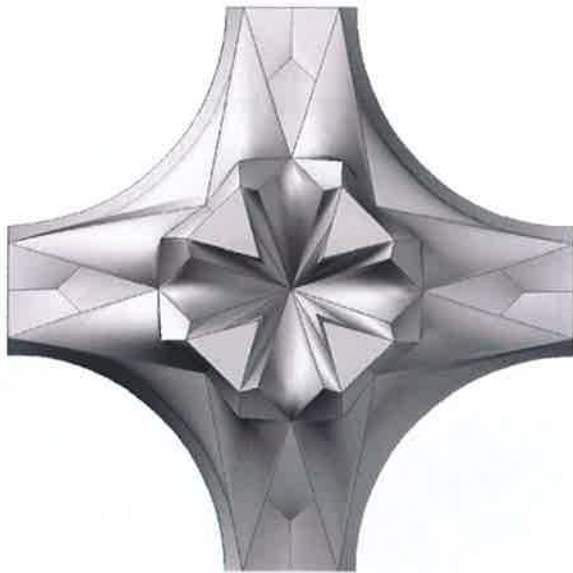
**Imatge 7.56.-** Capitell de la nau lateral a cota +20m (R-002).  
Peça original restaurada.



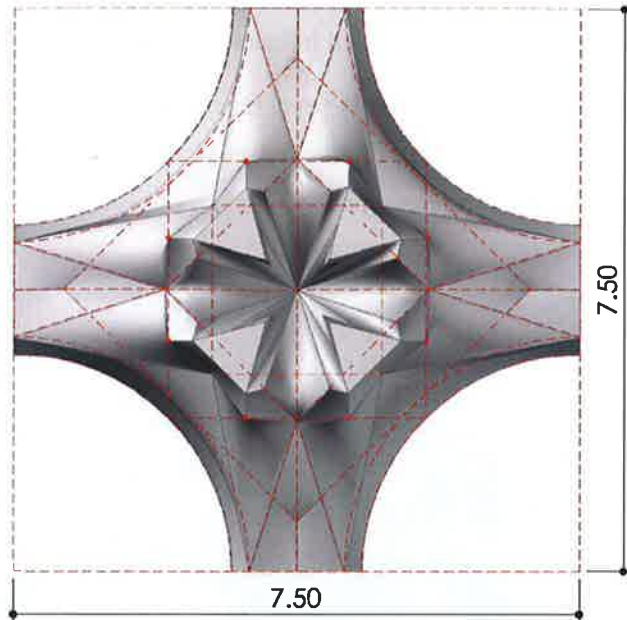
**Imatge 7.57.-** Capitell de la nau lateral a cota +20m (R-002).  
Model tridimensional.

En aquest capitell predomina l'extensió en planta respecte l'alçada, però tot i això Gaudí estén el joc de gir i escalat de polígons a tot l'element, tot i que l'aplica d'una forma diferent.

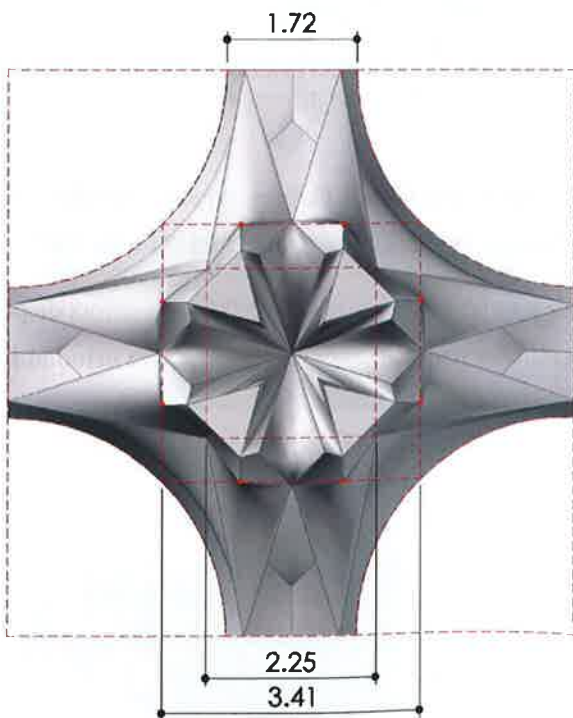
per armar l'element, que té un doble eix de simetria, parteix del quadrat de 7,50 x 7,50 metres de costat, que és el mòdul bàsic del Temple. Després fixa l'ample de les passeres de connexió amb els elements adjacents –que varien en les cares superior i inferior– i traça dos arcs de compàs des del vèrtex del mòdul base (imatge 7.58).



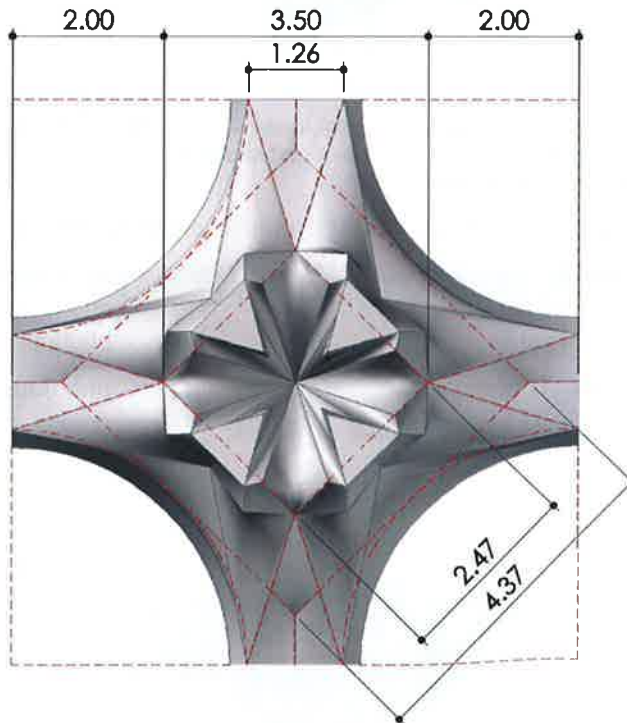
planta zenital



esquelet - quadrats principals



quadrats inscrits en els arcs superiors



quadrats inscrits en els arcs inferiors (en diagonal)

**Imatge 7.58.-** Capitell de la nau lateral a cota +20m. Generació de l'esquelet sobre unes traces elaborades en un pla.

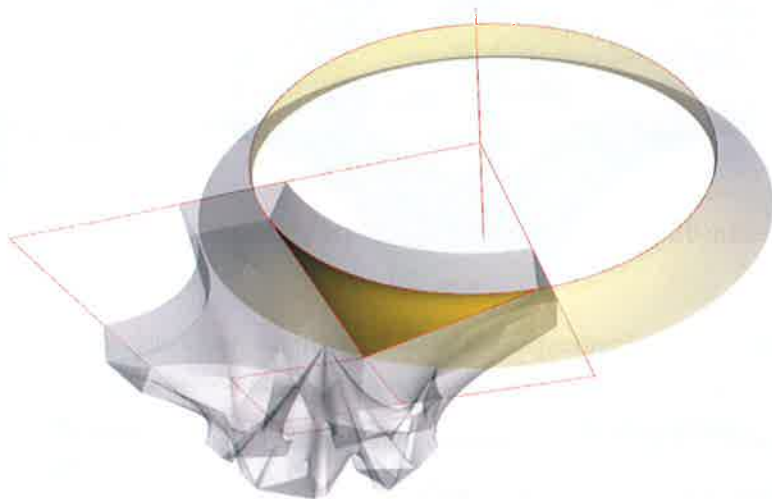
A partir d'aquests arcs genera un sistema de quadrats paral·lels al mòdul base, on el quadrat principal situa els seus vèrtexs al mig dels arcs superiors, i un sistema basat en els arcs inferiors, on situa els quadrats principals en diagonal.

La resta de la geometria depèn d'aquest doble sistema de quadrats. L'exemple més clar és el dibuix inferior dels quatre braços, que es genera amb la unió dels vèrtexs del quadrat diagonal central amb els extrems dels braços. La resta del dibuix es forma per la intersecció amb el quadrat principal diagonal. També destaca la zona de la cavitat central (*imatge 7.59*), on totes les superfícies que es generen tenen com a vèrtex comú el centre de l'element, situat en el nivell inferior de les passeres.

Per acabar de completar la peça, Gaudí situa quatre fragments d'hiperboloide en els braços, amb centre en el vèrtex del mòdul base (7,50 x 7,50 metres) i pren com a generatrius la unió amb el vèrtex del quadrat central paral·lel al mòdul (*imatge 7.60*).



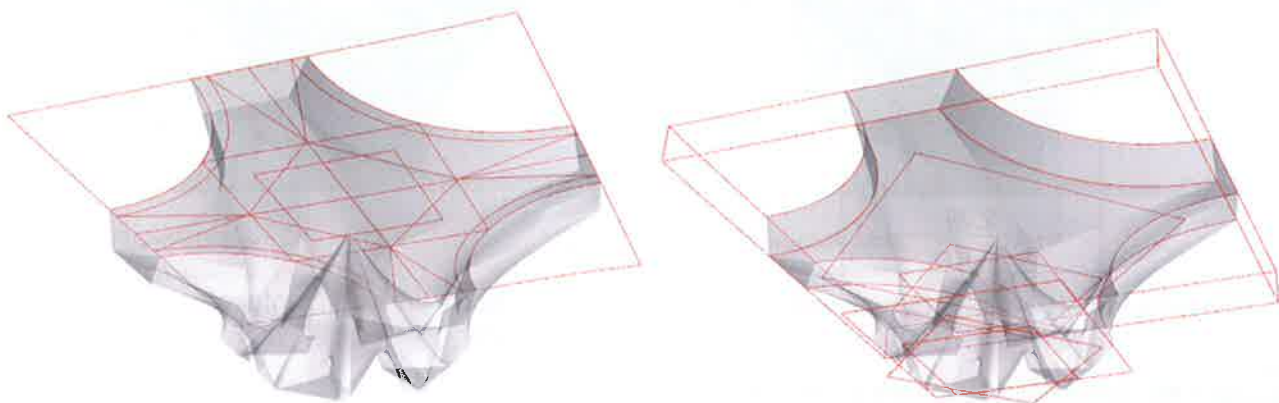
**Imatge 7.59.-** Capitell R-002. Superfícies de la cavitat central, que comparteixen un vèrtex comú situat en el centre de l'element.



**Imatge 7.60.-** Hiperboloides laterals, amb centre en el vèrtex del mòdul base d'el anau (quadricula de 7,50 x 7,50m).

Després de l'anàlisi d'aquest model, pràcticament podem afirmar que Gaudí elabora aquest esquelet en un plànol de dues dimensions, que després eleva en l'espai per formar el volum tridimensional (*imatge 7.61*).

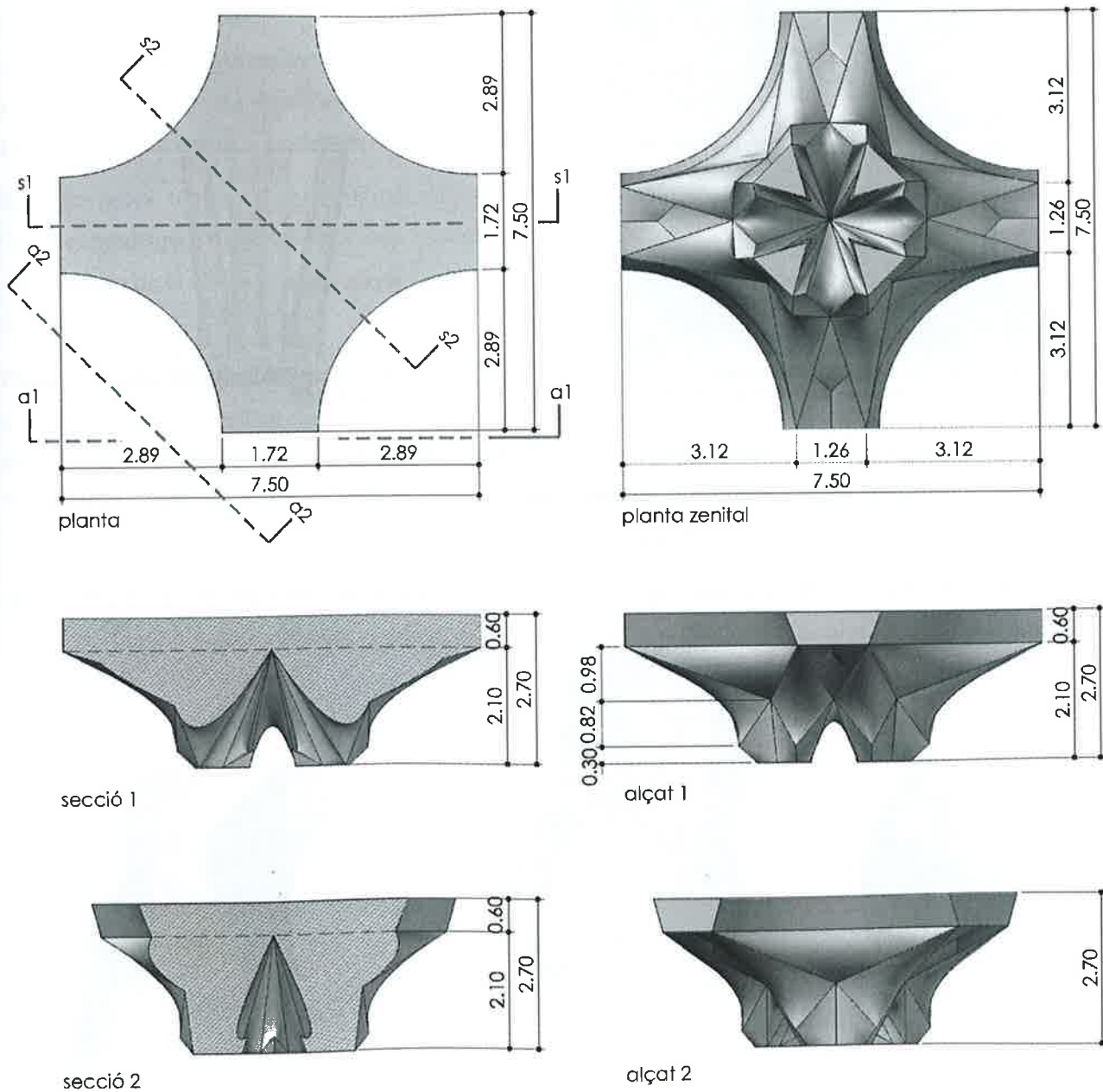
Tot i les variacions explicades, manté el desdoblament entre esquelet interior i les superfícies exteriors de pell, fixades als vèrtexs de les seccions clau, però amb dues diferències respecte els models que hem estudiat fins ara.



**Imatge 7.61.-** Elaboració de l'esquelet en un plànol en dues dimensions i posterior elevació dels polígons.

Per una banda, apareix un nou tipus de superfície reglada: l'hiperboloide, que començarà a utilitzar en els finestrals i que més endavant estendrà a la resta de peces en la darrera etapa.  
 Per l'altra, és l'únic model on l'arquitecte no busca la continuïtat entre el capitell i les columnes que el suporten, que veurem en el següent punt.

Abans, però, mostrarem les plantes, alçats i seccions acotades del capitell estudiat:

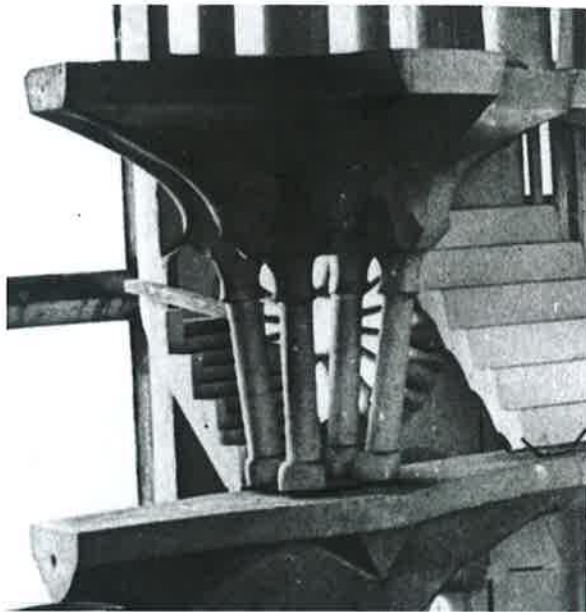


**Imatge 7.62.-** Capitell de la nau lateral a cota +20m (R-002).  
 Planta, alçat i seccions.

**Columnes del capitell de la nau lateral situat a 20 metres (R-002b)**

A diferència del cos del capitell, les seves columnes de suport no es troben en bon estat de conservació, i només se'n conserven uns petits fragments.

Com hem anunciat en l'estudi del capitell, aquestes columnes no tenen continuïtat amb l'element que suporten. A més, presenten una altra particularitat, i és que disposen de base i capitell que tampoc són continus amb el seu propi fust.



**Imatge 7.63.-** Detall del capitell R-002 amb les columnes de suport. Extret de la fotografia original FC-01.



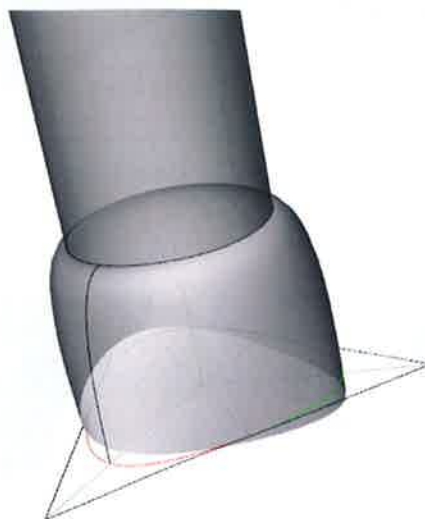
**Imatge 7.64.-** Model tridimensional de les columnes amb el capitell R-002.

La base de les columnes està formada per tres paràboles tangents en planta, sobre la que revoluciona una paràbola que es situa paral·lela a l'eix de la columna (*imatge 7.66*). El detall i les dimensions d'aquesta part s'han extret del bocí original que es conserva (*imatge 7.65*).

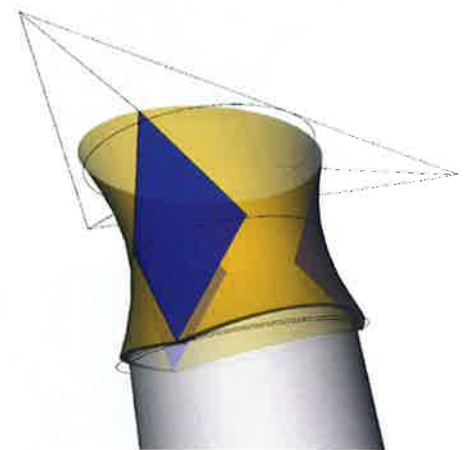
El fust de les columnes és molt més simple que en els casos anteriors, i està format per un cilindre, que té un remat superior.



**Imatge 7.65.-** Fragment original de la base.



**Imatge 7.66.-** Detall de la base, formada per la revolució d'una paràbola al llarg d'un eix.



**Imatge 7.67.-** Detall del remat superior, format per un hiperboloide amb tres paraboloides inserits segons les generatrius comunes de les dues superfícies.

El remat és un hiperboloide que es retalla segons tres requadres de forma romboïdal que es determinen per les generatrius de la superfície. Dins d'aquestes perforacions s'hi insereixen uns paraboloides, que contacten amb l'hiperboloide a través de les seves generatrius comunes (*imatge 7.67*).

El vèrtexs inferiors dels paraboloides s'orienten segons la posició de les tres paràboles de la base, i aquests punts s'aprofiten per tallar l'hiperboloide del petit remat superior contra tres plans inclinats. La posició dels vèrtexs superiors dels paraboloides inscrits queda determinada per les bisectrius de la base triangular del capitell.

### **Característiques comunes dels capitells**

Pràcticament en tots els casos, a excepció del darrer, Gaudí busca la continuïtat entre els capitells i les columnes que els suporten, tal i com feia en les bases, tot i que el procediment és diferent.

En tots els casos juga amb el gir i escalat de polígons, però en aquestes peces, que són molt més complexes, no pot aconseguir-ho d'una forma tan directa i simple. Per solucionar-ho l'arquitecte manté els polígons com a esquelet intern, però la superfície sorgeix en col·locar superfícies reglades que es fixen a l'estructura interior a través dels seus vèrtexs, i s'enllacen entre elles mitjançant les generatrius comunes.

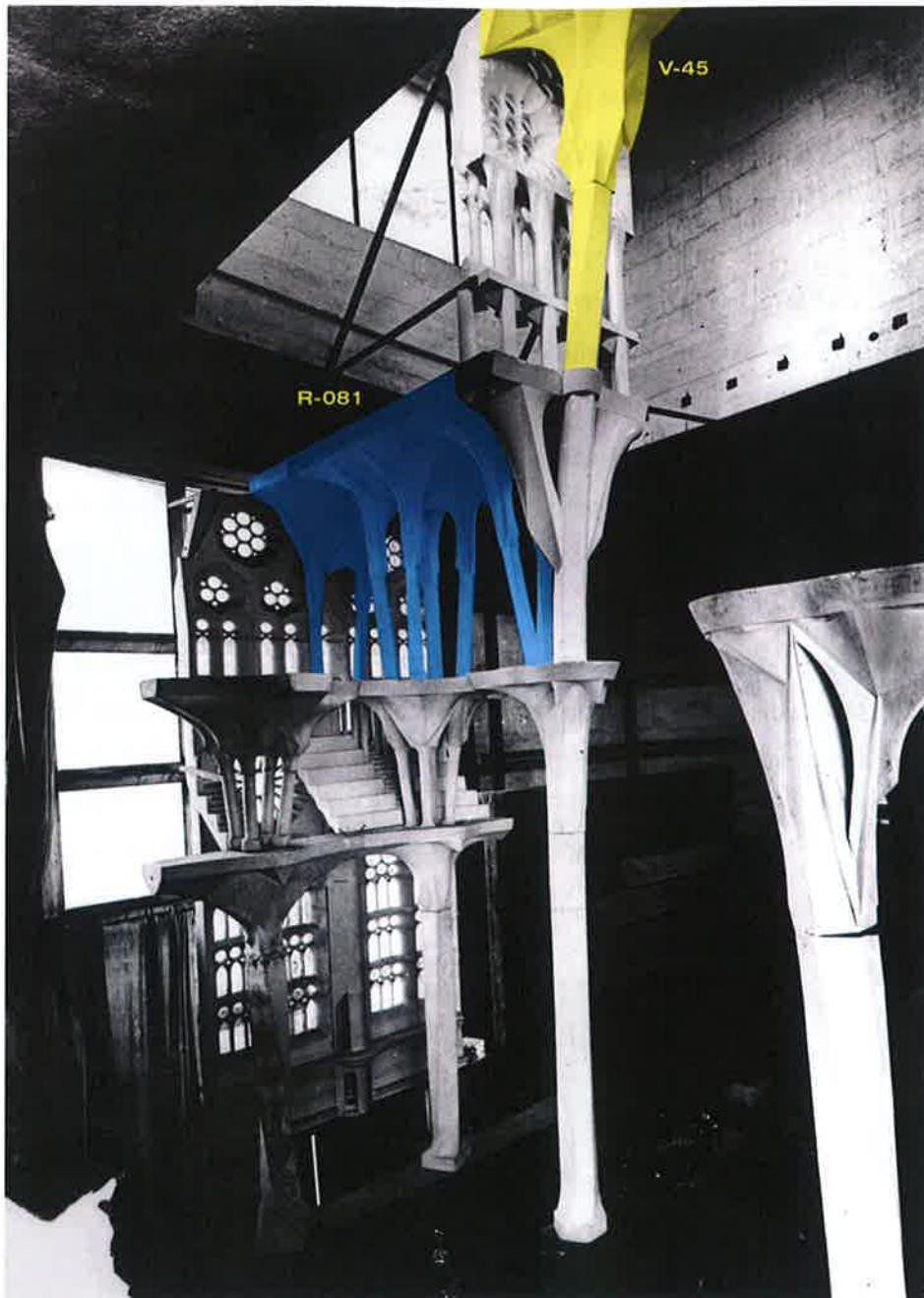
Aquestes peces, a més, compleixen una altra característica, que ara sí és comuna a totes: la continuïtat que Gaudí es preocupa a mantenir en la seva cara inferior es perd de forma sobtada a la superior a través d'un gran entaulament, de la cantoria, a la cota de 14 metres, o en el nivell de trava intermedi, que es troba a 20 metres del sòl.

Fins i tot en el capitell de 30 metres, on es bifurquen les columnes, es trenca la continuïtat del suport central a partir d'una petita cornisa circular. En els propers capítols veurem un canvi en aquest sentit, i com Gaudí es preocuparà de guanyar la continuïtat en aquestes zones.



### 7.1.3. Voltes

En aquest apartat s'estudien les voltes de les naus lateral i central. A diferència dels elements que hem vist fins ara, es conserven pocs models d'aquesta zona, i es comença per estudiar unes voltes de la nau lateral que no encaixen amb els finestrals que es conserven en guix. A partir de les conclusions d'aquestes voltes, i de l'anàlisi d'altres peces que comparteixen algunes característiques comunes, es procedirà a extreure les lleis que permetin el modelat de les peces que encaixen en el conjunt.



S'analitzen els següents models de voltes:

- Voltes de la nau lateral, situades a cota +30m: (R-091)
- Voltes de la nau lateral, situades a cota +30m: (R-081)
  
- Voltes de la nau central, situades a cota +45m: (V-45)

## VOLTES DE LA NAU LATERAL

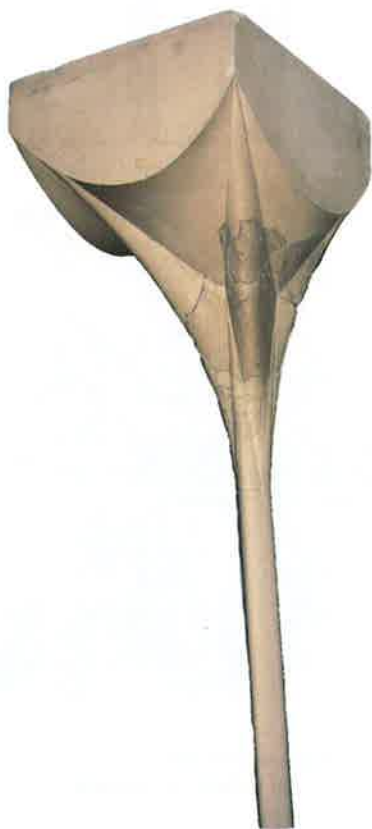
Voltes de la nau lateral a cota +30 metres. (R-091)



**Imatge 7.68.-** Situació de les voltes de la nau lateral dins del conjunt.

Les voltes que cobreixen la nau lateral es troben per sobre del nivell de trava de 20 metres, i estan situades aproximadament a uns 30 metres d'alçada (*imatge 7.68*).

El conjunt de les voltes queda limitat pel pla del finestral i per la columna de la nau central (que en aquest nivell és la peça R-005), i compten amb 8 columnes. Pel seu estudi, Gaudí parteix de les quatre columnes centrals –inscrites en un mòdul quadrat de 7,50 x 7,50 metres– i extrapola la solució a les dues columnes que queden per cada banda.



**Imatge 7.69.-** Voltes de la nau lateral (R-091). Peça original restaurada (un quart del model).



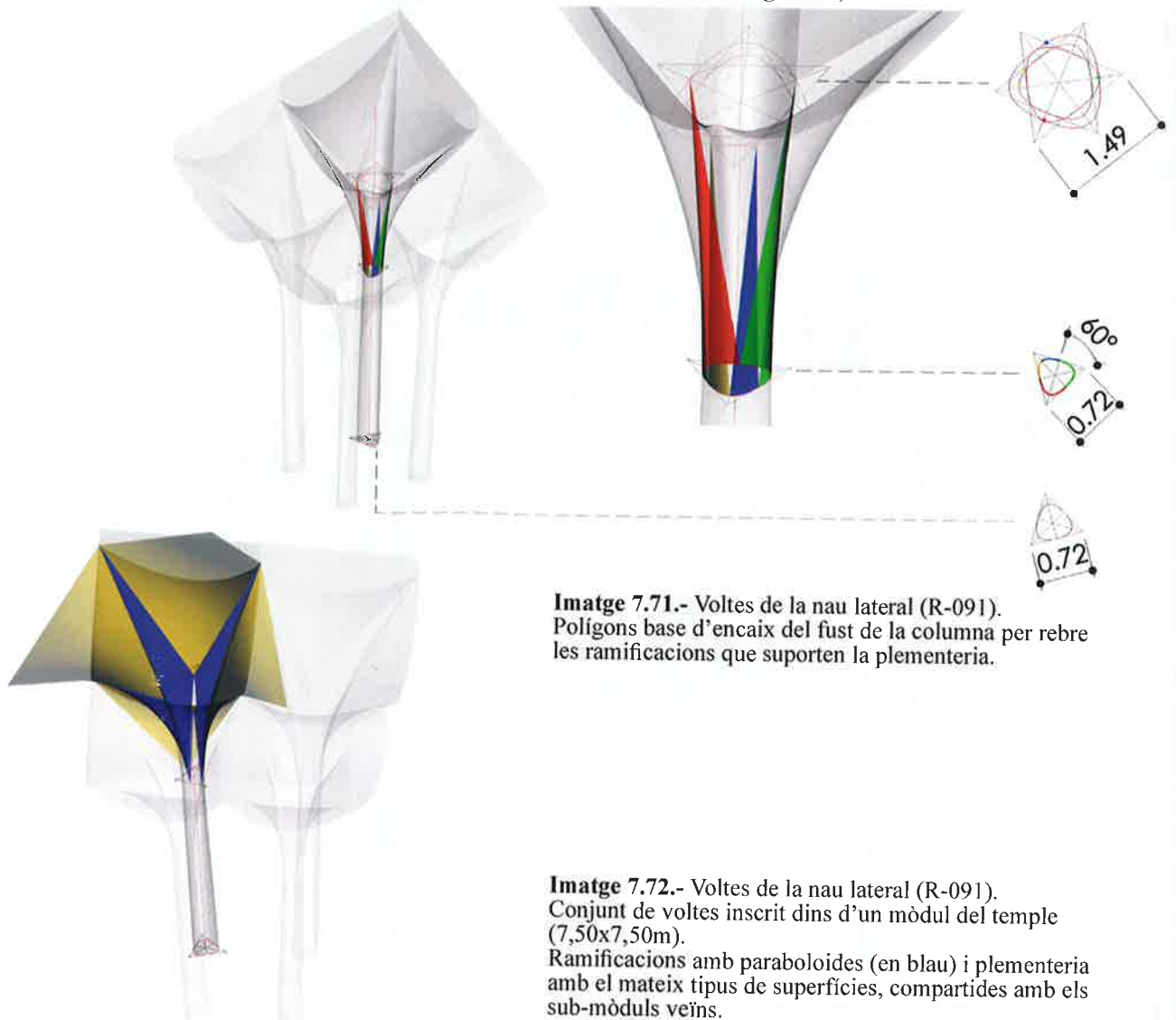
**Imatge 7.70.-** Voltes de la nau lateral. Model tridimensional.

Aquestes peces tenen un doble eix de simetria i, per tant, s'estudia la part que correspon a un quart del mòdul base (3,75 x 3,75 metres).

En aquest element es passa d'un eix lineal –columna– a una superfície extensa –que correspon a un quart del mòdul del Temple (imatges 7.69 i 7.70).

L'arquitecte manté el principi dels polígons base amb gir i rotació, i per la secció de la columna tria tres paràboles tangents (imatge 7.71), com havia fet en l'intercolumni de cantoria R-001. Amb aquestes paràboles, emprant el gir al llarg de l'eix, genera la pell de la columna. En arribar a la part superior busca la continuïtat amb l'element suportat, i obre el fust per crear les ramificacions que sustenten la plementeria, de forma similar a com ho havia fet en el capitell descrit, però amb la particularitat que expliquem a continuació.

Gaudí vol col·locar quatre paraboloides, que es corresponen amb el nombre de vèrtexs que té la porció quadrada del sostre a suportar, però en canvi només té tres paràboles en el fust per construir-los. Per solucionar aquest problema, recorre a una solució molt enginyosa –però poc ortodoxa des d'un punt de vista geomètric–, que és utilitzar una de les paràboles, que divideix per la meitat, per construir dos paraboloides que assegurin la continuïtat. Els altres dos paraboloides es construeixen de la forma habitual, amb una paràbola per a cadascun. Per les ramificacions, que abracen les voltes, Gaudí disposa quatre paraboloides que s'encaixen dintre de les directrius de les superfícies de continuïtat del fust (que també són paraboloides) i que tenen el vèrtex restant en les cantonades del submòdul del Temple (assenyalats en blau a la imatge 7.72).



**Imatge 7.71.-** Voltes de la nau lateral (R-091). Polígons base d'encaix del fust de la columna per rebre les ramificacions que suporten la plementeria.

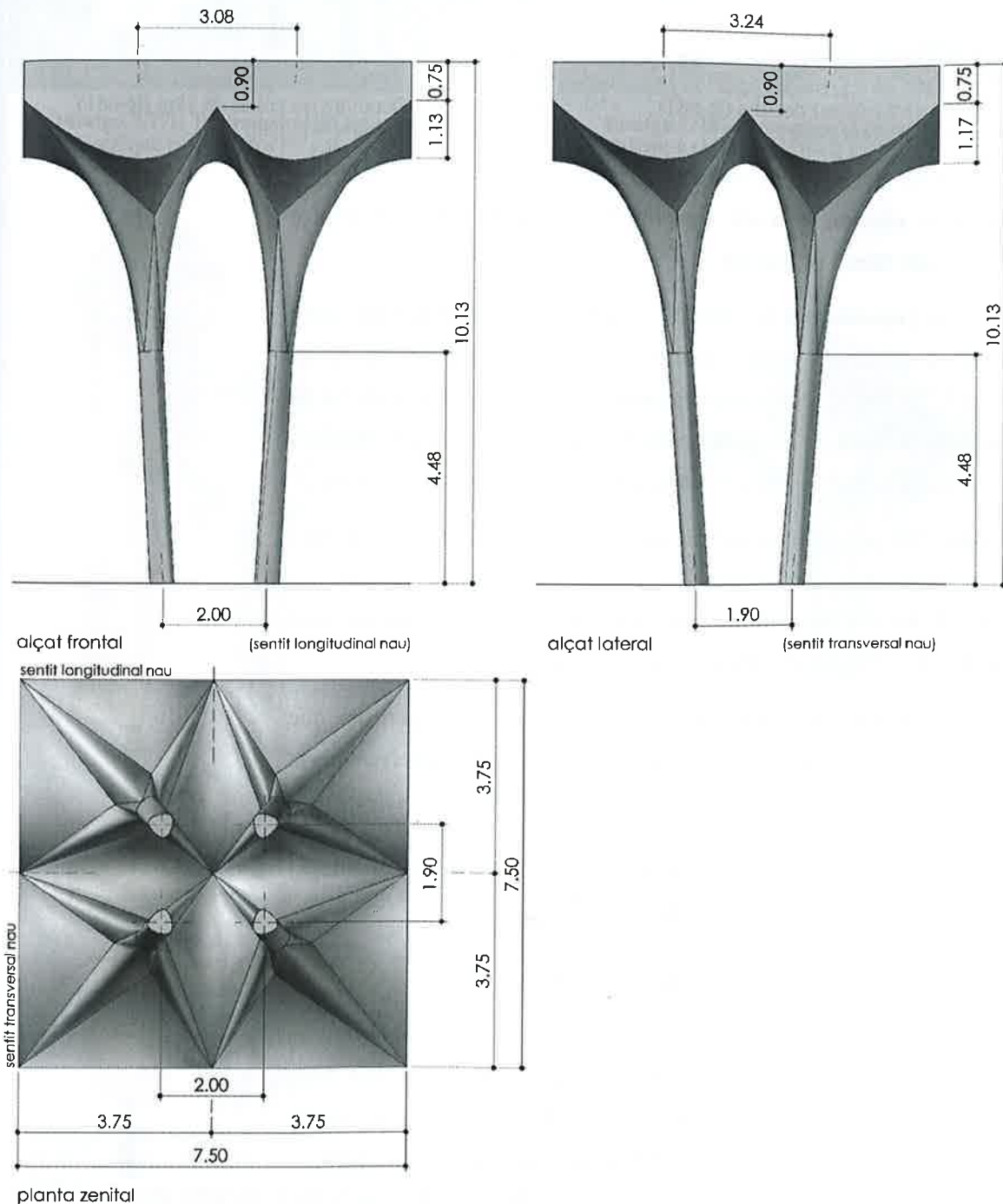
**Imatge 7.72.-** Voltes de la nau lateral (R-091). Conjunt de voltes inscrit dins d'un mòdul del temple (7,50x7,50m). Ramificacions amb paraboloides (en blau) i plementeria amb el mateix tipus de superfícies, compartides amb els sub-mòduls veïns.

per acabar, revesteix la plementeria d'una manera molt senzilla, emprant el mateix tipus de superfícies, encaixades entre les arestes de les ramificacions, amb un paraboloides únic compartit entre el propi submòdul del sostre (de 3,75 x 3,75 metres de costat) i els seus veïns (*assenyalats en groc a la imatge 7.72*).

A continuació s'exposen la planta i alçats acotats en 2d:

En aquests dibuixos es pot veure clarament la disposició del mòdul base dividit en 4 subrequadres iguals (*imatge 7.73*). Cada subrequadre no és simètric respecte la seva diagonal, perquè les columnes tenen diferent inclinació en els sentits longitudinal i transversal.

Aquest disseny de voltes, que pertany a la segona versió de les naus, el tornarem a trobar –lleugerament modificat– en el pis intermedi de les cobertes que Gaudí va mantenir en la solució definitiva. En aquesta tesi argumentem que les cobertes es van idear durant aquesta època, tal i com demostrarem en els capítols finals.

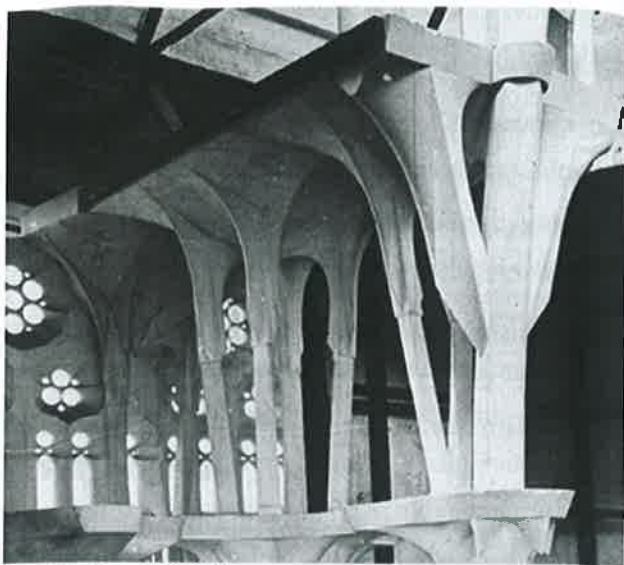


**Imatge 7.73.-** Voltes de la nau lateral (R-091). Planta zenital i alçats.

Voltes de la nau lateral a cota +30 metres. (R-081)



**Imatge 7.74.-** Detall de les voltes de 30m (R-081). Extret de la fotografia original FC-02.



**Imatge 7.75.-** Detall de les voltes de 30m (R-081). Extret de la fotografia original FC-01.

Aquesta maqueta es situa en la mateixa posició que les voltes R-091, i cronològicament és anterior, tot i que l'expliquem aquí perquè s'ha modelat a partir de les peces que hem vist fins ara.

En aquest cas es vol modelar tot el conjunt –format per les vuit columnes– però es disposa de poca informació perquè només es conserven uns petits fragments del fust (*imatge 7.76*). Per al seu modelat es partirà de les conclusions extretes de les voltes anteriors –el tram de les quatre columnes centrals– i s'extrapolaran els resultats a tot el conjunt, amb l'ajuda de les seccions i les fotografies originals.

Pels elements de detall, que es veuen en les fotografies, es recorre a l'estudi d'altres peces que tenen característiques comunes.

Per a la trobada de la columna amb la massa superior es recorre a l'intercolumni de cantoria R-003, que comparteix les següents característiques:

- Reben la columna amb un fust, format per dos paraboloides per cara, que crea un petit esperó (voladís) per rebre el nervi. També comparteixen que la posició del voladís es situa a diferent cota en una de les cares (*imatge 7.79*).
- De cada cara neix el nervi, format per un paraboloides que es bifurca abraçant la massa superior que suporta (*imatge 7.80*).
- Les dues peces tenen bisells intermedis entre els paraboloides.

Els dos elements tenen una diferència que a priori és notable: el polígon de base és un quadrat a l'intercolumni de la cantoria, i en canvi és un triangle a les voltes. Això no suposa cap problema, perquè les lleis internes que els construeixen (elevació, gir i escalat d'un polígon) són independents del número de costats de la figura.

**Imatge 7.76.-** Fragments de les voltes de la nau lateral (R-081). Corresponen a la columna i l'arrencada dels nervis.

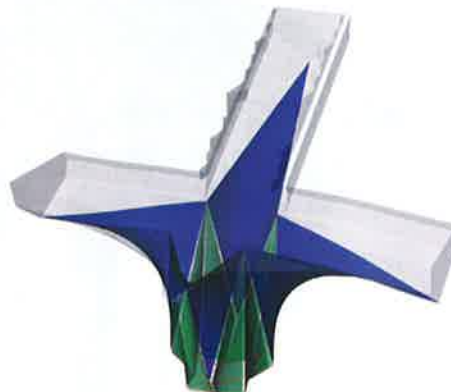
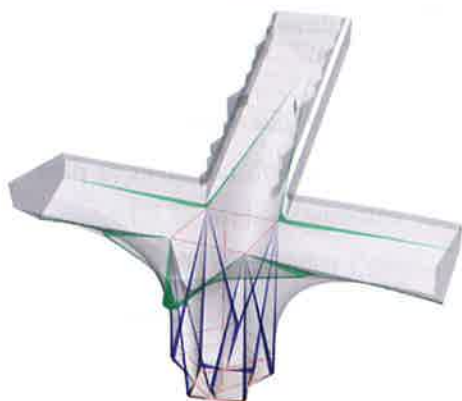
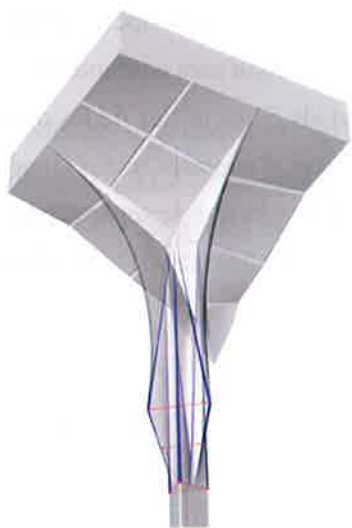




**Imatge 7.77.-** Tram central de les voltes de 30m. Variant que es conserva en guix R-091.

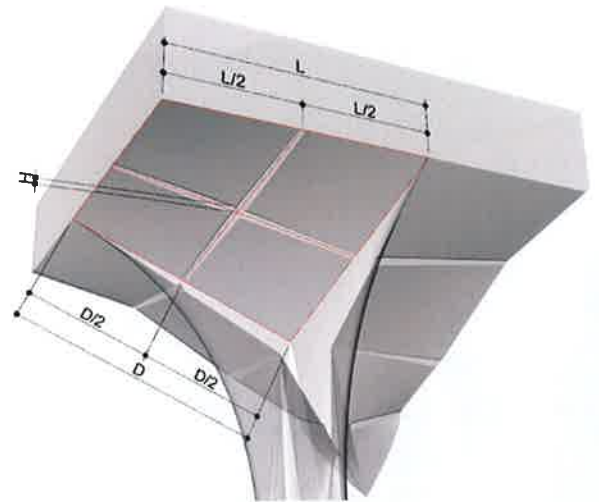


**Imatge 7.78.-** Tram central de les voltes de 30m. Variant a reconstruir R-081.



**Imatge 7.79.-** Bisells de transició en el fust de les voltes R-081 (a dalt) i en l'intercolumni de la cantoria R-003 (a baix).

**Imatge 7.80.-** Paraboloides en el fust de les voltes (en verd) i en els nervis que es bifurquen (en blau). La solució formal és la mateixa en les voltes i en l'intercolumni de la cantoria (R-003) tot i estar formades per diferents polígons base (triangle i quadrat).



**Imatge 7.81.-** Subdivisió dels requadres en un tram tipus.

Per completar les voltes s'ha de dibuixar la plementeria però, a diferència del fust, no es conserva cap peça similar que doni una pauta per poder extrapolar la solució. En aquest cas es recorre a les seccions i a les fotografies originals per extreure les pautes que ens permetin estructurar aquesta zona.

La plementeria queda dividida pels nervis que es bifurquen –com a la variant R-091–. En les fotografies s'observa que cada requadre, que seria un quadrilàter guexo (paraboloide), es subdivideix. L'arquitecte podia haver fet un paraboloide per cada requadre, però el resultat dóna unes superfícies pesades i amb molt poca expressivitat, sobretot si tenim en compte que s'han de veure a trenta metres d'alçada. Per mirar de solucionar-ho, Gaudí va recórrer a fragmentar-los en superfícies més petites i amb més curvatura, opció que no va aplicar a les altres voltes –que són posteriors– perquè els paraboloïdes de base són molt més contundents.

Aquesta divisió ve definida per la intersecció de les rectes que uneixen els punts mitjos de les directrius dels nervis i les vores de la peça (*es mostra a la imatge 7.81*). En la intersecció d'aquestes rectes Gaudí dóna una alçada i deforma el paraboloide original per tal de crear-ne quatre de més petits que se separen per bisells.

Els paràmetres que han servit per dibuixar el tram central de les voltes de 30 metres (R-081) es poden extrapolar per construir-ne la resta i completar el conjunt (*imatge 7.82*).



**Imatge 7.82.-** Model tridimensional del conjunt de les voltes de la nau lateral (R-081).

**Voltres de la nau central, situades a 45 metres d'alçada (V-45).**

**Imatge 7.83.-** Situació de les voltes de la nau central dins del conjunt.



**Imatge 7.84.-** Detall del fust de les columnes i la zona de les voltes que es veu en la fotografia original FC-01.

D'aquest model no se'n conserva cap fragment, i només se'n coneix l'existència a través de les fotografies originals (*imatges 7.83 i 7.84*), on es veu que conserva un esquema similar –en la columna, fust del capitell i plementeria– amb les voltes de la nau lateral, tot i que presenta unes particularitats que s'expliquen a continuació:

- La columna és de secció quadrada, amb les cantonades arrodonides i amb un gir en un sentit de  $45^\circ$ . A sobre d'aquesta es munta el fust –també de secció quadrada– que hem realitzat de 0,71 metres de costat, dimensió que ens és familiar. El fust del capitell es forma amb dos paraboloides per cara, que formen un petit vol (més baix el posterior i a una cota superior el de la resta de cares) d'on neixen els nervis –també amb paraboloides– que es bifurquen per sustentar la plementeria.

- L'estructura que suporta la pell dels voladissos (les puntes que es veuen un pèl per sobre del contacte amb el fust) són dos quadrats girats  $45^\circ$ , escalats el doble respecte la base. Segurament, Gaudí va augmentar la mida d'aquestes elements respecte els que s'han estudiat (cosa que és visible en la fotografia) per compensar l'efecte visual que es produeix en un element tan alt –45 metres–, que faria poc visibles les proporcions de la resta d'elements situats a 14 o 30 metres.

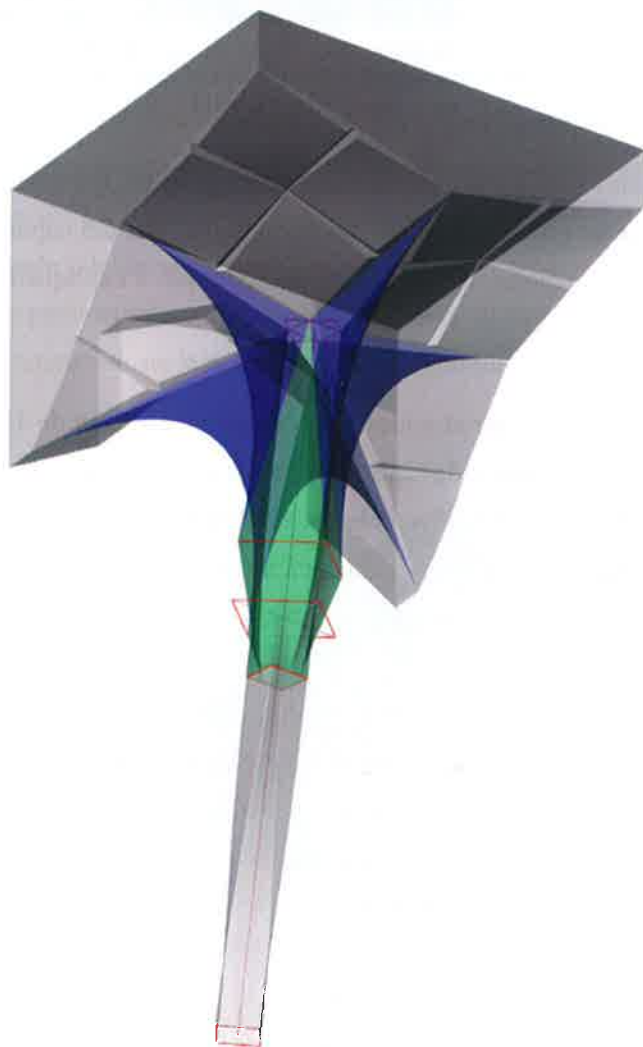


En el fust, l'arquitecte introdueix un altre petit canvi i suprimeix els petits bisells de cantonada, bisells que trobàvem en les voltes de la nau lateral (R-081).

En la disposició dels nervis és on trobem una variació significativa, deguda a la posició relativa entre la columna i el finestral. En els trams inferiors, Gaudí situa els finestrals centrats amb el mòdul del Temple i, per tant, queden entre la línia de columnes (el cas més clar són els finestrals inferiors de la nau lateral, emmarcats pels contraforts). En els finestrals de la nau central varia aquesta posició i els situa ocupant tot l'ample del mòdul –7,50 metres– però centrats amb la columna. Això provoca una interferència entre il·luminació i estructura, fet que resol amb la bifurcació del nervi de façana. Amb aquesta operació l'arquitecte col·loca cinc nervis –que són paraboloides– sobre una base quadrada, i l'única solució és que els dos nervis de façana comparteixin una cara del quadrat de base (*imatge 7.85*).

Aquesta operació no és nova. Gaudí ja l'havia utilitzat en la variant R-091 de les voltes de la nau lateral (*imatge 7.86*), que estèticament són més diferents de la nau central que les R-081. En aquest altre cas, que cronològicament és posterior, la solució era més refinada i l'arquitecte treia quatre nervis –paraboloides– a partir d'una base formada per tres paràboles tangents.

La plementeria és l'element més semblant a les voltes de la nau lateral R-081, també formada per paraboloides entre els nervis, que es separen per bisells.



**Imatge 7.85.-** Model tridimensional de les voltes de la nau central, amb indicació en vermell de l'esquelet intern, format per quadrats. Es ressalten els fust dels paraboloides (en verd) i dels nervis (en blau).



**Imatge 7.86.-** Voltes de la nau lateral (variant R-091). Gaudí col·loca quatre nervis de paraboloides a partir de tres paràboles. En les voltes de la nau central (*imatge de l'esquerra*) l'arquitecte utilitza una tècnica similar i treu cinc nervis a partir d'un quadrat.

### Característiques comunes de les voltes

En tots els casos que hem vist, Gaudí manté la idea de continuïtat entre el fust i els nervis que es bifurquen per suportar la plementeria. La construcció de la continuïtat es fa a través dels polígons, que a través de les operacions de gir i escalat formen l'esquelet on es recolzen les superfícies reglades de pell.

Tal i com succeïa en els capitells, trobem les solucions més antigues, on la continuïtat es produeix només a través dels polígons, o altres més evolucionades on aquesta tècnica es reforça amb la combinació de corbes comunes entre les superfícies. Aquest darrer cas el trobem en les voltes R-091 i ja l'havíem vist en el capitell de la cantoria R-001, on les paràboles del fust eren, alhora, les corbes principals dels paraboloides d'enllaç.

Una altra característica, que no havíem vist fins ara, la trobem en la no correspondència entre el nombre de vèrtexs (o paràboles) del fust i el número de paraboloides que es bifurquen formant nervis. Aquest fet l'hem trobat en les voltes de la nau central i en les més evolucionades de la nau lateral (R-091), on l'arquitecte ha refinat aquest mecanisme, aconseguint, a més, la continuïtat que hem comentat en el paràgraf anterior.

#### 7.1.4. Contrafort de la nau lateral

En la segona versió de les naus els finestrals no ocupen tot l'ample de l'intercolumni (mòdul de 7,50 metres). L'espai entre finestrals l'ocupava una pilastra / contrafort.

En alçada, aquests elements es descomponen en tres peces (base, fust i capitell) i la part baixa serveix, alhora, per accedir al trifori baix.

L'arquitecte planteja dues variants d'aquests models, que s'estudien en aquest apartat:

- Base del contrafort de la nau lateral (escales del trifori baix) (R-095a)
- Fust del contrafort de la cantoria (R-095b)
- Capitell del contrafort de la cantoria (R-095c)
  
- Fust del contrafort de la nau cantoria (variant) (R-097b)
- Capitell del contrafort de la cantoria (variant) (R-097c)



CONTRAFORT DE LA NAU LATERAL

Base del contrafort de la nau lateral - Escales del trifori baix situades a Pla de Temple (R-095a)



**Imatge 7.87.-** Situació de la base del contrafort dins del conjunt.

Gaudí disposa un contrafort entre els finestrals que es troben a sota de la cantoria de la nau lateral (*imatge 7.87*).

Aquest conjunt està format per tres peces, la base –que s’estudia en aquest apartat–, el fust i el capitell, que conté la mitja escala que enllaça amb l’intercolumni de les grades (peces R-001 i R-003).

La base és foradada i compleix una doble funció perquè també conté les escales d’accés al trifori baix (*imatges 7.88 i 7.89*), que es situa sobre l’ampit dels finestrals inferiors.

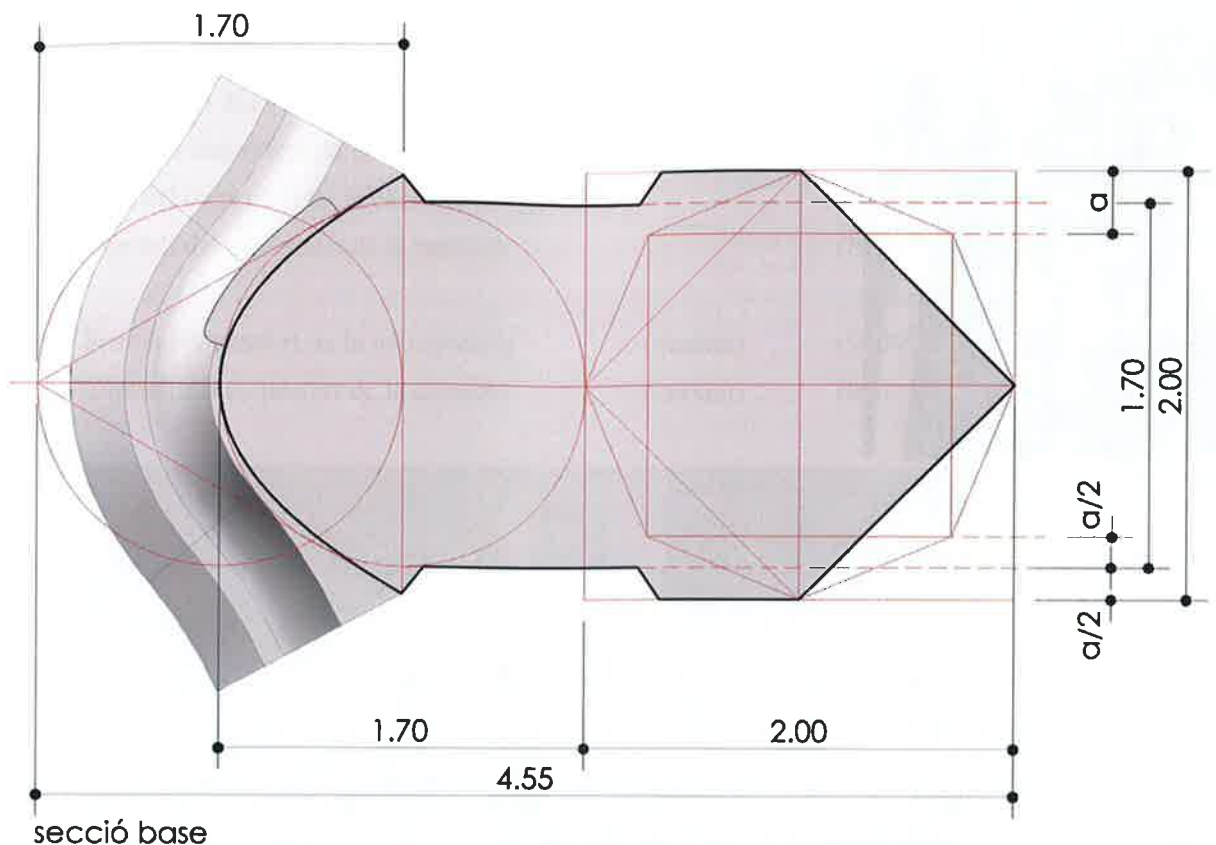


**Imatge 7.88.-** Base del contrafort R-095a  
Peça original.



**Imatge 7.89.-** Base del contrafort R-095a  
Model tridimensional.

Per determinar la secció transversal dels tres elements (base, fust i capitell), Gaudí utilitza un sistema similar al que fa servir en les columnes i els capitells, que en aquest cas es basa en quadrats i una paràbola, amb lleugeres variants entre les peces que descriurem.

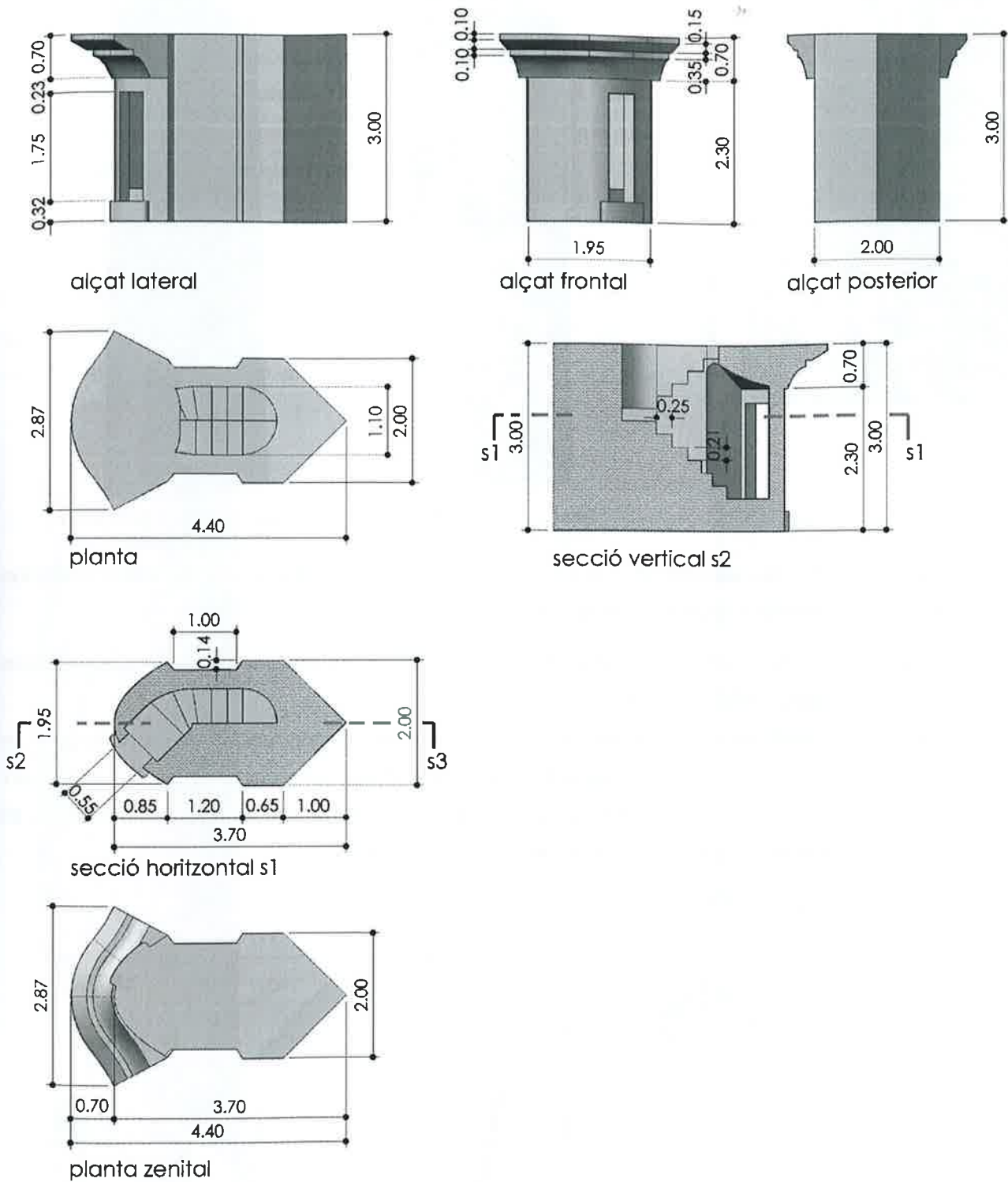


Imatge 7.90.- Planta zenital amb l'indicació de la secció transversal base del model estudiat.

La secció transversal de la base del contrafort (imatge 7.90) presenta les següents proporcions:

- La zona posterior s'articula en base a un quadrat de dos metres de costat. Dins d'ell inscriu el quadrat diagonal, que també copia girat  $90^\circ$ . Unint els vèrtexs dels quadrats inscrits es construeix un octògon, que més endavant utilitzarà pel capitell.
- La meitat de la diferència entre el quadrat principal i l'inscrit dona 1,70 metres, i és la mida que regeix la zona frontal de l'element. Aquesta mida, indicada a la figura 7.90 amb cercles, serà el límit i el vèrtex de la paràbola frontal.
- El volum exterior de la peça es crea per l'extrusió del perfil base, amb l'excepció de la cornisa. La cornisa es genera per la revolució d'un perfil sobre tres circumferències, una central i dues laterals, que fan la tangència amb la cornisa del finestral.
- Per últim, hi ha el buidat interior per encabir l'escala de dos trams, de 0,55 metres de pas.

A continuació es mostren les plantes, alçats i seccions acotades de l'element.



**Imatge 7.91.-** Base del contrafort de la nau lateral, entre finestrals - escala del trifori baix (R-095a)  
Planta, secció i alçats.

CONTRAFORT DE LA NAU LATERAL

Fust del contrafort de la nau lateral (R-095b)



**Imatge 7.92.-** Situació del fust del contrafort dins del conjunt.

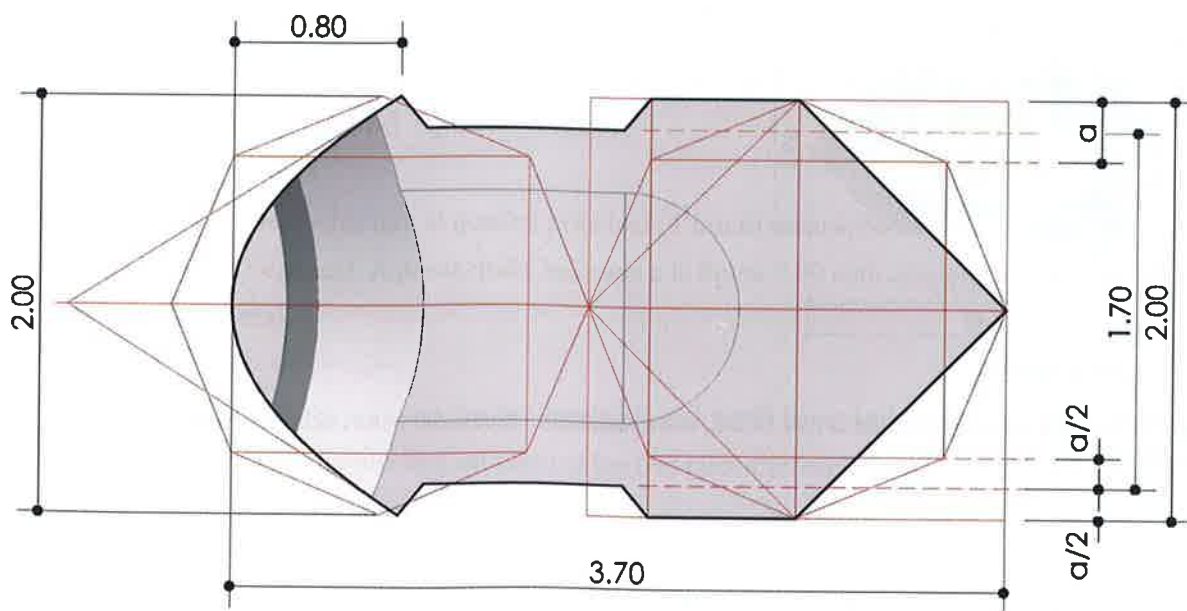
**Imatge 7.93.-** Fust R-095b Peça original consolidada.

**Imatge 7.94.-** Fust R-095b Model tridimensional.

Sobre la base trobem el fust del contrafort (*imatge 7.92*),, que també compleix una doble funció: estabilitza l'estructura i alhora permet el desembarcament de l'escala inferior.

L'estructura geomètrica del model es basa en l'extrusió d'un perfil base, que presenta lleugeres variants respecte la secció anterior (*imatge 7.95*),. Vegem-les.

La zona posterior, formada per un quadrat de dos metres de costat amb quadrats inscrits, no varia. En canvi, en aquesta peça, l'arquitecte modifica sensiblement la paràbola frontal, que ara ocupa tota l'amplada (2 metres). En el model estudiat també varien els encaixos laterals que reben el finestral, però això només afecta les maquetes a escala en guix i no té cap transcendència en l'edifici construït.



secció base

**Imatge 7.95.-** Fust del contrafort de la nau lateral (R-095b) Planta zenital amb indicació de la secció transversal.

En la zona frontal, Gaudí realitza una decoració basada en rombes, que s'inscriuen en la paràbola extruïda. Per fer-los divideix l'alçada total en 4 parts iguals i uneix el punt superior amb l'inferior de l'altra banda, traçant una corba sobre la superfície. Aquesta corba la copia per cada punt i en les dues direccions, i així obté la superfície dividida en rombes. La darrera operació consisteix en traçar unes paral·leles i retallar la superfície original. El fons dels rombes correspon a una superfície paral·lela a l'original, unida amb bisells de transició entre les dues paral·leles (*marcades en groc i blau en la imatge 7.96*).

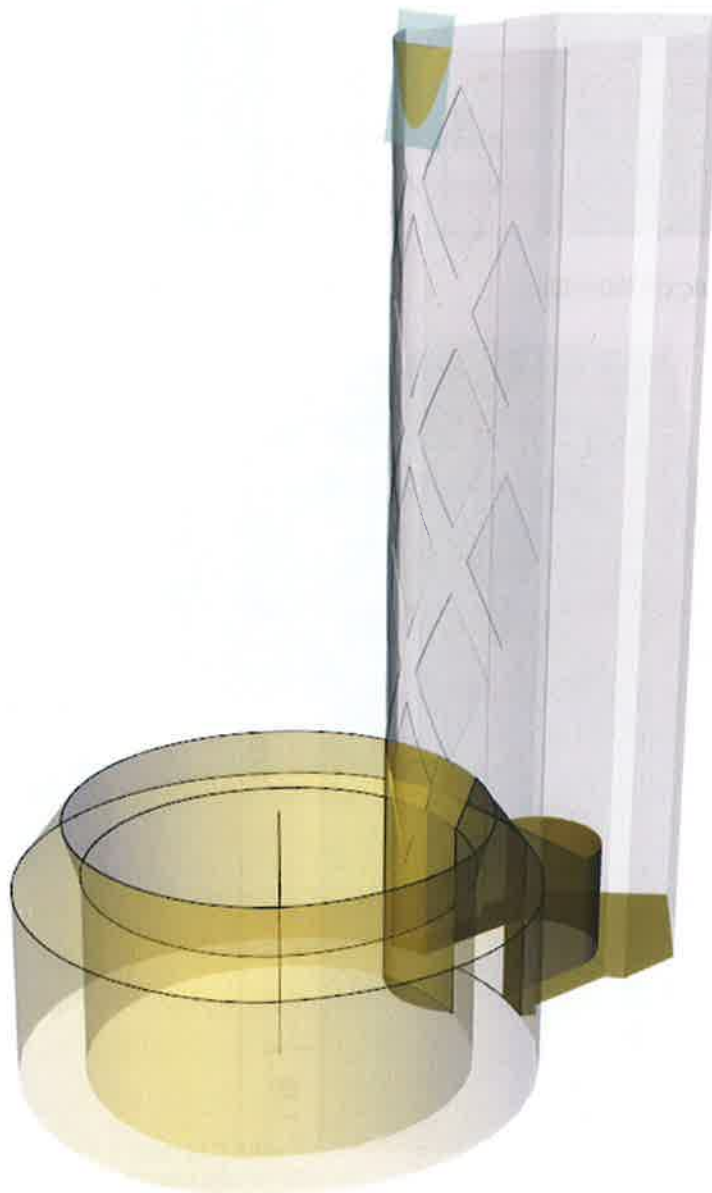
En la cara superior del fust hi realitza una altra decoració, i talla la superfície extruïda amb un pla inclinat, dins del requadre que correspondria al rombe superior.

El darrer pas per completar el model –i per crear el desembarcament de l'escala inferior que dona accés al trifori baix (que es situa sota l'ampit dels finestrals)– consisteix en el buidat interior.

La zona de l'escala es buida segons unes paral·leles traçades a 1,10 metres (ample total dels dos trams d'escala) que es rematen amb una semicircumferència. La zona frontal, que crea les portes d'accés, es buida amb dos cilindres que es rematen amb uns cons (*imatge 7.97*).



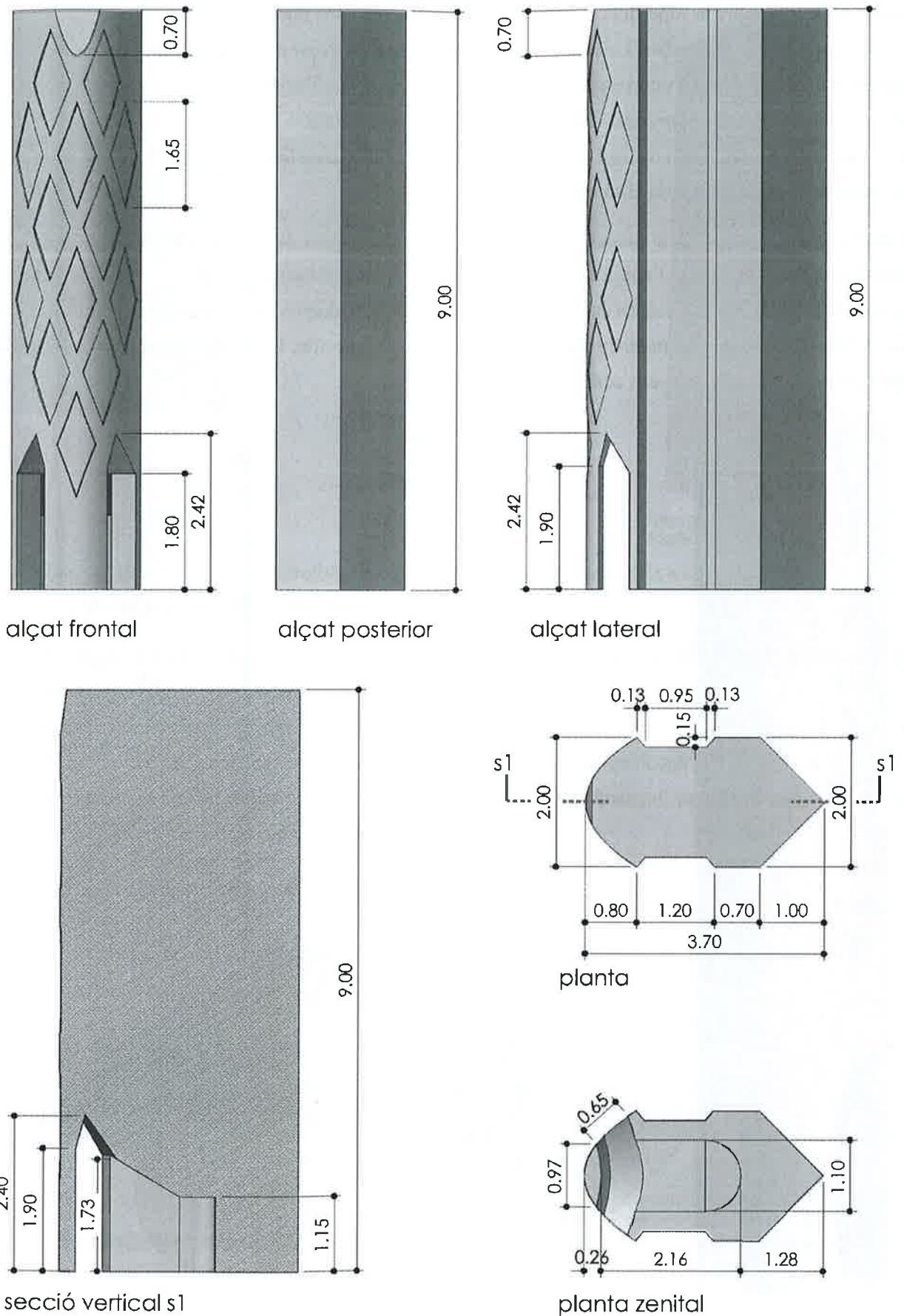
**Imatge 7.96.-** Decoració de la zona frontal amb rombes que segueixen una corba traçada sobre la superfície.



**Imatge 7.97.-** Retall del "rombe" superior amb un pla inclinat i el buidat de l'escala amb dos cilindres i cons.



A continuació es mostren les plantes, alçats i seccions acotades de l'element.



**Imatge 7.98.-** Fust del contrafort de la nau lateral - entre finestrals - i accés de l'escala del trifori baix (R-095c)  
Planta, secció i alçats.

CONTRAFORT DE LA NAU LATERAL

Capitell del contrafort de la nau lateral (R-095c)



**Imatge 7.99.-** Situació del capitell del contrafort dins del conjunt.

A sobre el fust del contrafort de la nau lateral, que s'ha estudiat en el punt anterior, hi trobem el capitell (*imatges 7.99 a 7.101*), que ahora forma part de la cantoria i conté la mitja escala que connecta amb l'intercolumni (peces R-001 i R-003).



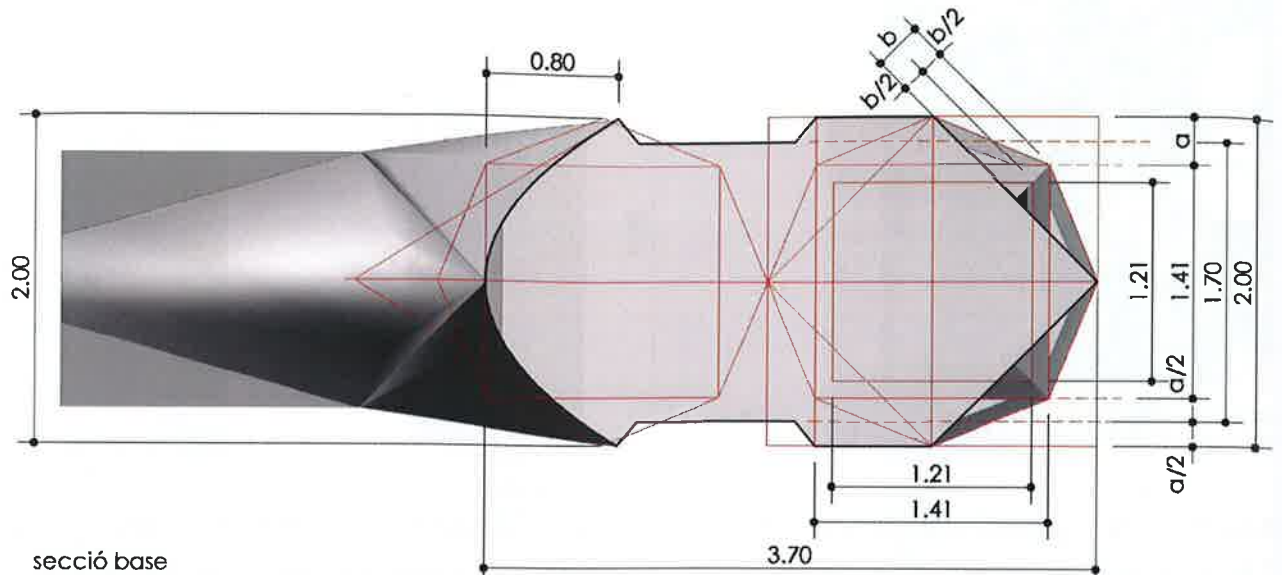
**Imatge 7.100.-** Capitell R-095c  
Peça original restaurada.



**Imatge 7.101.-** Capitell R-095c.  
Model tridimensional.

La base del contrafort connecta amb el perfil del fust, que estava format per una paràbola frontal i un quadrat principal –de 2 metres de costat– amb un altre quadrat inscrit en diagonal i un octògon en la zona posterior. En aquesta peça, la família de quadrats inscrits es completa amb un nou quadrat d'1,21 metres, que pren com a punt de pas la meitat de la distància existent entre l'octògon i el quadrat (distància  $b/2$ ).

Aquesta disposició es marca en la següent figura (7.102):



**Imatge 7.102.-** Capitell del contrafort de la nau lateral (R-095c) Planta zenital amb indicació de la secció transversal.

Per construir la zona posterior del capitell, Gaudí eleva aquesta família de quadrats inscrits a unes cotes definides (imatge 7.104). Amb aquesta operació passa del quadrat girat en diagonal –que dona forma a la zona posterior del fust– a l'octògon. L'arquitecte realitza una transició gradual entre les seccions a través d'unes mènsules que, des d'un punt de vista geomètric, es recolzen en els quadrats descrits, partint dels més petits a les cotes baixes fins arribar als més grans de les cotes superiors.

Com hem avançat, aquesta construcció es realitza elevant la família de quadrats a unes cotes determinades que, com descriurem a continuació, no són arbitràries i s'aproximen molt als múltiples de les mides que s'han utilitzat en els quadrats de la planta.

En el sistema descrit, que depèn de la inscripció de quadrats més petits en el principal –que té dos metres de costat–, trobem la mida d'1,41 metres (primer quadrat diagonal, que obté la mida de  $\sqrt{2}$ ) i d'1,21 en un quadrat menor. Observem, també, que la diferència entre aquests quadrats és de 0,10 metres per banda.

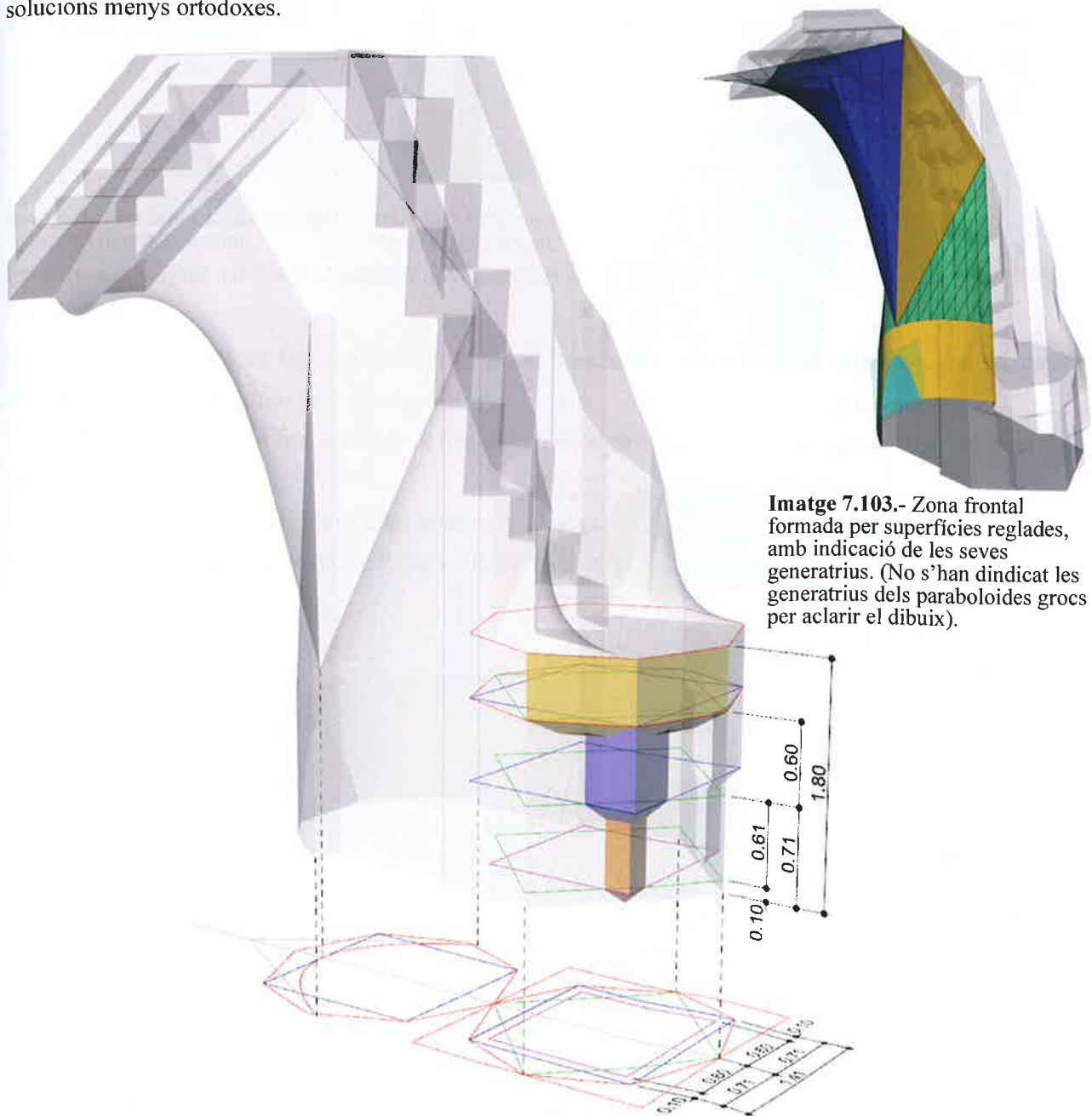
Els múltiples d'aquestes mides també els trobem en alçada, i s'han acotat en la següent vista per facilitar-ne la comprensió. Les dimensions que predominen són 0,71 metres (mig costat del quadrat  $=\sqrt{2}/2$ ), 0,60 metres (la meitat del quadrat menor) i el valor de la diferència entre aquests, que era de 0,10m per banda.

En aquest punt, volem aclarir que quan ens referim a aquestes mides, en el fons parlem d'una aproximació, perquè en aquest cas el seu valor no ve determinat pel sistema decimal –al qual estem tan acostumats avui en dia– sinó que prové directament de la geometria. Per tant, es considera que les dimensions explicades de 0,71 (que no és el 0,70 que faríem servir actualment) és, en realitat, 0,70710678...; tanmateix, el 0,60 correspon a 0,603553; i, per últim, la diferència per cada banda entre els quadrats és de 0,103553, el que valida les dimensions en alçada. Per tant, podem acceptar que la segona elevació de quadrats (veure imatge següent) és de 0,71 metres, i la podem descompondre en 0,10 més 0,61 metres. Aquesta darrera mida la podem donar com

a equivalent a la següent elevació, que es produeix a 0,60 metres.

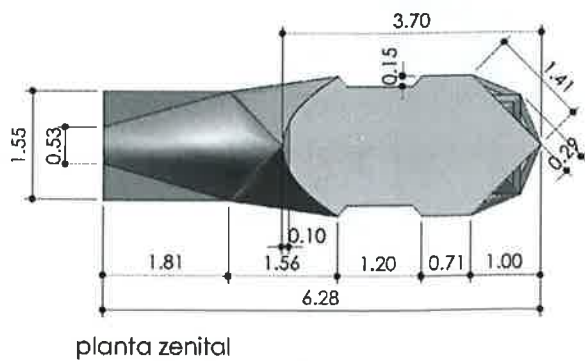
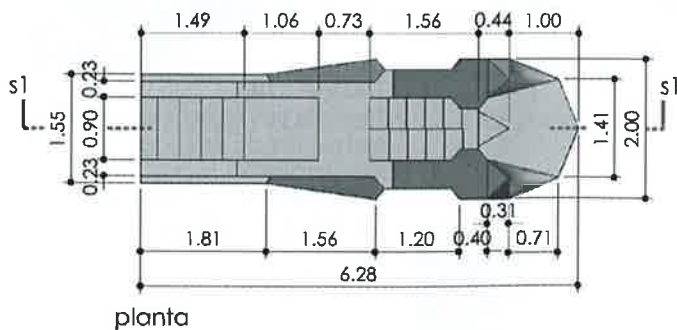
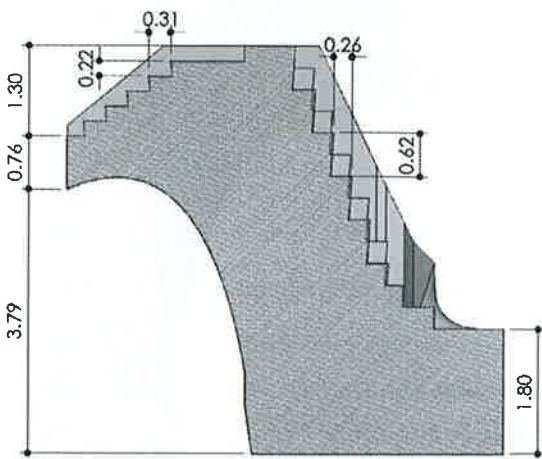
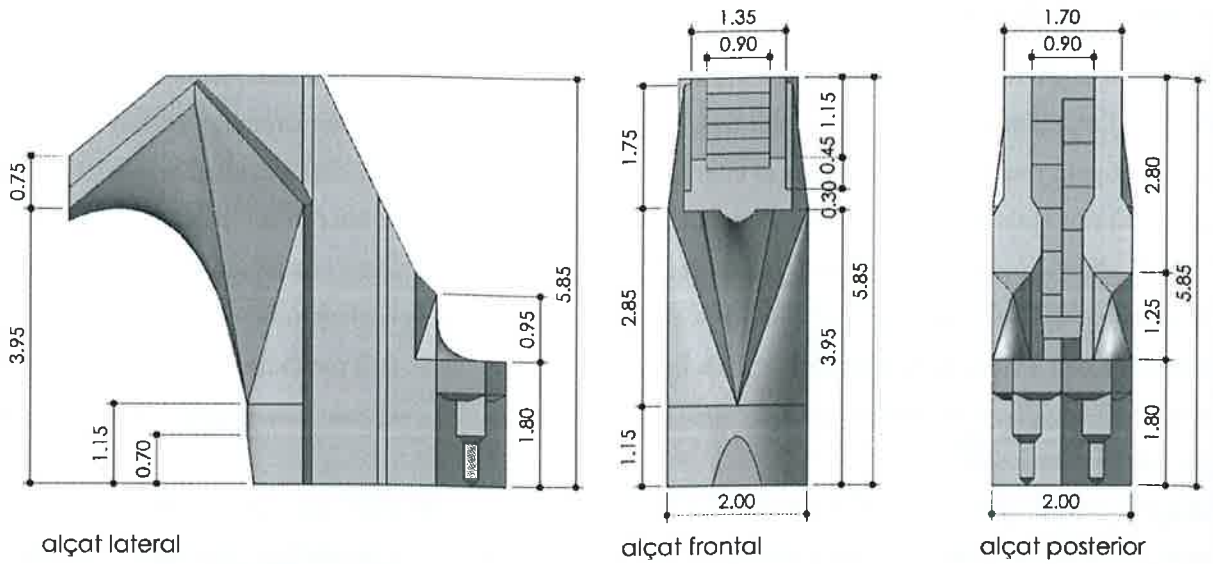
No tot el capitell té la mateixa complexitat. La seva zona frontal s'ordena d'una forma més senzilla (*imatge 7.103*). La paràbola frontal, que ve del fust, s'extrudeix en la part baixa del capitell –donant-li continuïtat– i conté un petit retall que es forma per la intersecció d'un pla inclinat, de la mateixa manera que s'havia fet en la peça inferior (fust R-095b). A partir d'aquí, Gaudí disposa un paraboloides central (*marcat en blau a la figura 7.103*), abraçat per dos paraboloides laterals que tenen molt poca curvatura i quasi són plans. La connexió entre la paràbola del fust i aquests paraboloides s'obté amb una superfície reglada (*que en el dibuix s'ha marcat en verd*) que connecta la mitja paràbola de cada banda amb les directrius dels paraboloides laterals. La construcció d'aquesta superfície es mostra a través de les marques que van fer els modelistes originals i que els van servir de guia per fer-les.

Aquests dos pseudoparaboloides són molt interessants perquè ens mostren com Gaudí, en aquest tipus de peces menys sofisticades, no tenia cap problema en extrapolar les lleis de la geometria "acadèmica" i aplicar-les en solucions menys ortodoxes.



**Imatge 7.103.-** Zona frontal formada per superfícies reglades, amb indicació de les seves generatrius. (No s'han dindicat les generatrius dels paraboloides gros per aclarir el dibuix).

**Imatge 7.104.-** Capitell del contrafort de la nau lateral (R-095c). Esquema geomètric de la zona posterior.



**Imatge 7.105.-** Capitel·l del contrafort de la nau lateral (R-095c)  
Planta, secció i alçats.

CONTRAFORT DE LA NAU LATERAL

Fust del contrafort de la nau lateral (R-097b)



**Imatge 7.106.-** Situació del fust del contrafort dins del conjunt.

**Imatge 7.107.-** Fust R-097b  
Peça original consolidada.

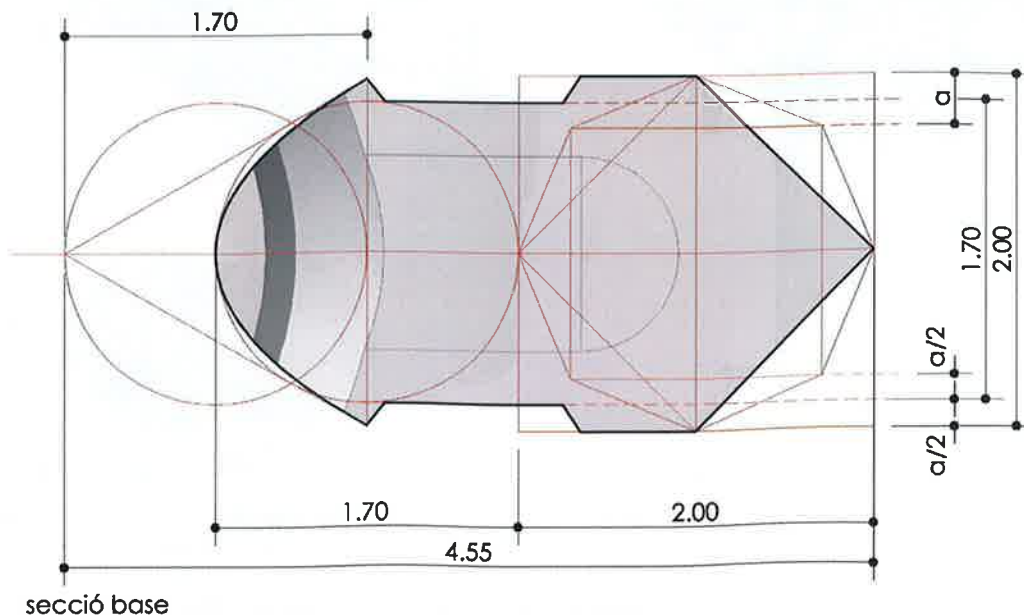
**Imatge 7.108.-** Fust R-097b  
Model tridimensional.

Existeix una variant del fust i el capitell del contrafort de cantoria que s'ha explicat anteriorment (R-095b i 095c).

Les variacions respecte el fust anterior són la secció base, que en aquest cas es correspon amb la que hem mostrat en l'escala del trifori baix (*imatge 7.109*).

Un altre canvi, respecte el fust anterior, és que aquest no està decorat per la cara que dona a l'interior de les naus (*imatge 7.108*).

En darrer terme, encara trobem una altra diferència: l'alçada de la peça de guix, tot i que la suma de les peces del conjunt de cada variant (R-095b+R-095c / R-097b+R-097c) és la mateixa en tots dos casos.



**Imatge 7.109.-** Fust del contrafort de la nau lateral (R-097b) Planta zenital amb indicació de la secció transversal.

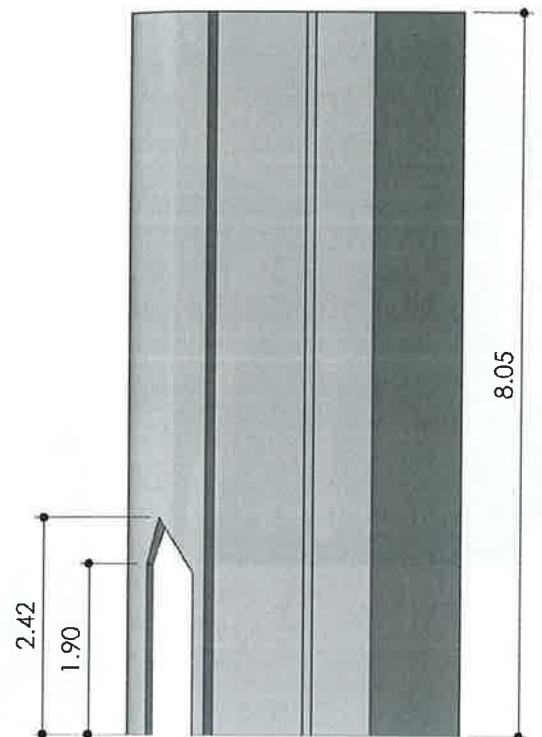
A continuació es mostren la planta i alçats acotats en 2d:



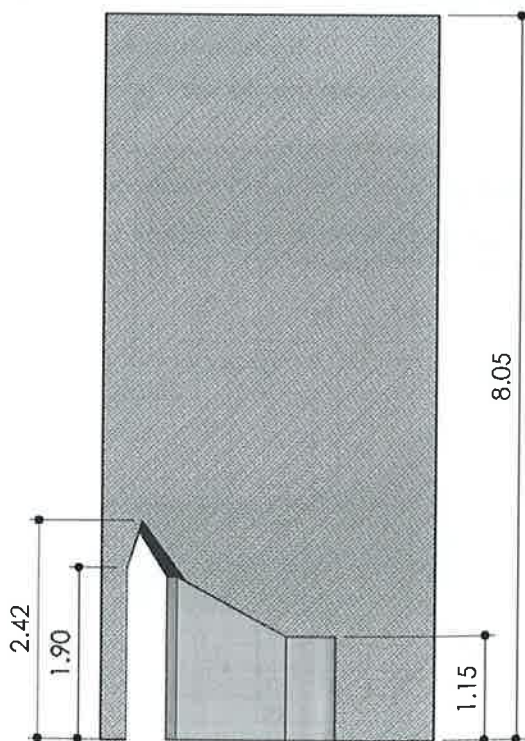
alçat frontal



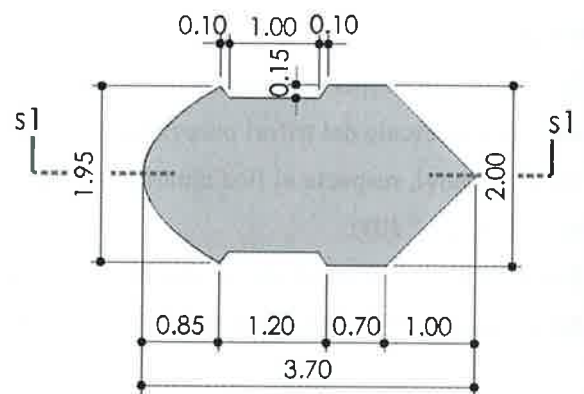
alçat posterior



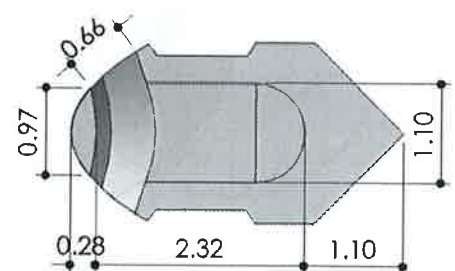
alçat lateral



secció vertical s1



planta



planta zenital

**Imatge 7.110.-** Fust del contrafort de la nau lateral - entre finestrals - i accés de l'escala del trifori baix (R-095c)  
Planta, secció i alçats.

## CONTRAFORT DE LA NAU LATERAL

### Capitell del contrafort de la nau lateral (R-097c)



**Imatge 7.111.-** Situació del capitell del contrafort dins del conjunt.

Aquesta peça correspon a la variant que acompanya el fust del contrafort R-097b i presenta variacions en l'alçada i en el desenvolupament de la zona frontal respecte el capitell anterior.



**Imatge 7.112.-** Capitell R-097c  
Peça original pràcticament intacta.



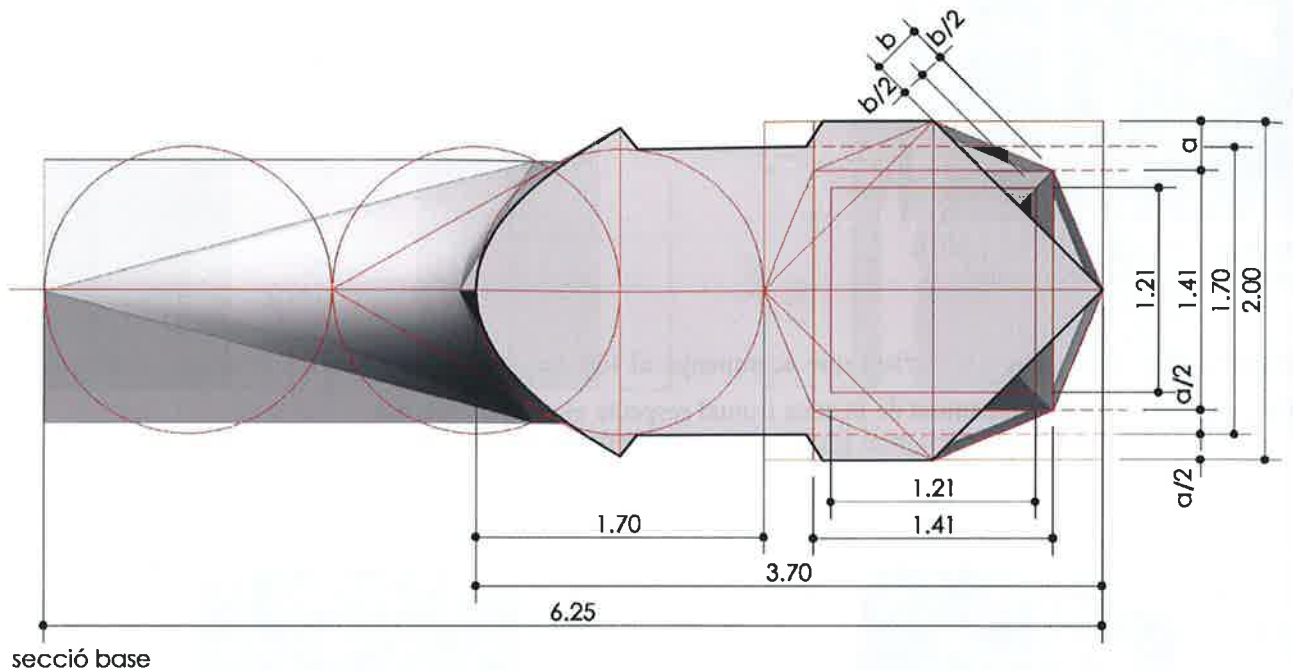
**Imatge 7.113.-** Capitell R-097c.  
Model tridimensional.



Aquesta peça comparteix el perfil base amb el fust R-097 –ja que manté la continuïtat de la secció–, que estava format per una família de quadrats inscrits dins un quadrat principal de 2 metres de costat, amb l'addició d'un cercle d'1,70 metres al davant, que dóna una longitud total de 3,70 metres (*imatge 7.114*). No ens estendrem més amb la descripció del perfil, que ja s'ha detallat en la base del contrafort i també en l'escala del trifori baix.

La peculiaritat, respecte a casos anteriors, es troba en la longitud total del capitell, de 6,25 metres, que es forma per l'addició de 2 cercles d'1,70 metres des de l'arrencada de la paràbola frontal.

Aquesta disposició es marca a la figura següent (*imatge 7.114*):



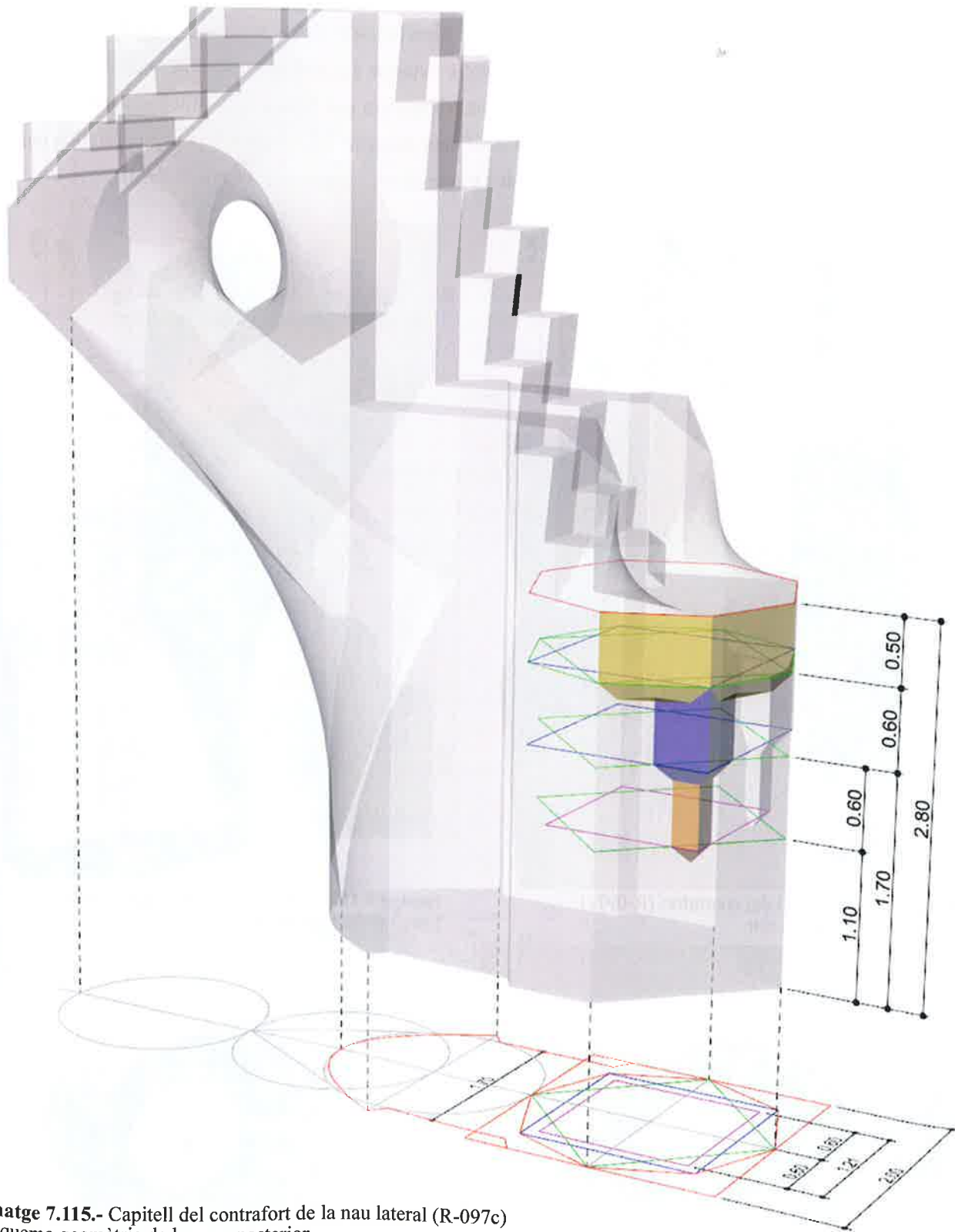
**Imatge 7.114.-** Capitell del contrafort de la nau lateral (R-097c) Planta zenital amb indicació de la secció transversal.

Un cop establerta la geometria en planta, l'arquitecte eleva les diferents figures a unes cotes determinades (*imatge 7.115*). Amb aquesta operació passa del quadrat en diagonal –que dóna forma a la zona posterior del fust– a l'octògon. Aquesta transició és gradual, amb la construcció d'unes mènsules que geomètricament es recolzen en els quadrats descrits, partint dels més petits en les cotes baixes fins arribar als més grans a les cotes superiors.

La diferència respecte l'altre capitell del contrafort (R-095c) –que s'ha estudiat abans– és la variació de cotes dels polígons intermedis. En aquest cas també trobem referència de les cotes d'alçada a les dimensions emprades a la planta, però en aquesta zona no es repeteixen les mides del capitell anterior, com en principi seria d'esperar.

La zona posterior es completa amb una grada que puja fins a la cota superior del capitell, que s'inicia amb un graó triangular ubicat entre paraboloides i plans triangulars (*imatge 7.116*).

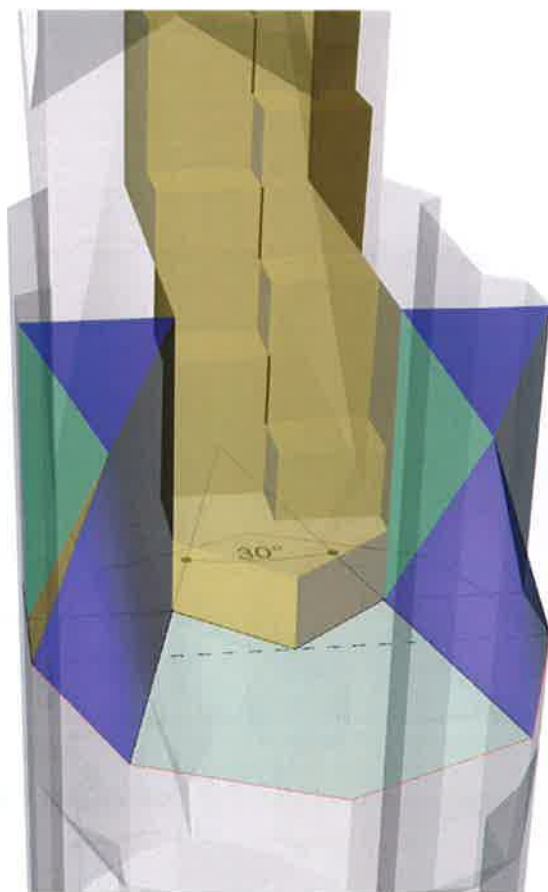
El detall de com s'articula aquesta zona es mostra en la següent imatge:



**Imatge 7.115.-** Capitell del contrafort de la nau lateral (R-097c)  
Esquema geomètric de la zona posterior.

La zona frontal també presenta diferències respecte el capitell anterior. En aquest model, la paràbola extruïda del fust es prolonga sense una interrupció total de la seva secció. El paraboloides frontal, que suporta l'escala de cantoria, neix de la paràbola extruïda, amb la disposició d'uns plans intermedis (*marcats en verd a la imatge 7.117*) que fan possible la compatibilitat de les directrius del paraboloides amb una superfície corba.

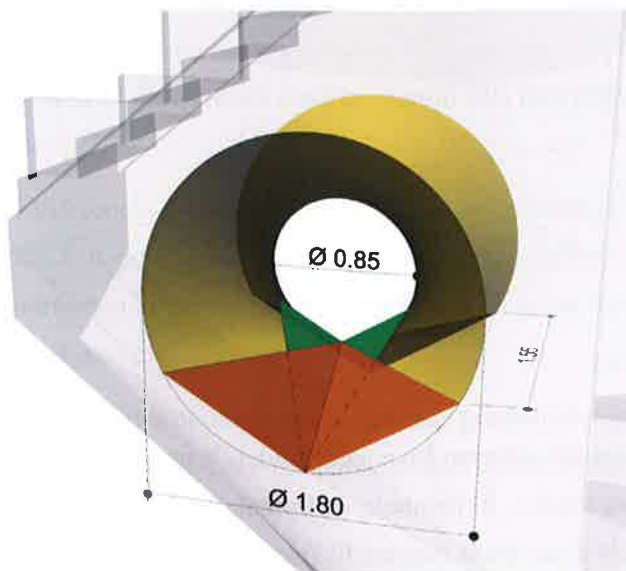
Aquesta zona té més cantell i resulta molt més pesada que la del capítell anterior, i Gaudí la forada amb un hiperboloide per alleugerir-la visualment. El forat no és un hiperboloide nu, i l'arquitecte estableix un joc de plans per decorar-lo (*imatge 7.118*). La construcció de l'hiperboloide s'obté en passar un pla pel punt baix del collarí, que determina les generatrius al tallar el cercle exterior. La part inferior de la superfície es retalla amb el pla de construcció i es completa amb dos plans triangulars per banda. L'arquitecte acaba l'operació traçant dues generatrius des del punt inferior (*marcades amb puntejat a la imatge 7.118*) que retallen part de l'hiperboloide restant, sobre el qual col·loca dos plans triangulars més petits (marcats en verd).



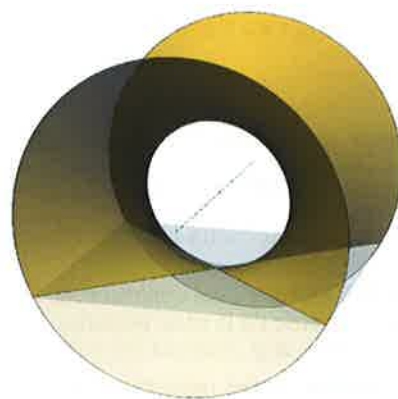
**Imatge 7.116.-** Capítell del contrafort (R-097c)  
Detall de la grada posterior.



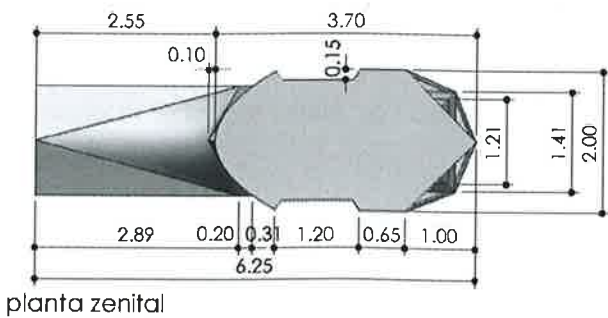
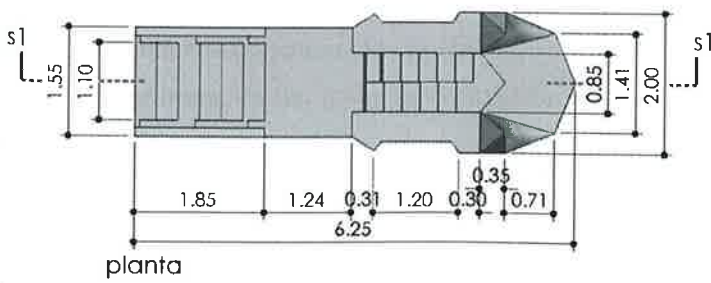
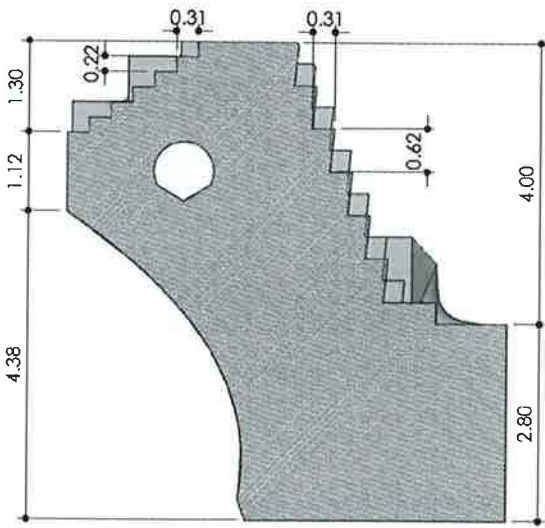
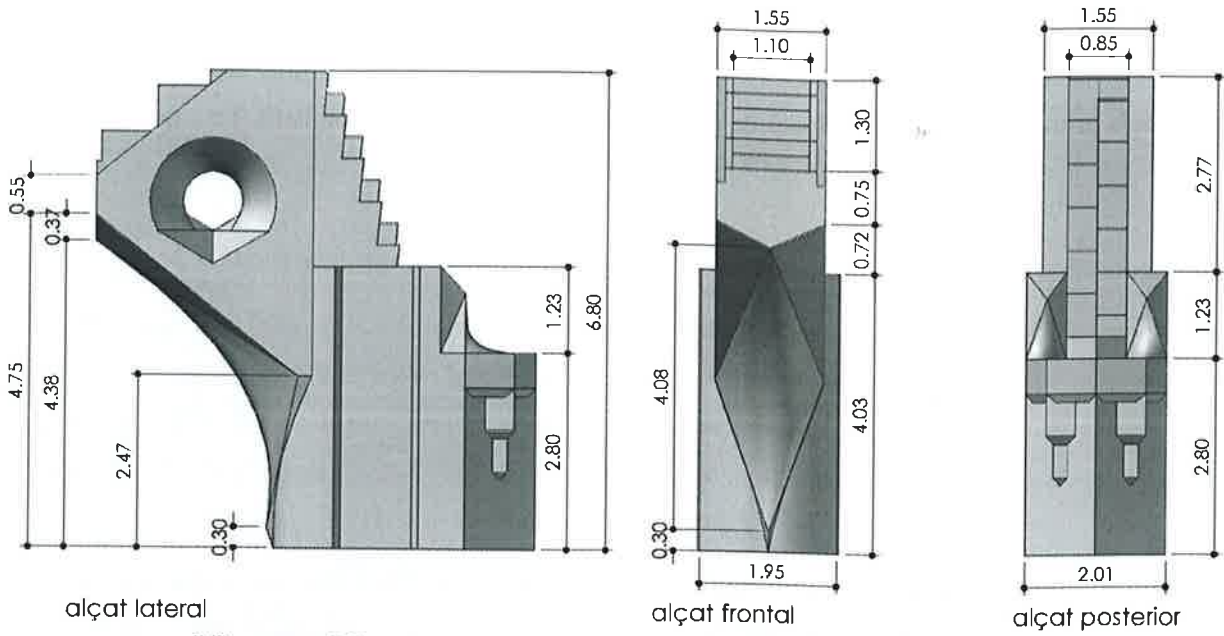
**Imatge 7.117.-** Capítell del contrafort (R-097c)  
Detall de la zona frontal.



**Imatge 7.118.-** Capítell del contrafort (R-097c)  
Detall de l'hiperboloide amb plans triangulars que segueixen les generatrius.



**Imatge 7.119.-** Hiperboloide inicial. Un pla horitzontal que passa pel punt baix del collarí determina les generatrius.



Imatge 7.120.- Capitell del contrafort de la nau lateral (R-097c)  
Planta, secció i alçats.

### Característiques comunes dels contraforts

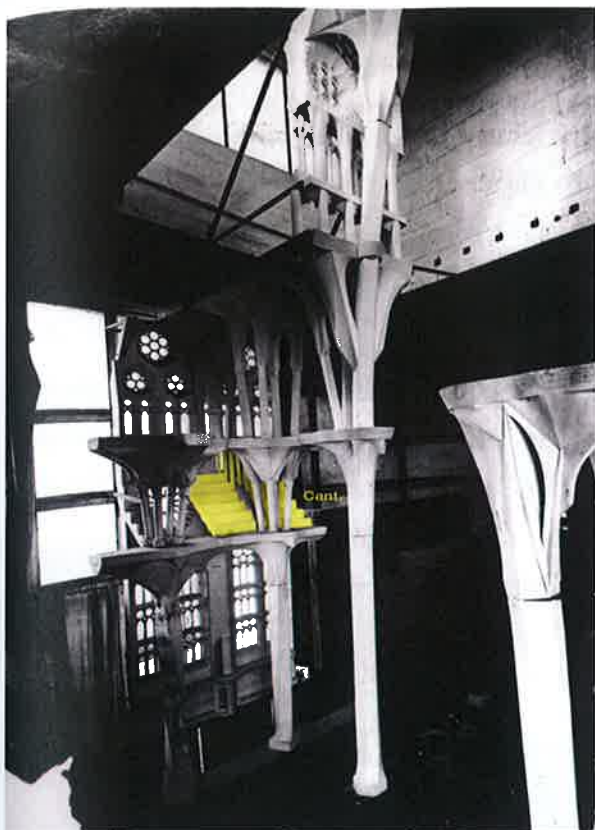
En tots els casos, hem vist com Gaudí crea les peces del contrafort a partir d'una secció transversal que es regeix pels principis bàsics d'inscripció de polígons que havíem vist pels capitells, tot i que incorpora unes novetats a la part frontal, on afegeix una paràbola per fer el traçat curvilini que es veu des de l'interior de la nau.

En el cas de la construcció a través de polígons, veiem un comportament diferent entre les dues variants de capitell; una, on l'alçada on es situen els capitells està molt vinculada a les dimensions geomètriques que s'han establert en planta i, una altra, que és menys estricta, on les mides no estan tan vinculades. Aquest canvi de criteri sobta en dues peces que tenen una generació molt semblant en planta. En els estudis realitzats fins ara, havíem trobat una altra peça on es complia, encara que de forma tímida, la primera relació: el capitell de cota +20m R-018, però aquest criteri no predomina de forma estricta en la resta de models.

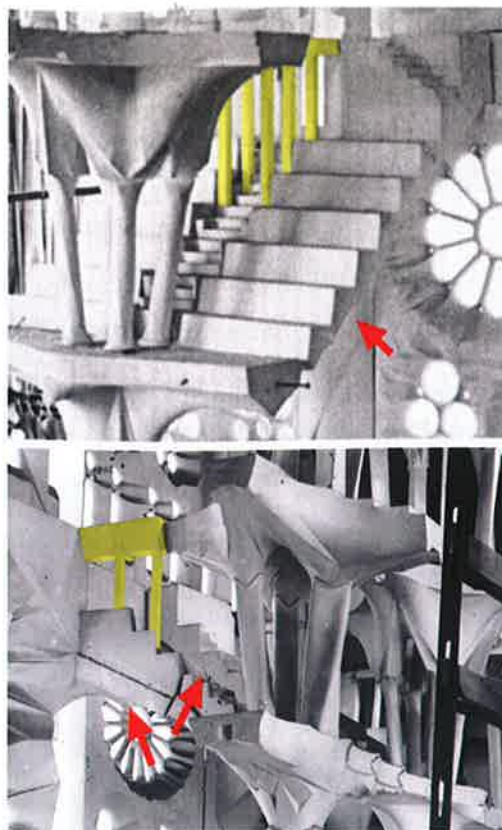
Una altra característica comuna és la voluntat de mantenir la continuïtat entre peces, que s'aconsegueix en alguns casos a través de procediments poc acadèmics, com succeeix en el capitell R-095-b, on Gaudí genera una superfície reglada a partir de mitja paràbola. No és la primera vegada que veiem aquesta solució, que l'arquitecte també ha utilitzat en els suports de les voltes de les naus laterals (R-091) amb la mateixa finalitat.

## 7.1.5. Cantoria

## Grades de la cantoria i passera superior



**Imatge 7.121.-** Situació de la cantoria i de la passera dins del conjunt.



**Imatge 7.122.-** Detall de les fotografies originals on es veu la passera i s'assenyala el perfil inferior de la cantoria.

En la segona versió de les naus, Gaudí fa diverses propostes per l'intercolumni i els contraforts de la cantoria (que s'han conservat fins a dia d'avui), però no succeeix el mateix amb la graderia (*imatge 7.121*), de la qual només se'n coneix l'existència de dues peces –del mateix mòdul de la nau– a través de fotografies.

Amb la passera ens trobem en un cas similar, i si ens fixem en les fotografies hi veurem dues variants (*imatge 7.122*). La primera, de fet, no es pot considerar una versió vàlida, ja que es limita a un planxó de guix que s'aguanta sobre sis petits pilars i que més aviat fa referència a l'existència d'un element, encara per resoldre, que a una solució real de la peça.

En la segona fotografia s'hi veu una peça treballada (que correspon a mig element d'una solució posterior) de la qual tampoc se'n conserva cap fragment.

Per a la interpretació de les cantories es recorre a l'estudi de les fotografies originals i a la comparació amb les grades construïdes de la tercera versió, on Gaudí va col·locar uns paraboloides allargats –en forma de rombe– que segueixen el pendent.

En les fotografies s'observa el tall de l'element a meitat del tram (FC-02 i 03 de l'annex 2), que presenta unes paràboles que es van apilant i segueixen la grada. En la fotografia FC-03 es veu l'intercolumni del capitell R-009, on la cara lateral es retalla amb uns paraboloides que tenen les seves directrius disposades en zig-zag.

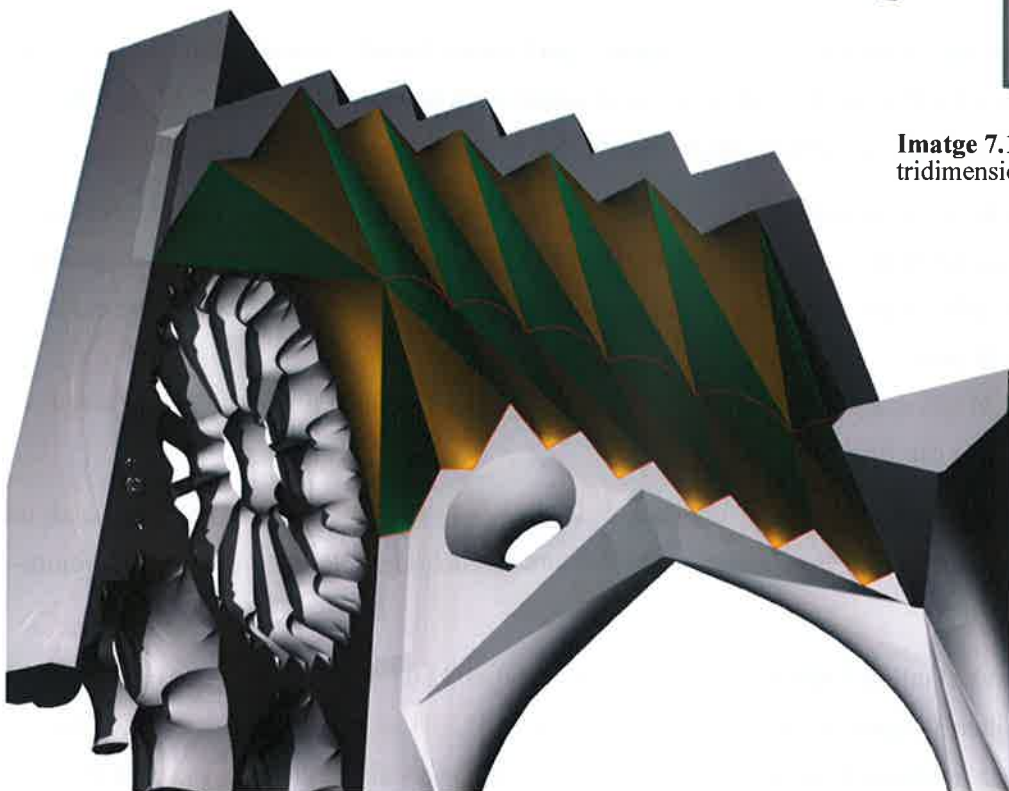
A partir d'aquestes pautes, es desprèn que Gaudí va solucionar la cara inferior de les grades amb paraboloides allargats en forma de rombe, però, a diferència de la versió definitiva, els va col·locar perpendiculars al pendent, descarregant l'estructura de contrafort a contrafort (*imatge 7.124*). La trobada amb la rosassa del finestral es resol amb mig paraboloides, seccionat per la seva paràbola principal i envoltat de quatre paraboloides més que fan la transició entre els dos sistemes.

La cara superior no presenta cap complicació, perquè les escales es situen dins la franja de l'intercolumni i només queda per resoldre la graderia. En les fotografies es veu que aquesta té els frontals en pendent, amb una grada cada tres graons. A la part superior també hi ha unes escales, paral·leles al finestral, que donen accés a la passera de 20 metres d'alçada. Aquests elements són molt semblants als de la tercera versió (que només disposa unes escales en la trobada amb els transseptes) i s'han dibuixat segons les darreres maquetes de Gaudí.

La passera s'ha resolt amb la variant de la fotografia FC-03 i s'ha adoptat la secció transversal del capitell de 20 metres (R-002), amb l'extrusió de les cares laterals inclinades (*imatge 7.123*). La cara inferior s'ha resolt amb un paraboloides, suportat per unes columnes molt esveltes, de secció quadrada, molt semblants a les que es troben construïdes a l'interior de la façana del Naixement.



**Imatge 7.123.-** Model tridimensional de la passera.



**Imatge 7.124.-** Model tridimensional de la cara inferior de la cantoria. En vermell s'assenyala la trobada amb l'intercolumni (en zig-zag) i la secció pel mig del mòdul, amb les paràboles principals dels paraboloides.

### 7.1.6. Principis generals de la geometria de la segona versió de les naus

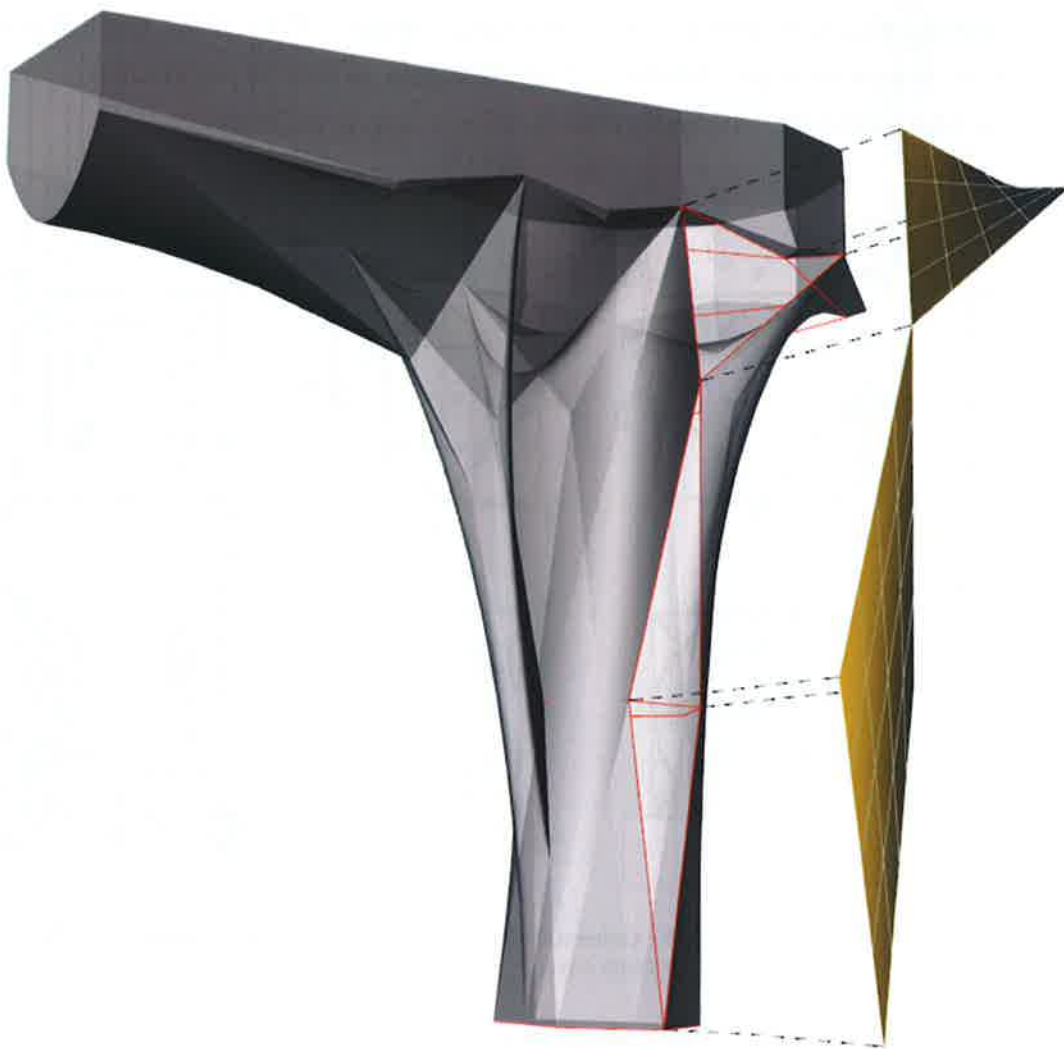
En aquest apartat es vol resumir les característiques generals de la geometria que defineix les peces de la segona versió de les naus que hem vist fins ara.

La primera característica a destacar és que totes les peces estan formades per un esquelet geomètric intern, que les ordena i proporciona, i que en la majoria de casos no és perceptible a primer cop d'ull.

La segona característica és que Gaudí revesteix l'esquelet amb plans i unes superfícies reglades que fins el moment no eren d'ús comú en arquitectura: el paraboloides, i en algun cas l'hiperboloide, que en el capítol 5 hem vist com l'arquitecte els adopta en la darrera etapa de la seva obra civil, quan necessita construir de forma senzilla les formes complexes que pretenia fer.

La relació entre la pell i l'esquelet s'estableix a través dels vèrtexs dels polígons, que alhora ho són de les superfícies reglades o els plans. La unió entre els vèrtexs seleccionats de cada polígon forma les arestes que confinen el requadre, que alhora són les generatrius comunes de les superfícies reglades de pell (*imatge 7.125*).

És precisament la pell, formada majoritàriament per superfícies reglades –que apareixien de forma teòrica en els tractats de geometria descriptiva del segle XIX però que en la pràctica no s'aplicaven arquitectònicament– el que dóna un aspecte innovador als elements que conformen l'interior de la nau.



**Imatge 7.125.-** Col·locació de la pell - formada per superfícies reglades - sobre l'esquelet intern, creat a base del gir i escalat de polígons regulars.

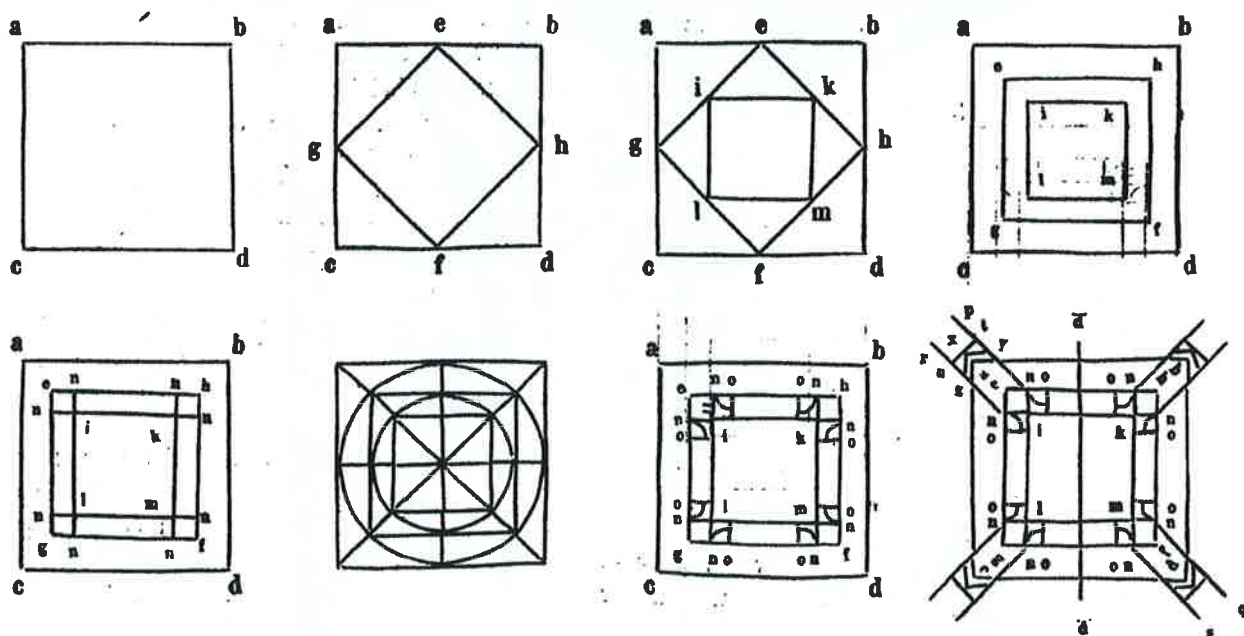


En canvi, la formació del complex esquelet intern no respon a cap principi revolucionari, sinó tot el contrari: es basa en els procediments geomètrics de l'arquitectura gòtica. Aquest fet no deixa de ser una paradoxa, perquè Gaudí estructura una nova arquitectura que pretén substituir el llenguatge neogòtic del Temple a partir dels principis interns que regien l'estil original.

Durant la joventut de Gaudí estaven en voga els tractats sobre arquitectura antiga i gòtica, i llibres que recollien aquestes ensenyances encaminades a una nova arquitectura, entre els quals podem destacar els *Entretiens* o el *Dictionnaire Raisonné*, de Viollet-le-Duc, entre d'altres, publicacions que l'arquitecte coneixia de primera mà. També és sabuda la seva afició a passar moltes jornades a la biblioteca de l'escola –fins i tot en hores lectives– consultant diversos tractats i novetats bibliogràfiques. A més, Gaudí era col·laborador de Joan Martorell, que era un reputat arquitecte de marcada inspiració (*neo*)gòtica.

Tots aquests factors fan pensar que Gaudí era coneixedor dels mecanismes bàsics que formaven la geometria gòtica i que trobem aplicats en la construcció de l'esquelet de les peces que s'han descrit fins el moment.

Un bon resum de les característiques geomètriques el trobem en el manuscrit de Matthäus Roriczer<sup>1</sup> sobre la construcció de pinacles (1485), que Gaudí probablement no coneixia de primera mà, però segurament sí que coneixia part del seu contingut, que s'explicava en molts altres tractats. En el manuscrit dels pinacles, que es completa amb una part gràfica, es descriu com generar-los a partir d'una secció de base –un quadrat– que estableix totes les dimensions a partir de relacions geomètriques (*imatges 7.125 i 7.126*). En ell hi apareix la inscripció de quadrats, ja sigui en diagonal (relació  $\sqrt{2}$  *ad quadratum*, ja descrita per Vitruvi<sup>2</sup>) o paral·lels a l'original, amb el factor d'escalat que correspon a l'inscrit, tal com després fa Gaudí.



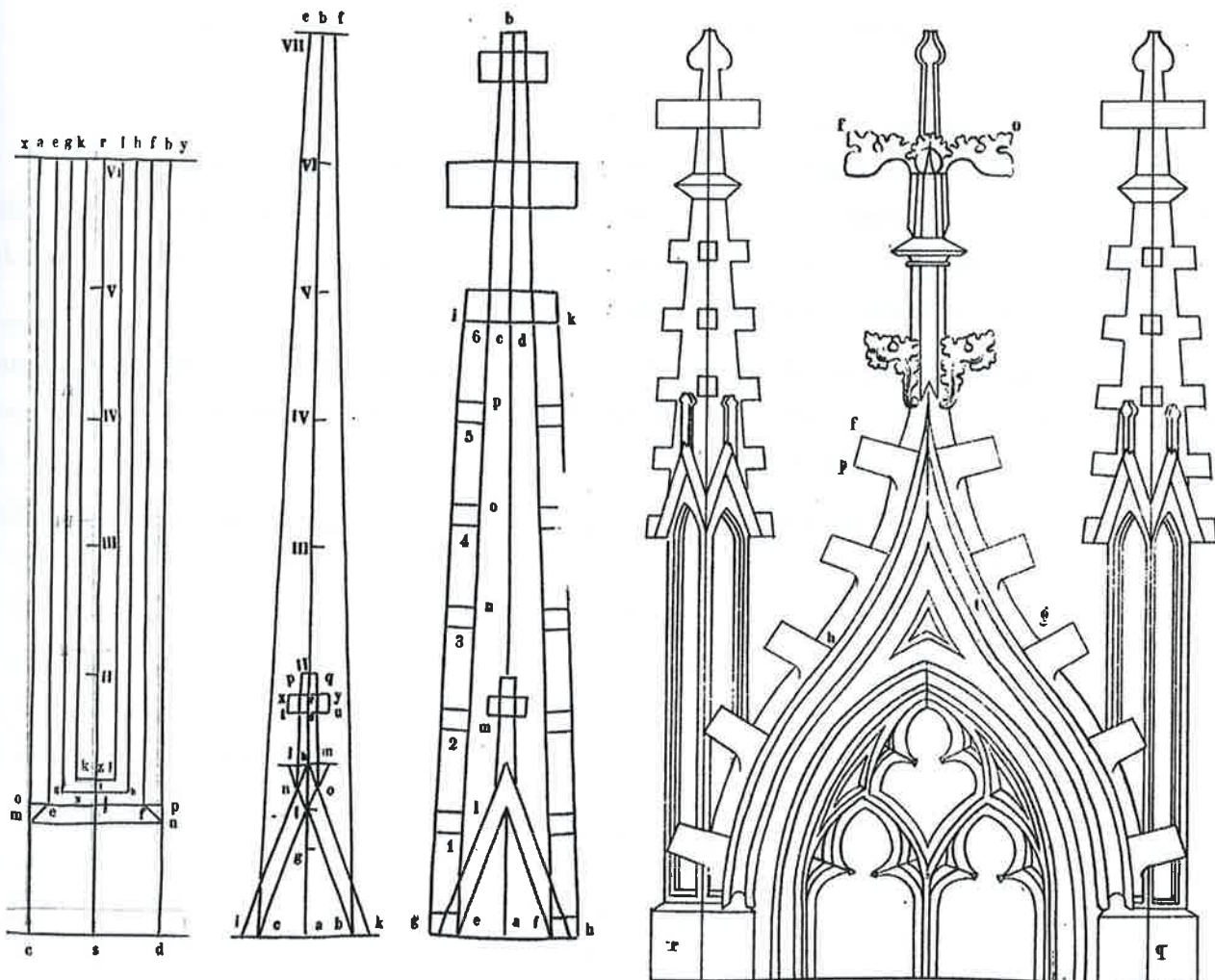
**Imatge 7.126.**– Tractat de Matthäus Roriczer (1485). Generació dels polígons base per gir i escalat de polígons. Gaudí farà servir el mateix mètode al cap de quatre-cents anys.

1 Roriczer, Matthäus: *Das Büchlein der fialen Gerechtigkeit* (1486). Editat el 1845.

2 Entre els tractats de geometria podem destacar el de C.F.A. Leroy (1837), J. de Gourneric (1860), T. Olivier (1843) i G. Monge (1827)

Gaudí no és estricta en l'aplicació d'aquestes regles i traspasa les limitacions fixades per triangles (*ad triangulum*) i quadrats, extrapolant-ho a una sèrie més àmplia de polígons regulars (pentàgon, hexàgon). Gaudí encara realitza més transgressions, com ara provar d'inscriure polígons amb diferent nombre de costats (capitell R-018), o l'escalat lliure d'algunes seccions, *sense establir relació entre polígon inscrit/circumscribit*.

En el mètode estricte del manuscrit de Roriczer, el quadrat de base fixa, fins i tot, l'alçada i la cota de situació dels polígons. Gaudí tampoc és estricta en l'aplicació d'aquestes regles, però en algunes peces sí que ho intenta —de forma conscient o casual—, com succeeix en els capitells del contrafort de la cantoria (R-095c i R-097c).

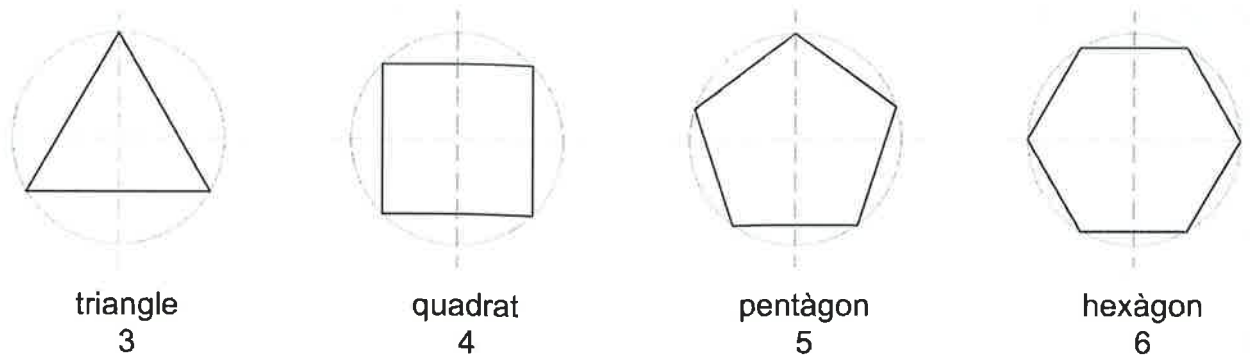


**Imatge 7.127.-** Tractat de Matthäus Roriczer (1485).  
Establiment de les mides d'alçada i element acabat.

A continuació, fem un recull amb les característiques més rellevants que Gaudí aplica en els seus esquelets:

#### A.- Ús de polígons regulars:

Normalment, les seccions transversals a l'eix són polígons regulars. En les peces estudiades els més habituals són: el triangle (3), quadrat (4), pentàgon (5) i hexàgon (6 costats), que col·loca en unes seccions determinades.



**Imatge 7.128.-** Polígons regulars més habituals en les peces estudiades de la segona versió de les naus.

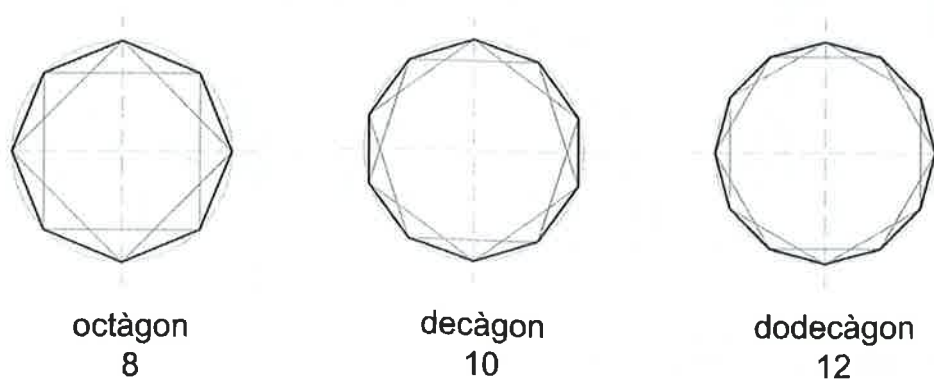
#### B.- Gir de seccions i polígons "dobles":

Gaudí gira i escala els polígons regulars, que normalment col·loca en diferents seccions al llarg de l'eix.

En alguns punts concrets, l'arquitecte situa uns polígons amb el doble de costats que en la resta de seccions, que sempre són el resultat de la còpia i escalat d'un de simple, girat fins a fer coincidir el vèrtex en el centre de la cara de l'original, en dues direccions oposades (*imatge 7.129*).

En les peces estudiades, els polígons "dobles" més habituals són: l'octàgon (8), el decàgon (10) i el dodecàgon (12 costats). Cal destacar que no és habitual trobar polígons aïllats amb aquest nombre de cares i que sempre s'obtenen amb la suma de dos polígons simples.

Aquest procés de multiplicació del nombre de cares és l'embrió del doble gir que culminarà en les columnes de la darrera versió de les naus.



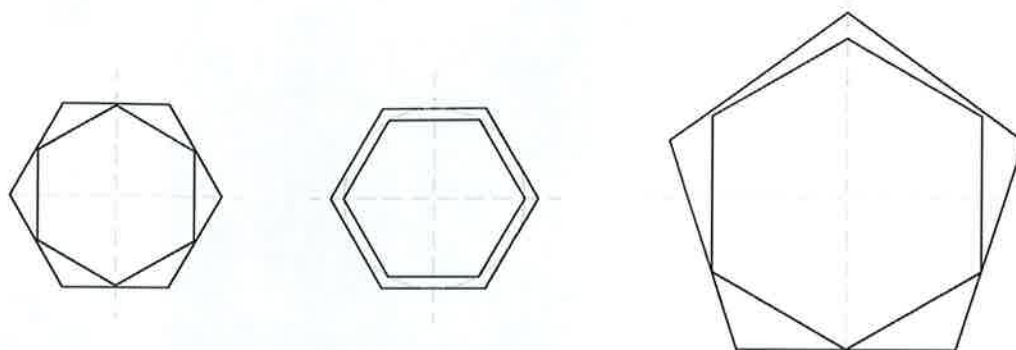
**Imatge 7.129.-** Polígons "dobles" obtinguts a través de la còpia i gir dels polígons regulars.

**C.- Inscripció de polígons:**

Gaudí inscriu polígons en la majoria de peces. L'operació més habitual consisteix en fixar els vèrtexs de la figura inscrita en el centre de les arestes del polígon original (*imatge 7.130 A*).

En alguns casos, Gaudí situa polígons paral·lels a un d'exterior, sense que, aparentment, hi hagi una relació d'escala entre ells (*imatge 7.130 B*). A través de la mesura dels models s'ha determinat que la relació entre ells correspon a la generada per la inscripció, fent coincidir el vèrtex del polígon interior sobre el cercle inscrit dins del polígon original.

Cal destacar que a partir d'aquest procediment de generar les seccions transversals –que a priori sembla clar i rigorós– Gaudí efectua algunes transgressions, i en algun cas –de solució poc elegant– intenta inscriure polígons amb diferent nombre de vèrtexs (*imatge 7.130 C*). L'exemple més il·lustratiu d'aquesta transgressió la trobem en el capitell R-018, on l'arquitecte intenta inscriure un pentàgon dins un hexàgon, amb una aproximació on no és possible el contacte de tots els vèrtexs amb el polígon exterior.



**Imatge 7.130.-** Inscripció de polígons en els models de Gaudí:

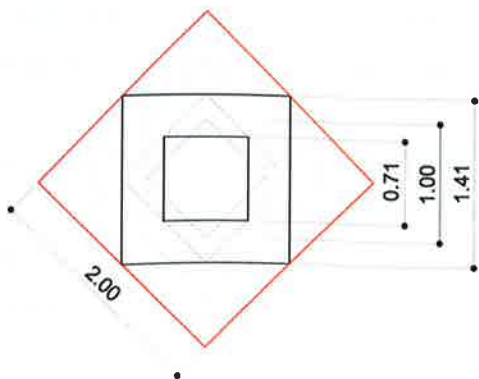
- A.- Polígon inscrit per gir.
- B.- Polígon inscrit paral·lel a l'exterior, amb les proporcions fixades pel procediment A.
- C.- Intent realitzat per Gaudí per inscriure figures amb diferent número de costats.

**D.- Escala de mides basada en la inscripció de polígons, a partir de mides enteres:**

Troblem, en les peces estudiades, una escala de proporcions derivada de la inscripció de polígons (*imatge 7.131*). En molts casos, aquesta escala parteix de mides enteres, com en la base de la columna de la nau central o el contrafort de la nau lateral de sota cantoria (totes dues parteixen de dos metres).

És habitual trobar les mides d'1,41 metres –que correspon a la diagonal del quadrat de dos metres ( $\sqrt{2}$ )– i de 0,707 –diagonal del quadrat unitat ( $\sqrt{2}/2$ ). Aquestes mides presenten lleugeres variacions degut a la presència de bisells o ressalts entre elements contigus (com en el cas de la columna i el seu capitell).

En el cas de la nau central, aquesta mida (0,704 metres) es manté en les cares de les columnes dels dos trams inferiors.



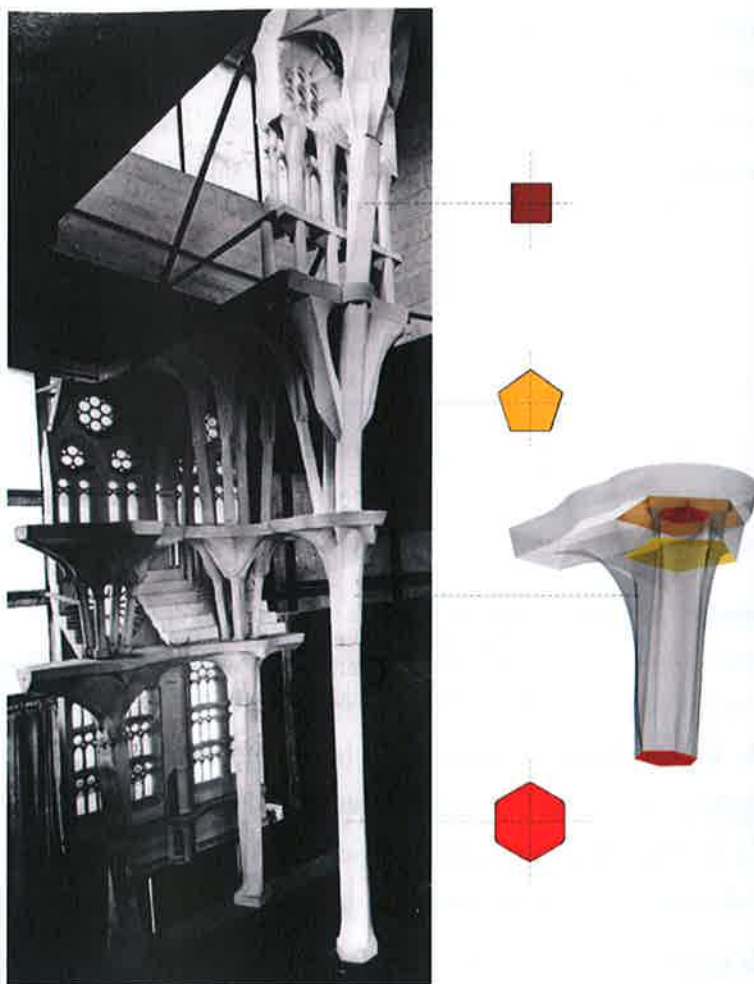
**Imatge 7.131.-** Mides habituals en els polígons de la segona solució de les naus, basades en la diagonal d'un quadrat de mides enteres.

**E.- Gradació de polígons en alçada:**

En les peces estudiades, Gaudí fa una gradació dels polígons en alçada entre els diferents elements que componen un element estructural, com és el cas de la columna de la nau central (*imatge 7.132*).

Aquesta operació també l'aplica en l'interior d'algunes peces, de manera que el trasllat cap al nou polígon superior –amb una aresta menys– es realitza dins del propi element, cosa que succeeix en el capitell de la nau central R-018.

Aquesta operació de canvi del nombre de costats del polígon no és exclusiva de la segona versió de les naus. Gaudí la perfeccionarà en la darrera solució que realitzi abans de morir.



**Imatge 7.132.-** Gradació de polígons dins d'un element estructural, entre diversos elements (columna inferior de la nau central).

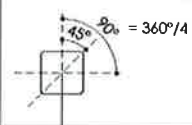
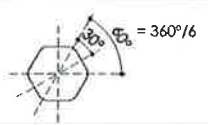
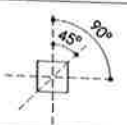
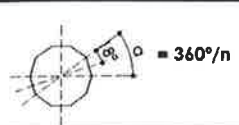
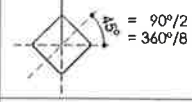
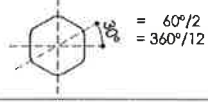
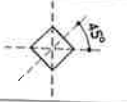
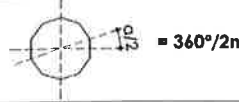
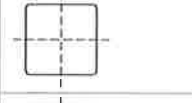
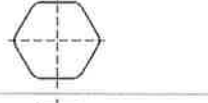
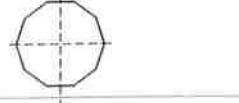
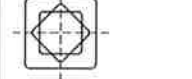



**F.- Distribució del gir i escalat en les columnes:**

Les columnes del pla de Temple (situades a la cota 0) es generen pel gir i escalat d'un polígon al llarg d'un eix longitudinal. El gir s'estructura en dues fases: en la primera, que correspon a la base, es parteix d'un polígon regular que gira fins a situar el vèrtex en el centre de l'aresta i alhora s'escala reduint la secció. En la segona fase, la secció es manté constant i segueix girant en la mateix sentit i angle –però a un ritme més lent– fins a linear la coronació de la columna amb la base.

La resta de columnes –que es situen en altres cotes– prescindeixen de la base i només es formen amb la segona fase descrita –gir sense escalat– amb la meitat de l'angle total.

Amb el procediment descrit podem afirmar que l'angle total que gira la columna correspon als  $360^\circ$  dividits pel nombre de cares del polígon base ( $=360^\circ/n$ ), on la meitat giren a la base (només en el cas de les columnes a Pla de Temple) i la resta al llarg del fust.

En el cas de les columnes sense base, la secció inferior del fust comença girada, com en les columnes de Pla de Temple.

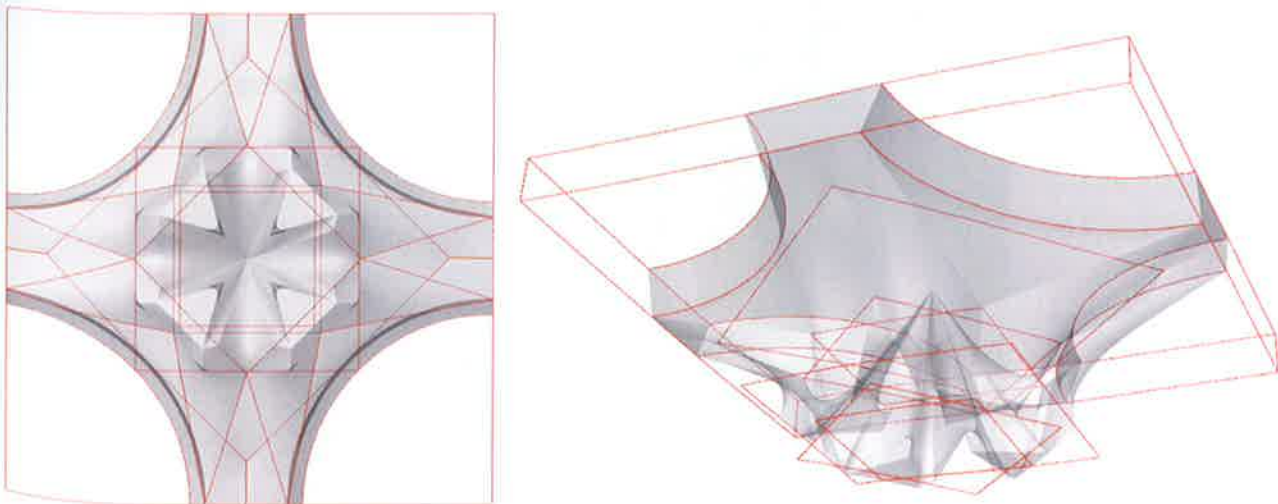
Coronació columna				
Base (cara superior)				
Base (cara inferior)			Aquesta columna no disposa de base	
Vista en planta (superposada)				
	Quadrat (4)	Hexàgon (6)	Quadrat (4)	Polígon tipus (n)
	COLUMNA DE LA NAU LATERAL A PLA DE TEMPLE (Cota 0)	COLUMNA DE LA NAU CENTRAL A PLA DE TEMPLE (Cota 0)	COLUMNA DE LA NAU CENTRAL TERCER TRAM (De 30 a 54 metres)	COLUMNA TIPUS A PLA DE TEMPLE (Cota 0)

Imatge 7.133.- Quadre comparatiu d'angles girats en les columnes estudiades.

### G.- Modelat de peces sobre una planta en 2D:

En el cas de les peces on no predomina una de les longituds damunt les altres, Gaudí actua d'una forma similar, amb l'ús de polígons girats i inscrits. Aquest és el cas dels contraforts de la cantoria (R-095c i R-097c), on fins i tot la separació en alçada entre els polígons té a veure amb mides derivades de la seva secció.

En el cas dels capitells de la nau lateral a cota +20 metres (R-002) –que es troben sobre la cantoria– hi predomina l'extensió en planta. Gaudí també utilitza quadrats per definir l'esquelet de l'element. En aquest model ho combina amb uns arcs de circumferència i estableix, alhora, dues famílies de quadrats –uns, tangents a l'arc; els altres, amb el vèrtex situat sobre el seu punt mig– que es relacionen entre sí. Segurament, en aquest tipus de peça, Gaudí va pensar en plantilles en dues dimensions que s'assentaven sobre el seu entaulament i després les va situar en la seva cota adient (imatge 7.134).



Imatge 7.134.- Geometria basada en un dibuix en dues dimensions i translació d'aquests a diferents plans per construir el model tridimensional.



### 7.1.7. Finestrals

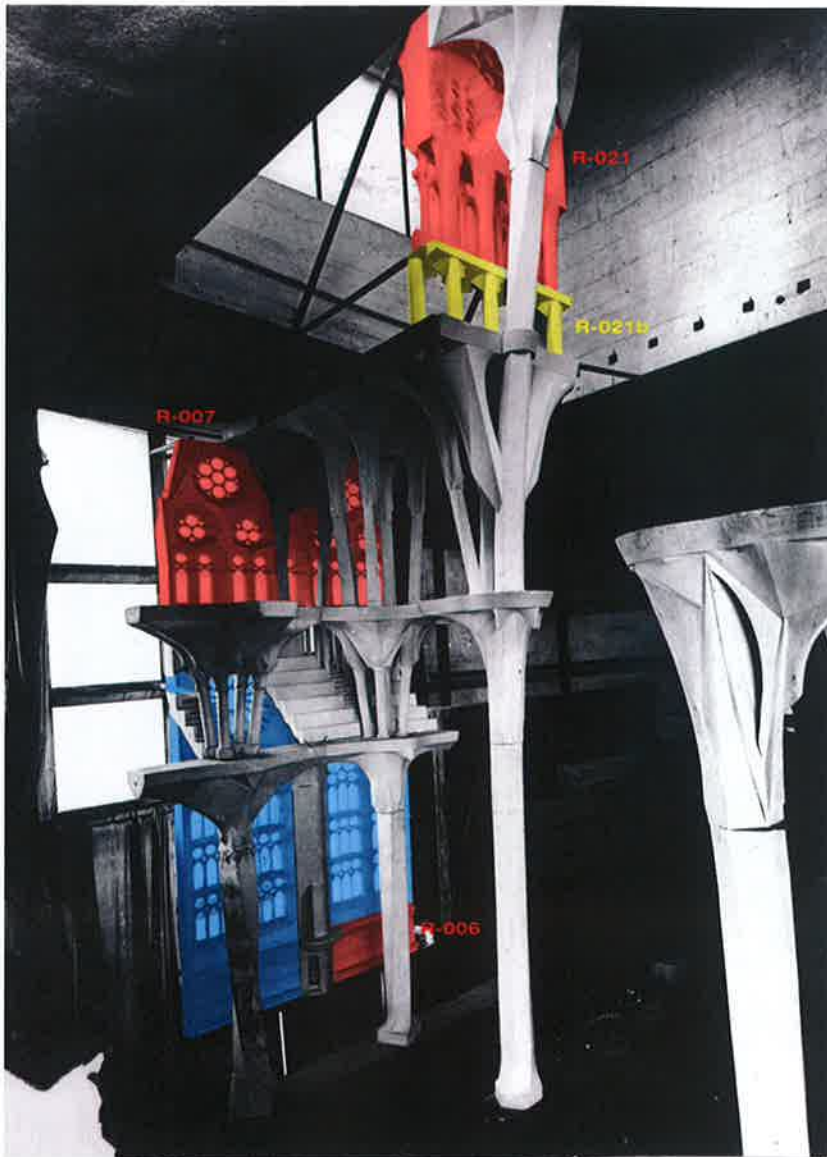
Gaudí inicia l'experimentació amb hiperboloides per la cara interior dels finestrals de la segona versió. A partir dels models originals existents s'han pogut dibuixar directament els següents finestrals:

- Finestral superior de la nau lateral, sobre cantoria: (R-007)
- Finestral de la nau central (R-021)

Les restes de la maqueta del finestral inferior de la nau lateral, finestral situat a sota de la cantoria, es troben en un estat de conservació divers. La base, que conté el nivell del trifori baix, es conserva en bon estat, mentre que de la resta del finestral només se'n conserven uns quants fragments.

A través dels fragments que es conserven, i de les seccions i fotografies originals, s'han pogut modular dues variants del finestral.

- Finestral inferior de la nau lateral, sota cantoria: (R-006\_a)
- Finestral inferior de la nau lateral, sota cantoria: (R-006\_b)



**Imatge 7.135.-** Situació dins del conjunt dels finestrals estudiats de la nau central (R-021) i de la nau lateral (R-006 i R-007).



## FINESTRALS DE LA NAU LATERAL

### Finestral superior de la nau lateral, sobre cantoria (R-007)



**Imatge 7.136.-** Situació del finestral dins del conjunt.

D'aquest finestral se'n conserven dues variants. La primera és el finestral amb l'amplada limitada entre contraforts, mentre que la segona té un mòdul lateral afegit que omple aquest espai.

Tret d'aquest detall, la geometria bàsica dels dos finestrals és la mateixa i per aquest motiu s'expliquen junts.



**Imatge 7.137.-** Finestral R-007. Cara exterior. Peça original restaurada (amb plantilles de guix).



**Imatge 7.138.-** Finestral R-007. Cara exterior. Model tridimensional.

Les dues cares del finestral presenten un llenguatge diferent en el mateix model de guix. La cara exterior és d'influència neogòtica, amb el toc personal de Gaudí i uns brancals molt massissos, però amb una distribució de forats bastant clàssica (*imatges 7.137 i 7.138*).

El finestral es compon d'una rosassa superior, formada per un forat central envoltat per sis forats de la mateixa mida i sis de més petits. A sota de la rosassa hi ha dos conjunts d'obertures, emmarcats per arcs apuntats. Cada conjunt conté un rosetó menor, de tres forats grans i tres de més petits, i dues finestres amb arc apuntat, que es detallen en les imatges adjuntes. Aquests elements (forats, rosasses i arcs apuntats) es formen amb arc de compàs, i la seva secció transversal –motllurada– es resol amb rectes perpendiculars i inclinades que en revolucionar sobre un eix generen cilindres i cons.

El canvi, en la cara interior d'aquests finestrals, passa dels cilindres i els cons a superfícies reglades de revolució, i genera hiperboloides (*imatges 7.139 i 7.140*).

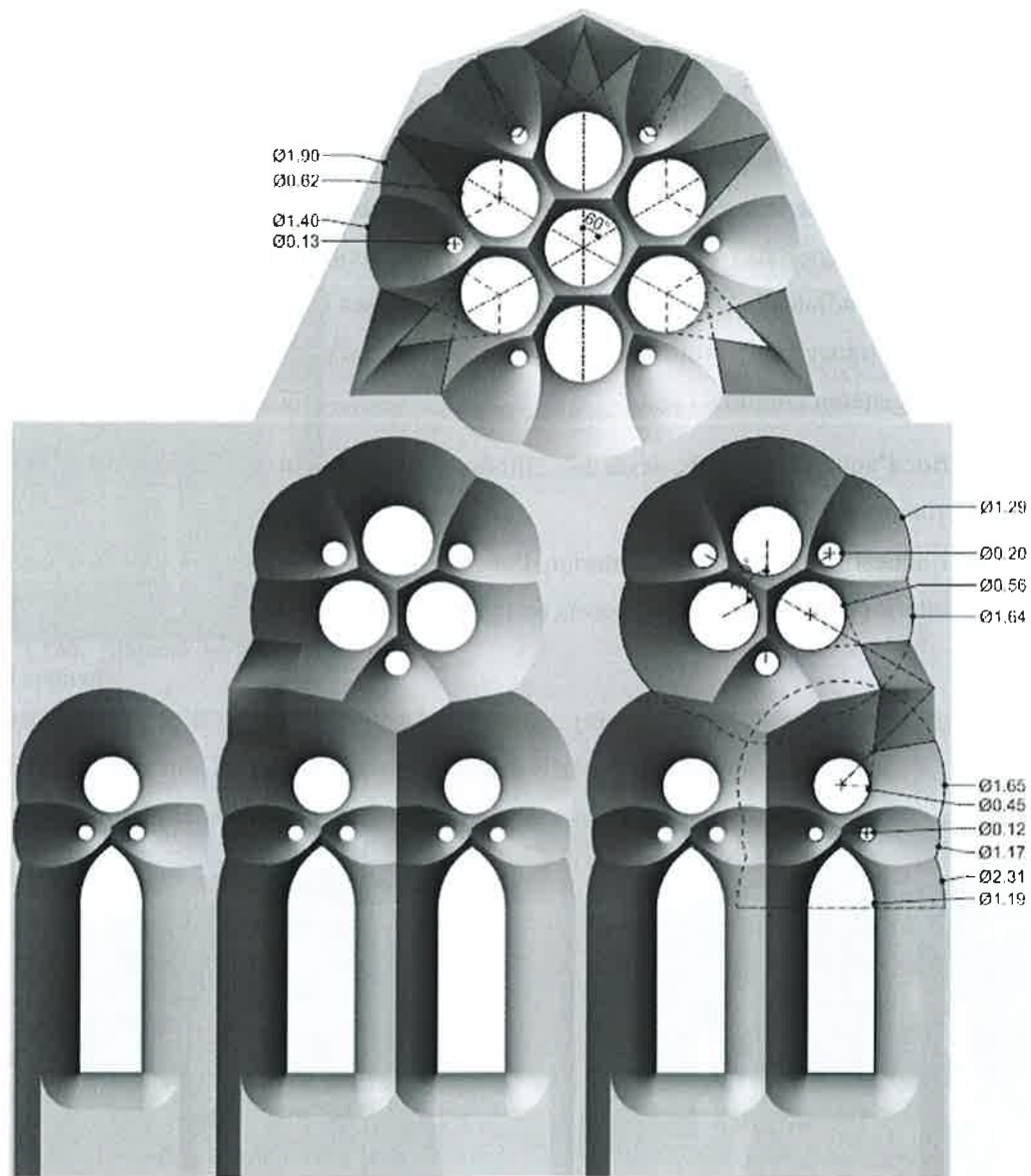
En aquest model, tot i aquest canvi de la cara interior, l'arquitecte encara retalla els hiperboloides de les rosasses contra un pla interior continu, tal i com succeïa en la cara exterior.



**Imatge 7.139.-** Finestral R-007. Cara interior. Peça original restaurada.



**Imatge 7.140.-** Finestral R-007. Cara interior. Model tridimensional.



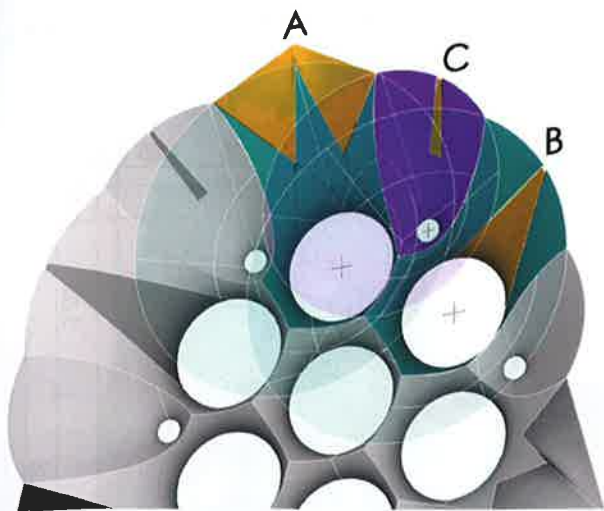
**Imatge 7.141.-** Finestral R-007. Cara interior. Mides i generatrius de les rosasses superior i lateral. A punts s'indica la trobada de l'hiperboloide amb el pla vertical interior i el retall segons les generatrius.

En la imatge anterior (7.141) s'observen les dimensions dels hiperboloides i el pas de les seves generatrius, que quan giren entorn de l'eix de cada forat generen la superfície.

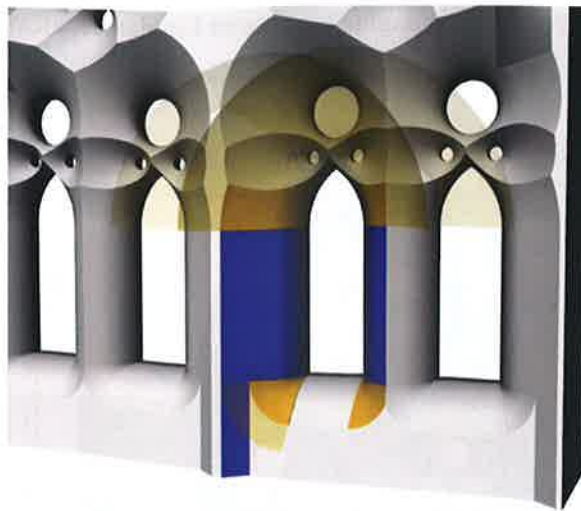
Gaudí aprofita aquestes rectes –generatrius– per retallar els hiperboloides i intercalar-hi altres superfícies que completen la decoració. Aquesta operació, que ara comença de forma tímida en alguns òculs, anirà guanyant protagonisme i culminarà amb el retall estrellat dels hiperboloides que componen els finestrals de la darrera versió, com veurem en els següents capítols.

Per il·lustrar els inicis d'aquesta tècnica, mostrarem els diversos tipus de decoració que Gaudí realitza en la rosassa superior (imatge 7.142):

- A.- Retall segons les generatrius per intercalar-hi paraboloides.
- B.- Retall amb l'intercalat d'un hiperboloide amb collarí comú.
- C.- Retall amb l'intercalat d'un hiperboloide en mitja secció, amb diferent collarí i generatriu.



**Imatge 7.142.-** Finestral R-007. Rosassa superior per la cara interior. Tipus de retalls dels hiperboloides.



**Imatge 7.143.-** Finestral R-007. Pilastres inferiors de la cara inferior, que prenen com a perfil l'hipèrbola de l'hiperboloide que sostenen.

#### **A.- Retall segons les generatrius per intercalar-hi paraboloides:**

En aquesta solució, Gaudí retalla l'hiperboloide emprant les dues famílies de generatrius, sense arribar al collarí. Dins del retall hi situa uns paraboloides, vinculats a la cara vertical, que desdibuixin el tall circular contra aquesta superfície. Per aquesta operació fa servir les generatrius que arrenquen de la intersecció amb els hiperboloides laterals i els completa amb les dues generatrius simètriques que surten del centre de l'arc superior.

#### **B.- Retall amb l'intercalat d'un hiperboloide amb collarí comú:**

A partir de l'hiperboloide de base, en situa un altre que comparteix el mateix collarí, però amb una generatriu més inclinada. El retall dels dos hiperboloides es fa amb les generatrius, que arrenquen del mateix punt del collarí, que és comú. L'espai entre els dos hiperboloides el reomple amb uns plans triangulars.

#### **C.- Retall amb l'intercalat d'un hiperboloide en mitja secció, amb diferent collarí i generatriu:**

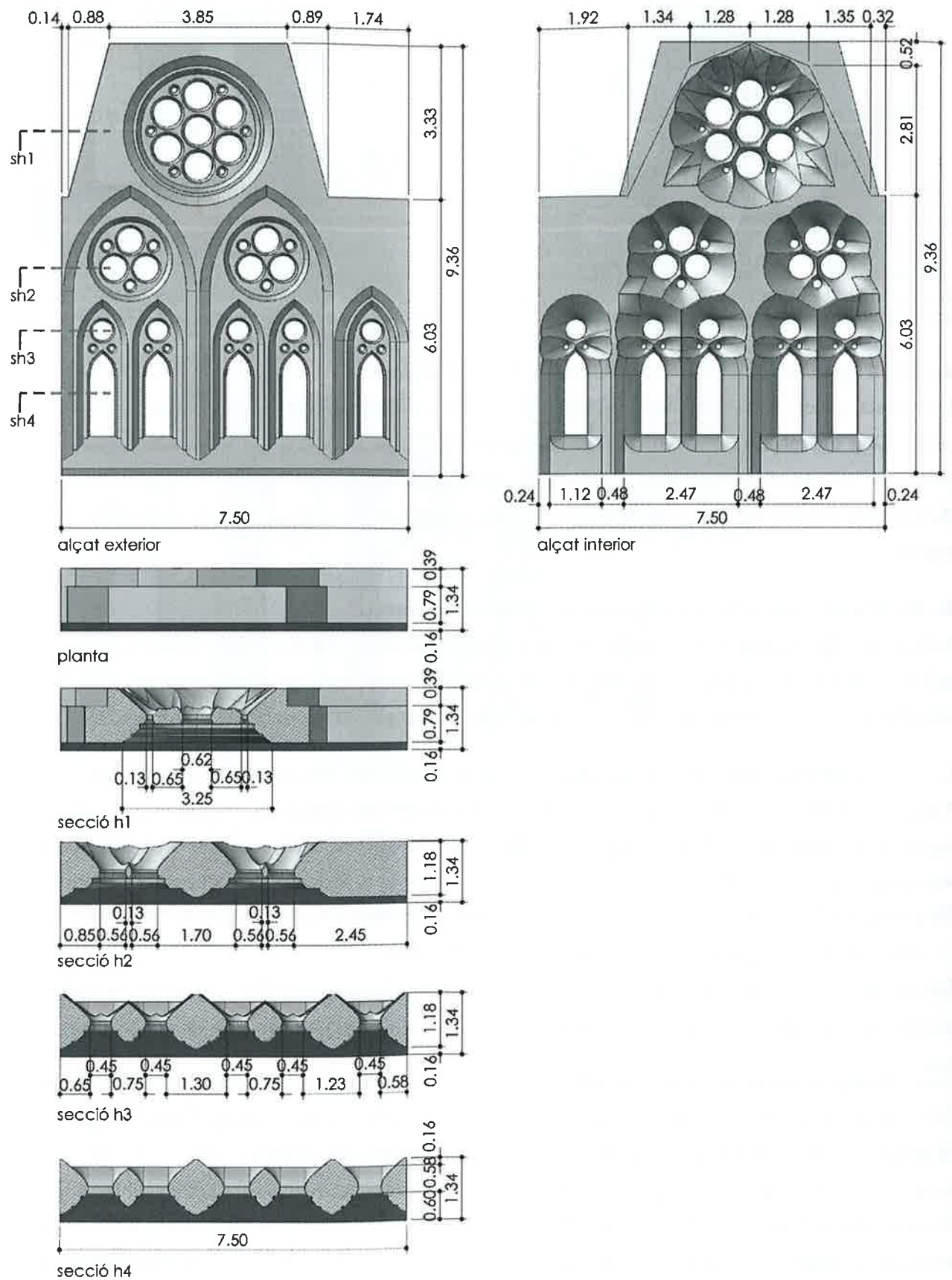
A partir de l'hiperboloide de base en situa un altre amb el collarí més gran, i una generatriu més inclinada. El segon hiperboloide, que en la zona propera al collarí arriba per darrere, intersecciona amb el de base –perquè la seva generatriu té més pendent– i emergeix per davant d'aquest (a la figura anterior s'ha marcat en groc).

Els dos hiperboloides es retallen segons les seves generatrius des del punt d'intersecció de les dues superfícies i l'espai entre ells s'omple amb bisells (plans triangulars laterals).

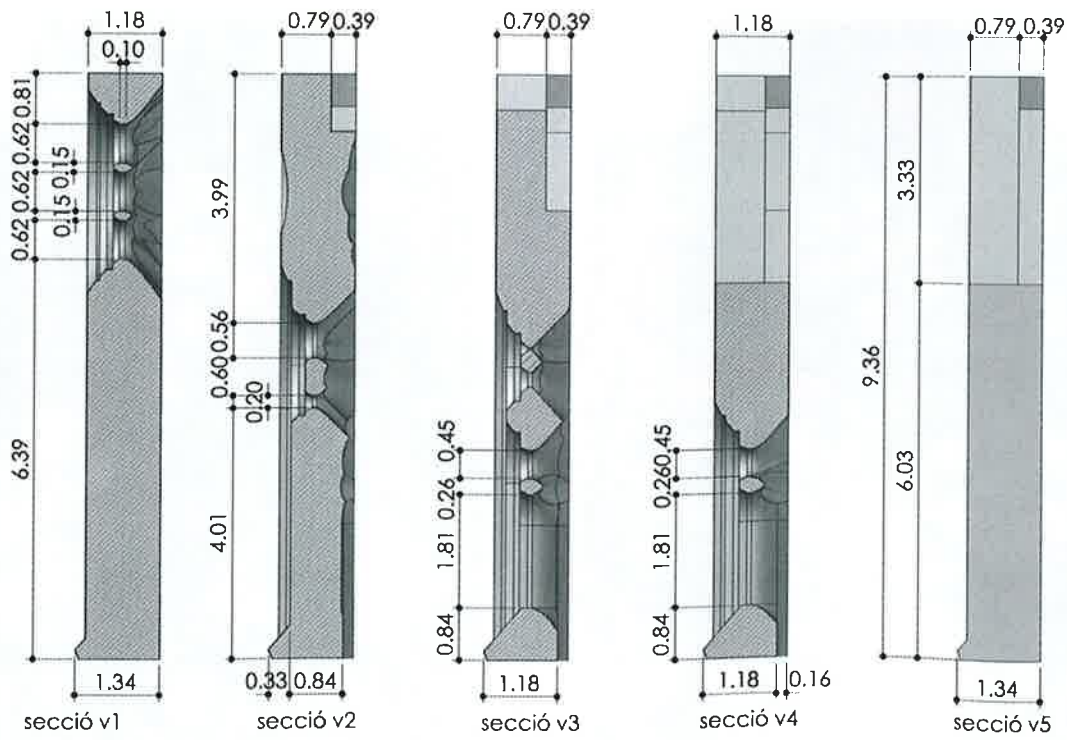
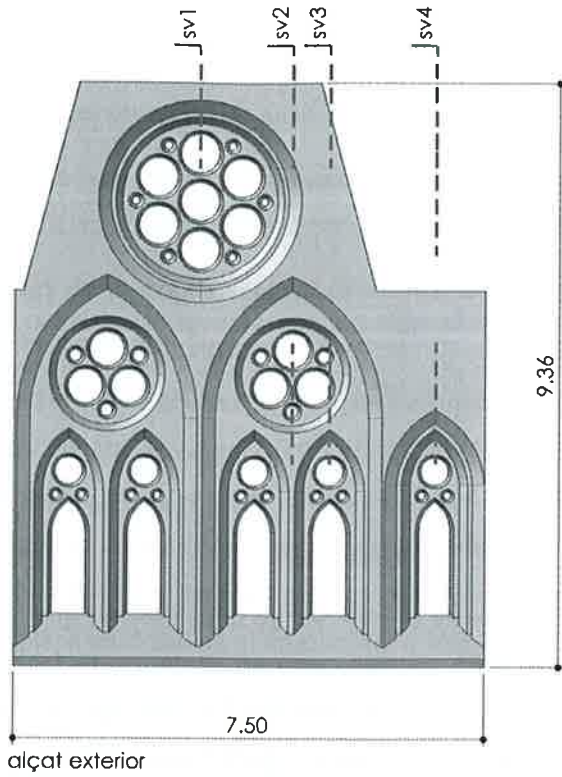
Tant en aquest cas com en l'anterior, les generatrius són simètriques respecte a l'eix i prenen com a referència el centre de l'arc superior que retalla el pla vertical.

Com s'ha indicat a l'inici d'aquest apartat, aquesta peça correspon a un estat primerenc de l'evolució dels finestrals des de la primera versió de les naus, on Gaudí encara retalla els conjunts d'hiperboloides –que integren un rosetó– contra el pla vertical interior. En el conjunt de perforacions inferiors, que a l'exterior quedaven agrupades per l'arc apuntat, l'arquitecte comença a fer interseccions directament entre els hiperboloides i desmaterialitza el pla interior. Un exemple d'això el veiem en la construcció de les pilastres inferiors, que es construeixen a partir de l'extrusió de les hipèrboles de l'hiperboloide que suporten. L'ampit també es construeix per una extrusió de la mateixa hipèrbola, que gira del brancal a través d'una revolució, que li dona continuïtat amb aquest (vegeu imatge superior dreta 7.143).

En aquesta doble pàgina es mostren les plantes, alçats i seccions del finestral, que en aquest cas corresponen a la variant amb el mòdul accessori lateral.



**Imatge 7.144.-** Finestral superior de la nau lateral, sobre cantoria (R-007)  
Planta, secció i alçats.



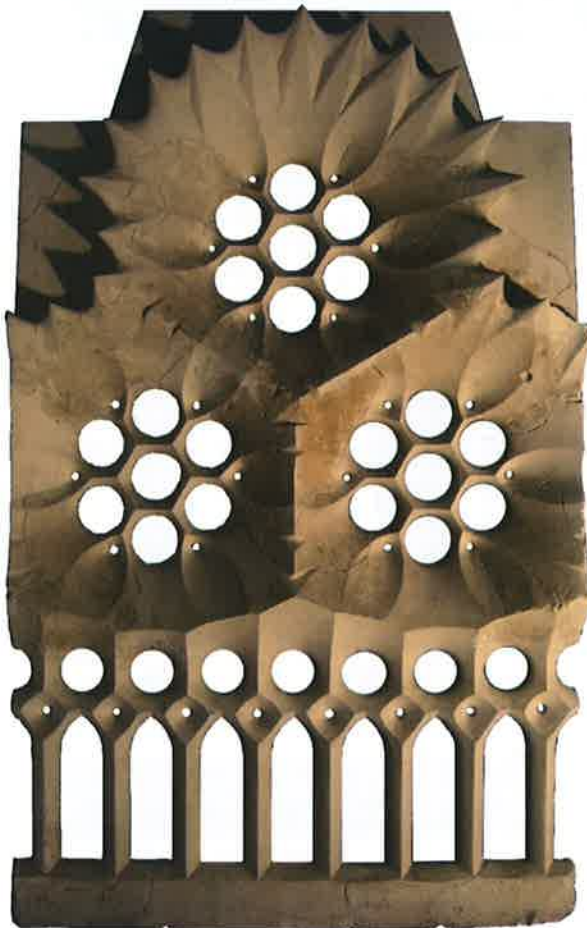
FINESTRAL DE LA NAU CENTRAL

Finestral de la nau central (R-021)

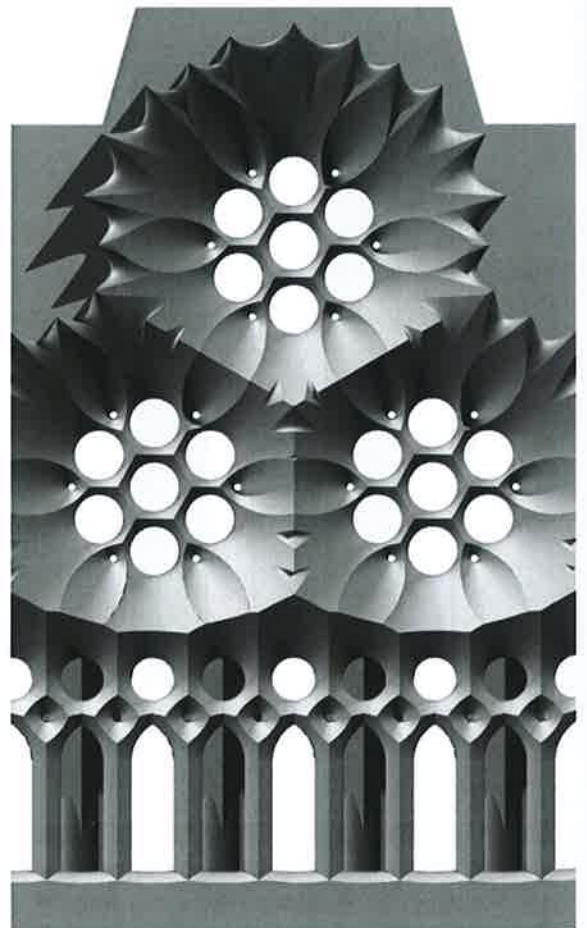


Imatge 7.145.- Situació del finestral dins del conjunt.

El finestral de la nau central presenta alguns canvis respecte el superior de la nau lateral que hem vist. En aquest cas, la cara interior manté uns principis geomètrics similars, però en l'exterior desapareix el doble llenguatge. Gaudí no es limita a suprimir la traça neogòtica i a copiar la solució de l'interior, sinó que elimina el pla contra el que retalla els hiperboloides. Amb aquesta operació els hiperboloides es retallen entre ells i l'element guanya en volumetria (imatges 7.146 i 7.147).



Imatge 7.146.- Finestral R-021. Cara exterior. Peça original restaurada.



Imatge 7.147.- Finestral R-021. Cara exterior. Model tridimensional.

Un altre canvi, derivat de l'anterior, és que s'estableix una continuïtat d'hiperboloïdes que passen a ocupar tota la longitud de la façana del Temple sense interrupcions. Aquest fenomen no es produïa en la variant del finestral que hem estudiat abans (R-007) i que tenia el mòdul accessori en l'espai del contrafort, ja que el llenguatge neogòtic exterior, amb les seves agrupacions d'arcs apuntats, trencava la lectura contínua de les rosasses i les seves obertures de suport.

La resta d'operacions entre hiperboloïdes que ja hem vist, com el retall segons les generatrius i la col·locació d'altres superfícies –plans i paraboloides– que formen la decoració, es manté en aquest finestral.

En les imatges de la pàgina següent es mostra, de forma simplificada, el procés de construcció de la cara exterior (*imatge 7.150*):

El primer pas (a) consisteix en la generació dels hiperboloïdes principals a través de la revolució de la generatriu al voltant de l'eix que passa pel centre del collarí (forat) i el retall posterior entre superfícies. En aquest pas ja s'observa que la vora superior de la rosassa central es troba continguda en un pla vertical, però la inferior, en la intersecció amb les altres rosasses, guanya volumetria i surt del pla.

Les columnes inferiors es generen per l'extracció de les hipèrboles que passen pel collarí dels arcs apuntats, tal com s'ha explicat en detall en el finestral de la nau lateral (R-007).

El següent pas (b) consisteix en la construcció dels hiperboloïdes menors i el seu retall amb les altres superfícies. A partir d'aquí ja s'han construït les superfícies bàsiques. Gaudí aprofita el traçat de les generatrius que passen pel centre i les de la intersecció entre hiperboloïdes –ens podem fixar en la vora exterior– per retallar les superfícies i inserir-hi la decoració (*imatges c, d*).

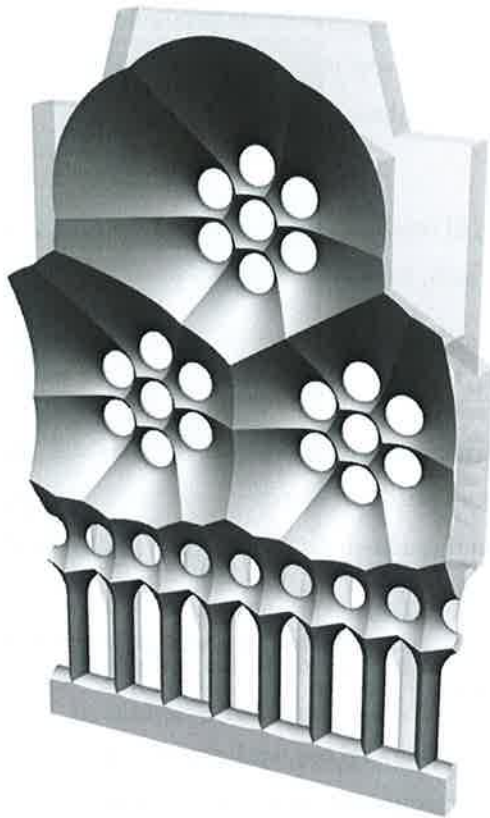


**Imatge 7.148.-** Finestral R-021. Cara interior. Peça original restaurada.

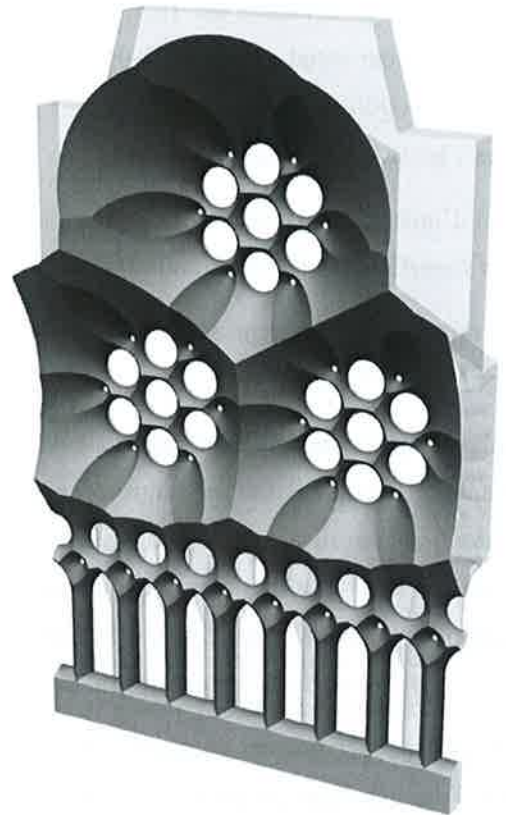


**Imatge 7.149.-** Finestral R-021. Cara interior. Model tridimensional.

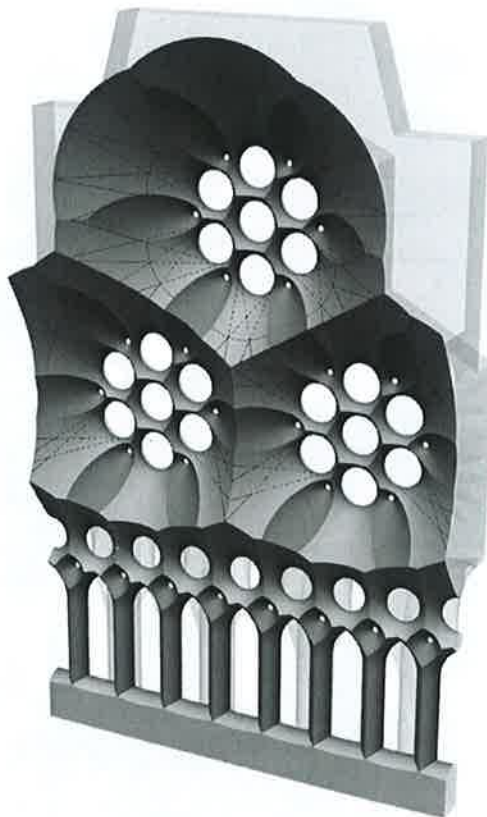




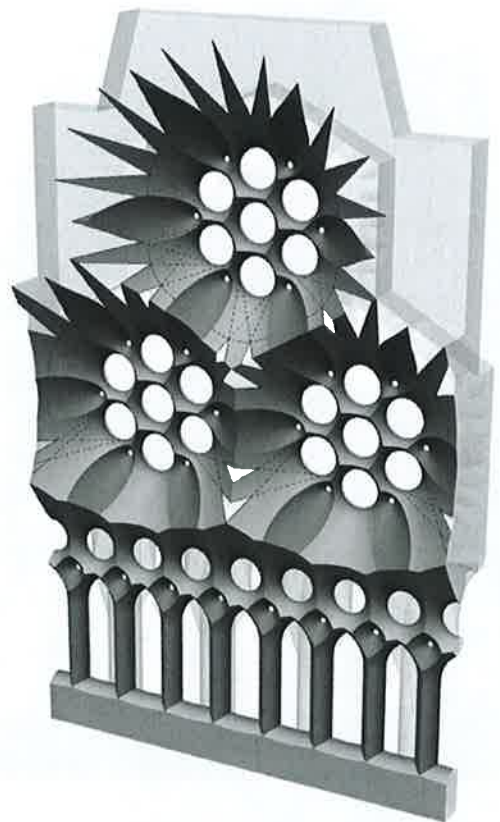
a.- Hiperboloides de la cara exterior i generació de les pilastres inferiors per extrusió de les hipèrboles.



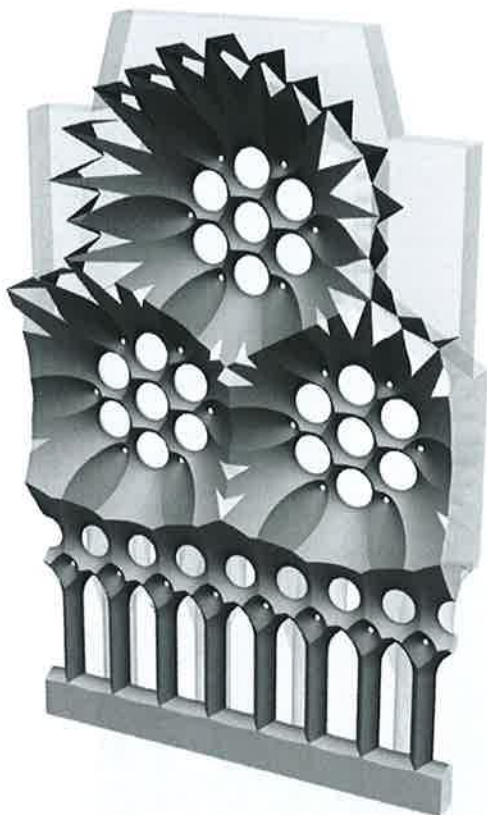
b.- Retall dels hiperboloides menors.



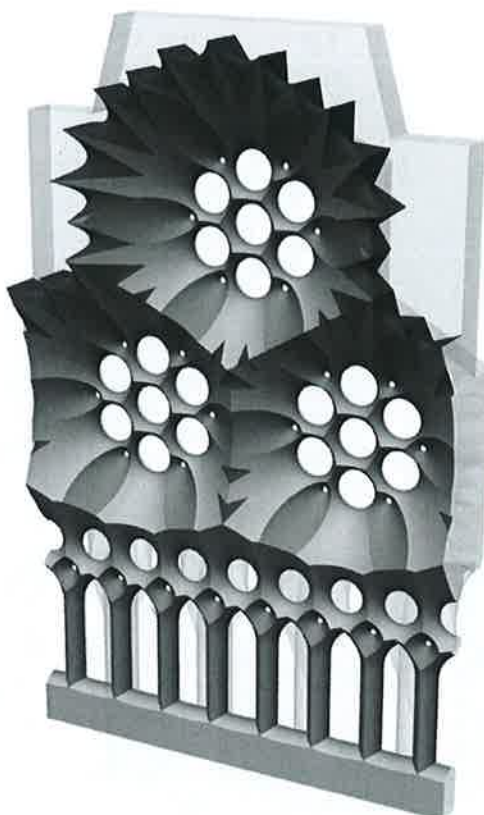
c.- Marcar les generatrius emprades en els hiperboloides per al seu posterior retall.



d.- Retalls dels hiperboloides en forma estrellada.



e.- Construcció dels plans triangulars en la zona superior i bisells dins de l'hiperboloide superior.

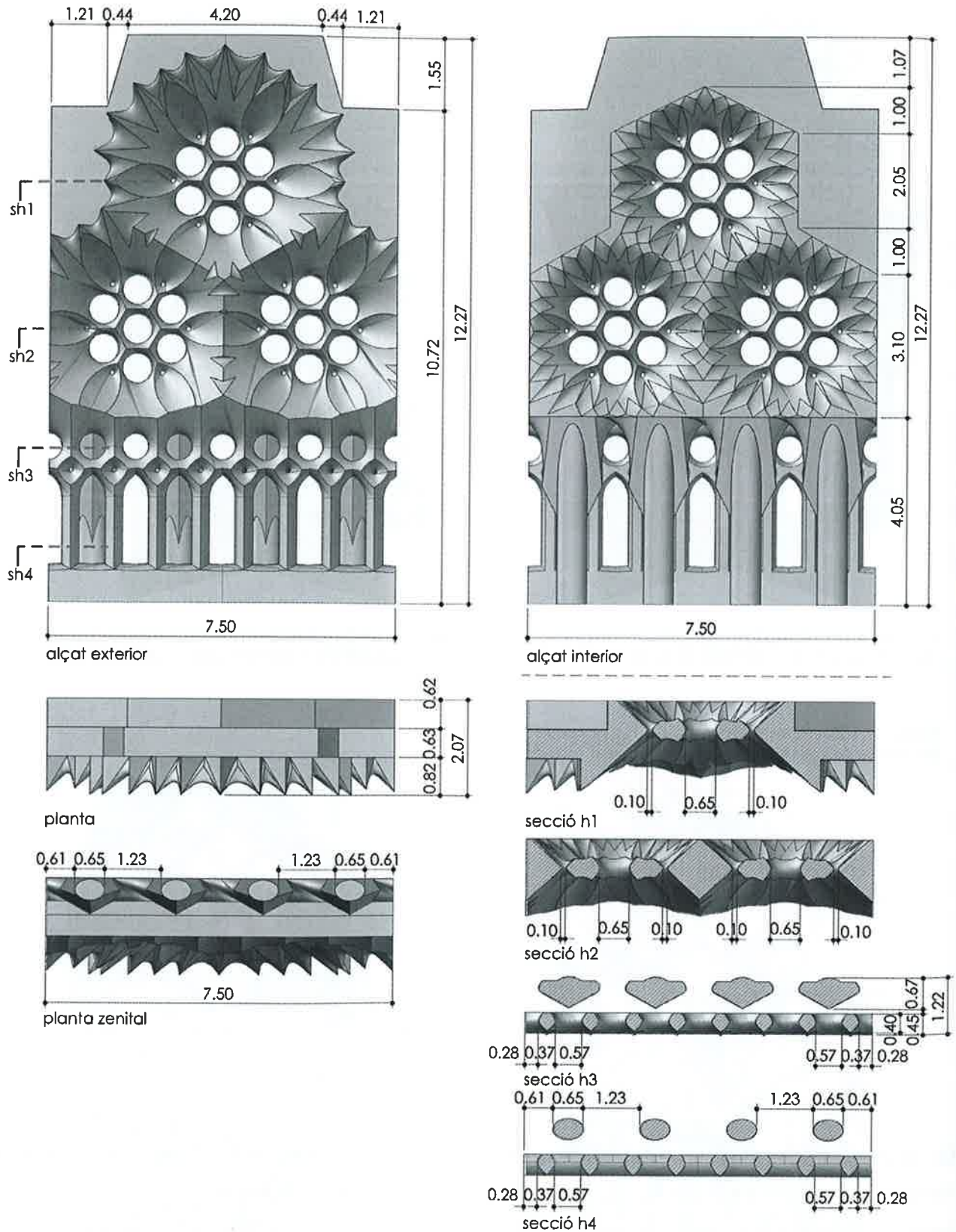


f.- Construcció de paraboloides per omplir el buit creat al retallar els hiperboloides segons les generatrius.

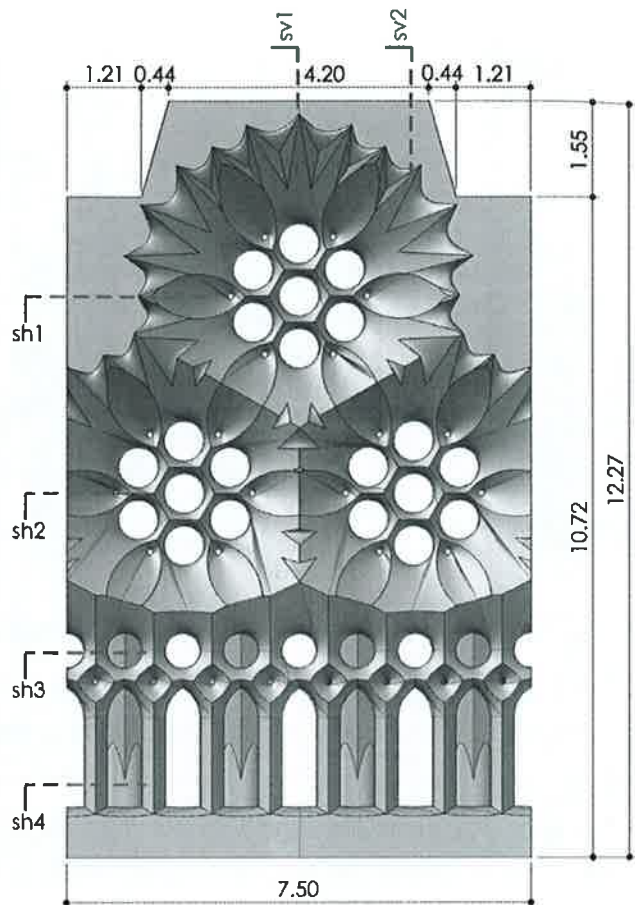
**Imatge 7.150.-** Finestral R-021.  
Seqüència de construcció de la cara interior.

Els darrer pas consisteix en la construcció de les superfícies que omplen els retalls. L'arquitecte disposa uns bisells dins l'hiperboloide superior i uns altres plans triangulars ubicats a la part alta de les tres rosasses per tancar l'espai contra el pla vertical posterior. Amb la col·locació d'uns paraboloides omple els últims forats i es pot donar per acabada la cara exterior del finestral.

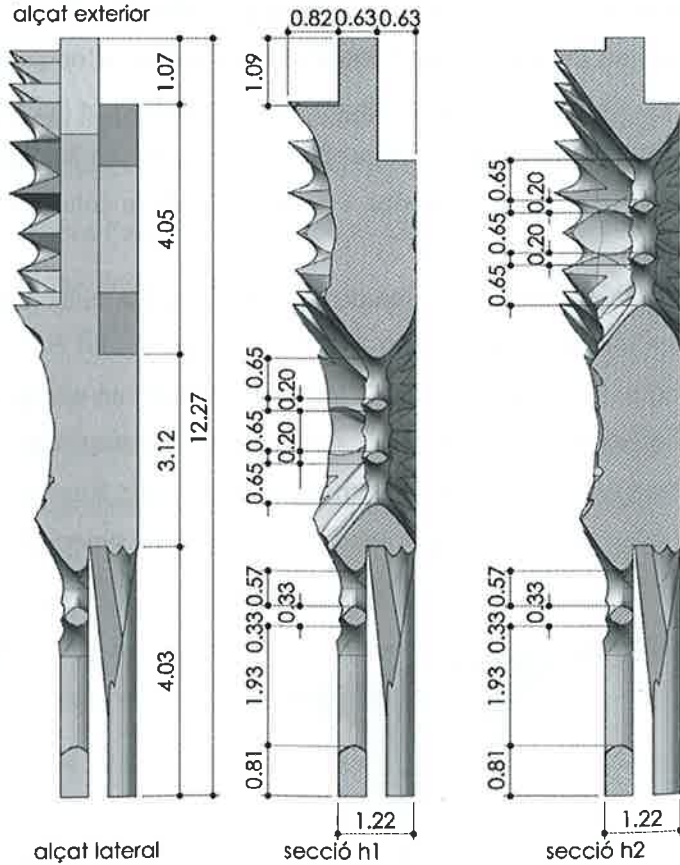
En la pàgina següent es mostren les plantes, alçats i seccions 2D acotades d'aquest model:



Imatge 7.151.- Finestral de la nau central (R-021). Planta, secció i alçats.



alçat exterior

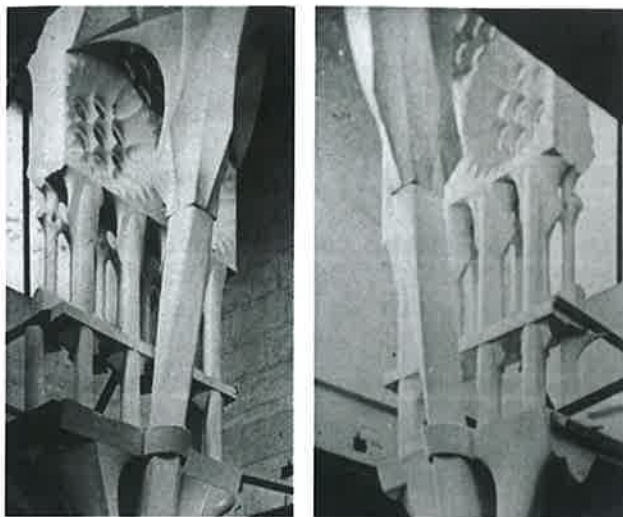


alçat lateral

secció h1

secció h2

## Suport del finestral de la nau central (R-021b)



**Imatge 7.152.-** Detall del suport del finestral en les fotografies originals FC-01 i FC-02.



**Imatge 7.153.-** Model tridimensional del suport.

El tancament de la nau central es fa amb el finestral R-021, quan aquest supera l'alçada de les naus laterals. El finestral no es situa just a sobre de les voltes, ja que Gaudí crea una coberta inclinada per sobre d'aquestes i ha d'aixecar el finestral. Per obtenir una sensació de lleugeresa i afavorir la il·luminació l'arquitecte defuig fer un mur massís i opta per elevar els finestrals amb un suport que no s'ha conservat però del qual en coneixem l'aparença gràcies a les dues fotografies de conjunt –que presenten alguna variant entre elles.

El suport estava format per un entaulament pla, que rebia el finestral, suportat per dues files de columnes (*imatges 7.152 i 7.153*). En la primera versió les dues files són iguals i cada columna es forma per l'extrusió d'una el·lipse, amb dos plans inclinats per banda, que formen un petit vol des d'on arrenca un paraboloides que es connecta amb l'entaulament (*imatge 7.155*). Les columnes de la cara interior del finestral (per sobre de l'entaulament), que tampoc es conserven en maqueta, responen a un principi similar. En aquest cas es situa un pla inclinat únic per l'interior i dos més per l'exterior, i a diferència de la columna anterior no queden interromputs pel fust (el·lipse extruïda) (*imatge 7.154*).

Les columnes dels dos nivells –suport i finestral– s'agrupen en línia i es fan coincidir les directrius dels paraboloides superiors per crear un suport continu.

En el detall de la segona fotografia de conjunt (*imatge 7.152 dreta*) es veu un assaig on Gaudí varia les columnes de la cara exterior (columna superposada de la dreta). En aquesta variant, l'arquitecte fa una original combinació de quatre paraboloides que comparteixen directrius (*imatge 7.156*). Aquesta solució, que encara veiem molt primitiva, serà l'inici que desembocarà en la solució definitiva dels suports de la darrera versió de les naus.



7.154



7.155

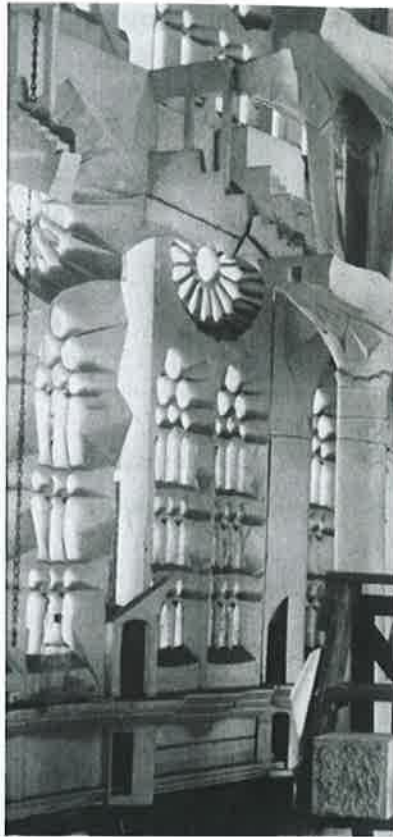


7.156

**Finestral inferior de la nau lateral, sota cantoria (R-006)**



**Imatge 7.157.-** Detall del finestral R-006\_1, extret de la fotografia de conjunt FC-02.



**Imatge 7.158.-** Detall del finestral R-006\_2, extret de la fotografia de conjunt FC-01.



**Imatge 7.159.-** Fragments originals del finestral: zona dels òculs en mal estat (dalt) i base quasi intacta (a baix).

El finestral inferior de la nau lateral queda delimitat entre els contraforts (que es conserven en maqueta) i la cantoria (de la qual no conservem cap fragment) (*imatges 7.157 i 7.158*).

Del finestral se'n conserva l'ampit –que inclou el trifori baix– i diversos fragments de la resta de l'element (brancals, òculs i rosassa) (*imatge 7.159*).

Un estudi detallat de les fotografies i dels models originals ens mostra que, almenys, hi havia tres finestrals diferents que corresponen a variants en l'evolució de la segona versió de les naus. Els dos primers eren molt semblants entre ells, mentre que l'altre s'assembla més a la versió definitiva.

El primer pas per realitzar el modelat tridimensional consisteix en establir les dimensions generals de l'element, que en aquest cas són molt fiables. L'ampit es conserva en bon estat i ens dona una amplada sense marge d'error, mida que a més coincideix amb l'amplada del mòdul base –7,50 metres– menys el gruix dels contraforts de la cantoria. L'alçada queda determinada per aquests contraforts (conjunts R-095 i R-097), que coincidien en alçada amb unes mides de conjunt molt fiables.

El procés més delicat és el d'establir les dimensions internes de l'element. Per fer-ho s'ha començat per classificar els fragments que es conserven, perquè els bocins que pertanyen als dos finestrals semblants actualment estaven dins d'una classificació única en el magatzem de la Sagrada Família, i no s'havia descobert

**Pàgina anterior:**

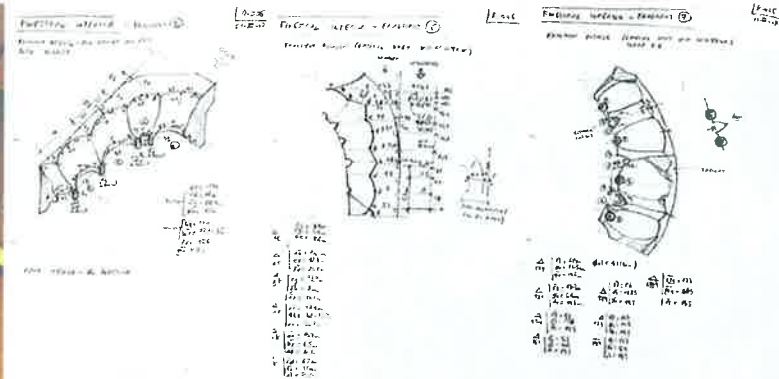
**Imatge 7.154.-** Columna del finestral per la cara interior. Formada per una el·lipse extruïda amb tres plans inclinats i dos paraboloides

**Imatge 7.155.-** Suport del finestral. Columna de la banda interior, formada per una el·lipse extruïda amb dos plans inclinats per banda i paraboloides.

**Imatge 7.156.-** Suport del finestral. Columna de la banda exterior, formada per paraboloides que comparteixen directrius.



**Imatge 7.160.-** Fragment d'obertura amb indicació dels òculs, que permeten treure el centre.



**Imatge 7.161.-** Croquis acotat del fragment, per a determinar els centres del conjunt.

que eren de dos elements diferents fins el moment de realitzar aquest treball de recerca. Un cop classificat correctament el material, el següent pas consisteix en estudiar les diferents zones –brancals, òculs i rosassa– per separat.

El cas dels brancals és el més senzill, perquè l'ampit encara conserva la seva arrencada i, per tant, és possible establir la seva separació en planta (*imatge 7.159 inferior*). Dels òculs intermedis –que agrupats en filades de tres separen els diferents nivells– hi ha diferents fragments i, per tant, és fàcil establir les seves dimensions.

Els elements més complicats de refer són la rosassa i els dos arcs apuntats que té a sota, dels quals se'n conserven fragments inconnexes. Aquests s'han muntat sobre un plànol en paper a escala 1:10 del finestral definitiu, que en línies generals no és tan diferent i serveix per situar-los, però no per prendre mides, perquè les proporcions han variat en les diferents versions.

Per establir les dimensions d'aquests elements s'han estudiat els fragments que contenen més d'un òcul i s'ha mesurat la distància entre els seus centres (*imatges 7.160 i 7.161*). En el cas de la rosassa, per trobar el perímetre, només s'ha de multiplicar aquesta distància pel número de divisions, i a partir d'aquí el diàmetre que les forma.

Un cop s'han determinat les dimensions de cada zona només queda repartir els nivells intermedis amb l'ajuda de les fotografies de detall.

Un cop establertes les dimensions generals dels dos finestrals es procedeix a comparar-los.

Tots dos (R-006\_1 i R-006\_2) són molt semblants, i responen a la mateixa disposició general: un ampit cec que té un petit voladís interior –el trifori baix– amb tres matxons que separen dos grups de finestres –disposades en tres files i columnes– i una gran rosassa superior.

Els dos finestrals presenten un doble llenguatge, un particular neogòtic a l'exterior amb hiperboloides retallats contra un pla per la cara interior (*imatges 7.162 i 7.163*), com succeïa en el finestral de sobre la cantoria R-007.

La variació més significativa la trobem en les rosasses, que tenen diferent número de divisions (dotze la R-006\_1 i setze la R-006\_2), i en la motllura de l'ampit, més carregada en el segon finestral.

Una altra variació significativa es troba en la decoració. El primer finestral incorpora paraboloides a la cara interior, col·locats dins dels retalls dels hiperboloides de la rosassa i dels òculs superiors dels arcs apuntats. El procediment de retall de les superfícies és el mateix que ha utilitzat en el finestral de la nau central (R-021).

En canvi, el segon finestral no presenta decoració en els hiperboloides d'aquesta zona, però adossa uns grans hiperboloides en els brancals, que retalla segons les seves generatrius.

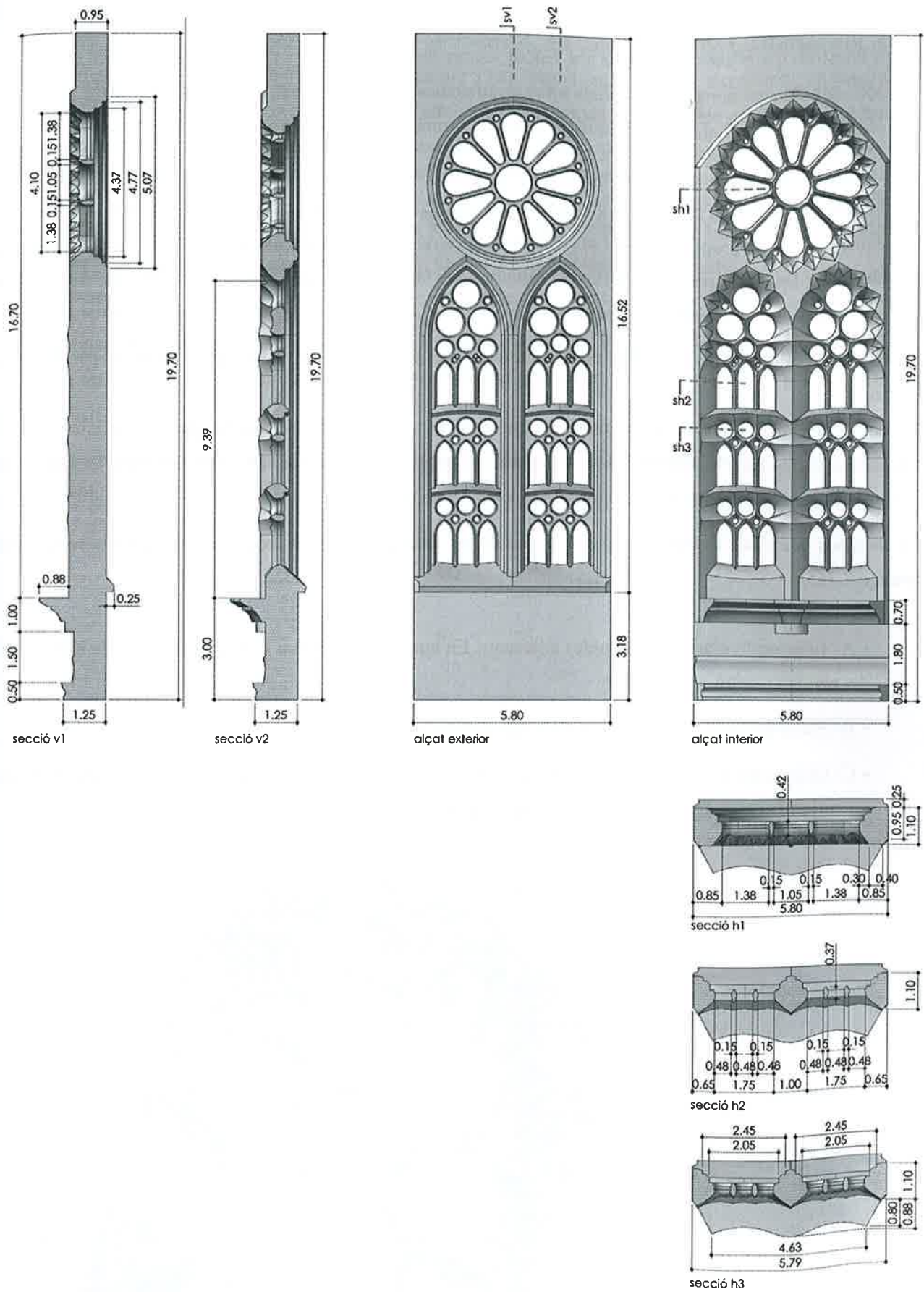


**Imatge 7.162.-** Finestral inferior de la nau lateral, sota cantoria. R-006\_a





**Imatge 7.163.-** Finestral inferior de la nau lateral, sota cantoria. Variant R-006\_b



Imatge 7.164.- Finestral inferior de la nau lateral, sota cantoria. Variant R-006\_a. Plantes, alçats i seccions.

### Característiques comunes dels finestrals

En els finestrals que s'han estudiat fins ara, Gaudí sempre parteix d'un traçat regulador que podríem considerar "clàssic", segurament derivat dels tractats sobre arquitectura gòtica que es van popularitzar a l'època, o a través dels coneixements que l'arquitecte adquireix durant la formació acadèmica o com ajudant de Martorell o Villar.

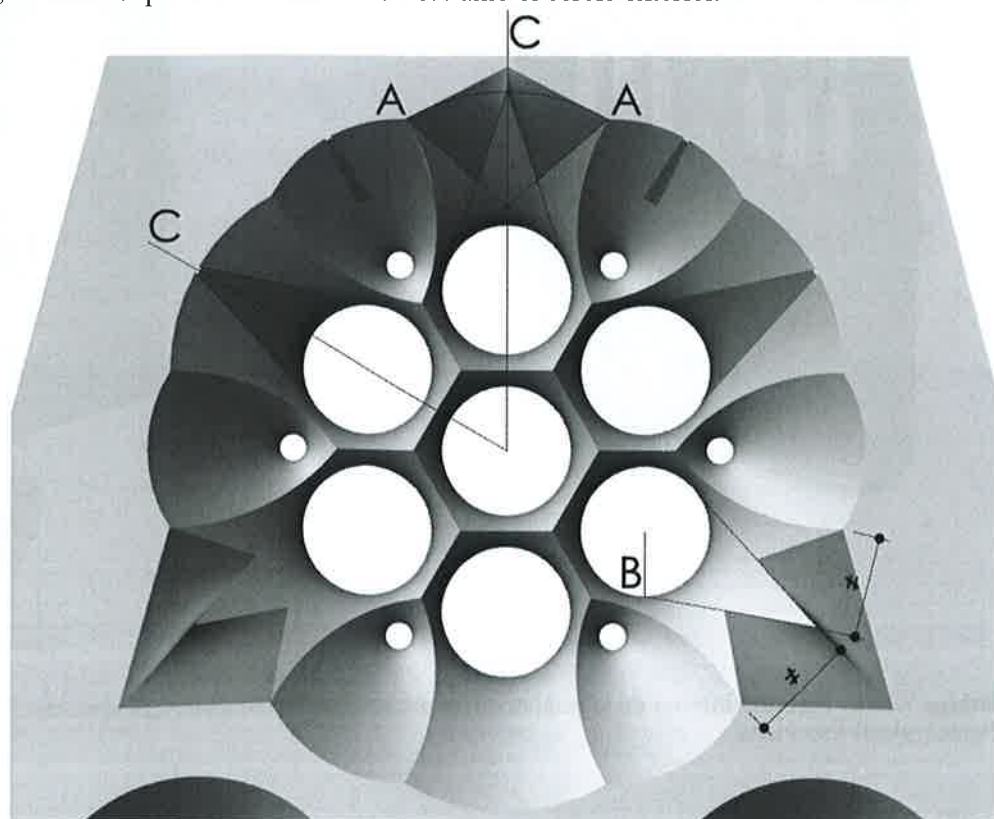
La disposició de les rosasses, formades per sis forats al voltant d'un de central, ve directament de l'estudi dels finestrals gòtics, fet que s'evidencia en els primers que realitza, on manté aquest llenguatge en la part exterior. La primera aportació pròpia de Gaudí la realitza en el canvi de superfícies, assentat sobre el mateix esquema, on substitueix les motllures a base de cons i cilindres per hiperboloides en l'interior –al principi– que estén a la resta del finestral en els assajos posteriors.

En els casos estudiats, situa el collarí de l'hiperboloide en el pla del vidre, i crea una entrega perpendicular a aquest.

Els següent pas consisteix en la decoració del finestral, que aconsegueix intercalant altres superfícies (plans i paraboloides) dins dels hiperboloides de les rosasses. Per fer-ho recorre al retall de la superfície base a través de les seves generatrius, que seran comunes per a les noves superfícies.

En els casos que s'han estudiat, els punts de pas de les generatrius vénen fixats per les següents condicions (*imatge 7.165*):

- A- Intersecció entre hiperboloides adjacents. En aquest cas fa servir com a punt de pas la intersecció del cercle exterior.
- B- Punts del collarí sobre l'eix horitzontal o vertical.
- C- Disposa les generatrius respecte l'eix de simetria format pels centres de la rosassa i de l'hiperboloide a retallar. Per tant, fa servir el punt d'intersecció de l'eix amb el cercle exterior.



**Imatge 7.165.-** Diferents tipus de retall en els hiperboloides.

En aquest capítol hem vist les característiques geomètriques dels elements que conformen la segona versió de les naus. Tot i que en el capítol dedicat a la geometria de les obres prèvies de Gaudí hem vist alguna característica que ens anuncia algun dels punts que ara s'han tractat, en un primer moment no es detecta una connexió directa entre els dos tipus d'obra. Aquesta connexió tampoc es manifesta de forma clara entre la segona i la darrera versió de les naus –llevat d'alguns punts concrets– i, per tant, és necessari realitzar un estudi més aprofundit per tal trobar-la.

En els següents capítols s'estudia l'evolució entre les tres versions fonamentals de les naus, que ens permetrà determinar millor el paper de la segona versió dins de l'evolució geomètrica de Gaudí.

Hem vist diferències notables entre els diversos finestrals estudiats, des dels inferiors de la nau lateral (sota la cantoria), que mantenen un esquema molt clàssic i una adaptació del llenguatge neogòtic a l'exterior, fins als de la nau central, que han abandonat per complet el llenguatge anterior i comencen a adquirir una continuïtat del parament.

Aquest procés correspon a l'evolució de les naus, que no afecta per igual tots els elements que les componen, i que descriurem en els dos capítols següents.

PO3  
E011  
000

## 8. L'EVOLUCIÓ GEOMÈTRICA DE LES NAUS

1 POS  
1000  
1000

En aquest capítol s'estudia el paper que desenvolupa la segona versió de les naus dins de l'evolució del projecte del Temple. Aquesta fase no es pot entendre aïllada de la resta de l'obra –no tan sols la del propi edifici, sinó dels treballs previs que realitza Gaudí en la seva etapa civil– i per això es compara amb la resta de solucions que realitza l'arquitecte.

Si en el cinquè capítol s'ha fet un repàs breu on es mostren algunes de les solucions geomètriques que Gaudí utilitza en les seves obres externes, en aquest es compararan directament les tres versions de les naus del mateix edifici, que ajudaran a situar la segona solució dins d'un context adequat.

La primera part d'aquest capítol es centra en la descripció de les característiques més destacades de cada versió, que es compararan amb la segona, que es centra en l'evolució global de les naus, on es mostraran com es modifiquen les relacions entre els elements que les componen.

En canvi, la tercera part, es concentra en estudiar l'evolució concreta dels elements, agrupats per tipologies (columnes, capitells, finestres...), amb l'addició de peces de les variants intermèdies, que ens ajudaran a descobrir si hi ha nexes d'unió entre unes versions que en primera instància semblen força diferents.

Tot i que l'evolució del projecte està lligada a factors molt diferents (litúrgia, geometria, estructura...), aquesta tesi s'ha limitat als aspectes geomètric i estructural. Aquests dos factors no sempre són fàcils de separar i, per això, en aquest capítol, apareixeran algunes referències lligades als aspectes resistents de l'edifici, que s'aprofundiran en la tercera part de la tesi.





**Imatge 8.1.-** Primera versió de les naus. Axonometria.  
Recerca geomètrica i modelat en 3D realitzat per Pol Foreman Campins.

## 8.1. La primera versió de les naus <sup>1</sup>

### 8.1.1. Disposició general del projecte

Quan Gaudí realitza la planta monumental comença a transformar el projecte per allunyar-lo de la repetició dels repertoris estètics i estructurals precedents. El procés comença a partir de l'estil neogòtic —que havia après de Martorell i, ahora, era una continuació de l'obra de Villar— i el transforma en un nou llenguatge, que sorgeix a través de la combinació de diversos estils, com veurem més endavant.

Gaudí planteja un projecte amb un cos principal de cinc naus, una central i dues laterals a cada banda, més baixes. La nau central es suporta amb uns grans arcs que es situen en diagonal respecte la planta i ocupen dos mòduls en el sentit longitudinal. La disposició en diagonal subdivideix en requadres el sostre de la nau, que es cobreixen amb voltes.

Al seu torn, les naus laterals es divideixen en dos nivells, l'inferior, que és diàfan, i el superior, a 20,5 metres d'alçada, on Gaudí situa una retícula de murs calats amb passadissos que formen un trifori. Els murs es suporten sobre arcs apuntats i la retícula que formen divideix el sostre de la nau lateral, que també es cobreix amb voltes, tal i com succeïa a la nau central.

Amb aquesta disposició dels elements, Gaudí intenta evitar la col·locació de grans contraforts, típics de les catedrals gòtiques, però no ho aconsegueix del tot i es veu obligat a situar-ne uns de menors en la divisió entre mòduls, que separen els finestrals entre trams adjacents. Per dissimular els contraforts de les naus laterals els col·loca centrats amb el mur, de manera que se'n veu la meitat des de l'exterior i l'interior i, per tant, aparenten menor dimensió. En la nau central adopta una estratègia similar i situa unes pilastres embegudes en el gruix de la façana, entre finestrals, que descansen sobre les columnes centrals.

En els plans de façana, encaixats en l'espai entre contraforts, Gaudí situa finestrals d'aspecte neogòtic. La nau lateral la divideix en dos nivells (amb dos finestrals), que coincideixen amb la partició interior. En la nau central situa un altre finestral, també d'aparença neogòtica, que no recolza sobre el sostre de la nau lateral perquè l'arquitecte l'eleva fins enrasar-lo amb el pla de coberta, fet que crea un pas de servei sota el finestral. Gaudí remata els finestrals superiors de les dues naus amb uns enormes frontons petris, que amaguen les cobertes.

Gaudí situa les cobertes a sobre les voltes de les naus. L'arquitecte no era partidari d'emprar les cobertes de fusta<sup>2</sup>, típiques de les construccions gòtiques, que obligaven a un manteniment continu. En aquest edifici va dur a terme el seu postulat i va projectar unes grans cobertes pètries.

1 El procés de recerca i modelat de la primera versió de les naus va ser realitzat per l'estudiant d'arquitectura Pol Foreman i Campins, en el marc d'un conveni signat entre el Temple Expiatori de la Sagrada Família i el Departament d'Estructures a l'Arquitectura de la Universitat Politècnica de Catalunya, coordinat per Josep Gómez Serrano.

2 “Les cobertes amb les parts resistents de fusta, únicament, obliguen a una reparació quasi contínua; s'ha de tendir a la coberta totalment pètria.”

“La coberta serà doble i les vull fer totes dues pètries. Un edifici amb una coberta sola és incomplet, encara que alguns arquitectes vulguin defensar el contrari. [...] Moltes catedrals han perdut la volta perquè s'ha cremat la teulada de fusta que tenia damunt.”

Puig Boada, Isidre: *El pensament de Gaudí*. Publicacions del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Barcelona, 1981. p. 161 i 210.



**Imatge 8.2.-** Primera versió de les naus. Axonometria inferior.

### 8.1.2. Mesures generals dels elements

En aquesta versió de les naus la planta s'adapta estrictament al mòdul base (7,50 x 7,50m), que correspon a la mida de les naus laterals. La central ocupa un doble mòdul en sentit transversal, amb una llum de 15 metres.

En alçada, les dimensions són molt properes al mòdul, però no s'hi adapten plenament. La nau central té una alçada de 44,70 metres i les laterals 30,5 metres. La subdivisió de la nau lateral, que conté el trifori, es troba a 20,5 metres d'alçada.

Les cobertes de la nau central tenen 15 metres de llum i 16,35 metres d'alçada. Per tant, s'obté una alçada total de 61,05 metres.

### 8.1.3. Forma i geometria

#### Columnes

Tot i que Gaudí està immers en el corrent historicista quan realitza aquesta versió de les naus –només cal fer un cop d'ull a la resta d'elements que les componen– planteja una solució molt simple per a les columnes i les resol amb un cilindre. Aquesta solució tan austera no és nova en el repertori de l'arquitecte, que ja havia plantejat aquesta solució uns anys abans, quan s'havia de construir l'única columna de la Cripta que no s'havia executat sota la direcció de Villar, tot i que al final se'n va desdir per no trencar l'estètica del conjunt.

En aquesta versió de les naus, que planteja un canvi respecte el primer projecte de continuïtat del seu predecessor en el Temple, Gaudí no té cap preexistència que el condicioni i recupera la idea de la columna circular. Les noves columnes tenen 1,05 metres de diàmetre, amb 14,40 metres d'alçada en la nau central, i 15,05 metres en la nau lateral.

#### Voltes

Gaudí, en aquesta versió, comença a transformar els arcs apuntats i les voltes de creueria típiques del gòtic. En el cas de la nau central col·loca uns grans arcs equilibrats –que s'assimilen a un traçat catenari– girats 45° respecte la planta, que ocupen la diagonal de dos mòduls i tenen una llum de 21,20 metres. Tot i la seva peculiar disposició i forma, aquests grans elements estructurals recorden, en certa manera, els arcs diafragmàtics, ja que l'espai dels ronyons, des del seu extradós fins a la pilastra lateral i les voltes superiors, es completa amb un mur, que en aquest cas Gaudí perfora per millorar la il·luminació de les naus.

Degut a la disposició en diagonal, els arcs es creuen entre ells i subdivideixen el sostre en requadres de 5,30 metres de costat (la seva diagonal correspon al mòdul de 7,50m). Amb aquesta disposició, Gaudí situa uns arcs més llargs dels que hauria obtingut cobrint directament la nau a l'unir els pilars enfrontats de la crugia central, però els projectats, tot i que tenen més llum, queden molt més travats perquè en el seu recorregut s'intersecten amb els tres arcs en diagonal de l'altre sentit.

Els requadres del sostre queden girats respecte la planta i es poden classificar en tres tipus: els centrals, que es situen damunt l'eix de la nau, els laterals, que es situen a banda i banda dels primers, i els extrems, que corresponen a mig mòdul i es troben entre els arcs i el pla de la façana, en contacte amb els finestrals.

Els dos primers tipus –centrals i laterals– són voltes de tipus àrab, de base octogonal, que fan el traspàs cap al requadre a través de quatre petxines. Les voltes es divideixen en vuit sectors, marcats per les arestes d'intersecció. La diferència entre les voltes centrals i les laterals és que les primeres són simètriques, mentre que les segones amplien els sectors que estan en contacte amb la pilastra, perquè aquestes cares del requadre estan a menor cota perquè segueixen el traçat de l'arc.

Les voltes extremes són una espècie de con, que arrenca de la paret que es situa als ronyons de l'arc i pren una corba cònica en la clau.

Les voltes de la nau lateral es situen dins dels requadres que formen la xarxa de passadissos del trifori, i són similars a les voltes de la nau central. Es divideixen en vuit sectors que formen un octògon en planta. El traspàs cap a la base quadrada que les conté es realitza a través de quatre petxines despenjades. Els sectors de les voltes no són iguals; així, mentre que els sectors en diagonal són de curvatura contínua, els sectors que segueixen els eixos principals són apuntats i remarquen les obertures centrades que es creen en els murs de sosteniment.

### **Finestrals**

Gaudí farà menys innovacions en els finestrals que en els arcs i les voltes, i es mantindrà més fidel a l'estil neogòtic, que predominava a l'època per aquest tipus d'edificis.

Gaudí col·loca els finestrals entre els contraforts i les pilastres, que delimiten els trams consecutius de la nau, i obté un ample aproximat de sis metres per aquests elements, que es mantenen en les naus lateral i central. Els finestrals de la nau lateral es subdivideixen en alçada amb un tram inferior que il·lumina des de Pla de Temple fins al trifori, i el superior que cobreix des del trifori fins a les voltes. El finestral de la nau central és únic i cobreix des de sobre la coberta lateral fins a les voltes de la nau central.

Tots els finestrals es construeixen amb unes nervadures esveltíssimes, que emmarquen cada obertura o òcul. En la majoria de casos, Gaudí va agrupant les obertures en conjunts, que també s'emmarquen amb motllures. El seu dibuix es suma a l'anterior i arriba a obtenir finestrals amb quatre conjunts d'obertures, partint des de l'element individual fins a l'emmarcat de tot el finestral.

#### *Finestral inferior de la nau lateral*

El finestral inferior és allargat, amb una alçada de 20,5 metres i es divideix en tres cossos. El cos inferior és cec i forma un sòcol, que a l'interior conté el balcó del trifori baix. El cos mig conté dues agrupacions simètriques d'obertures, formades per tres nivells d'arcs apuntats que es rematen amb tres òculs. El cos superior del finestral es remata amb una gran rosassa.

#### *Finestral superior de la nau lateral*

A sobre d'aquest finestral hi ha el superior de la nau lateral, que té una alçada de 9,50 metres. El finestral té tres grups d'elements: una rosassa superior, amb un òcul central i sis al voltant d'aquest, i dos conjunts simètrics que contenen dos arcs apuntats i una rosassa amb tres òculs cadascun. Enmig dels dos grups simètrics hi ha la peanya i el dosser per les estàtues dels sants fundadors.

*Finestral de la nau central*

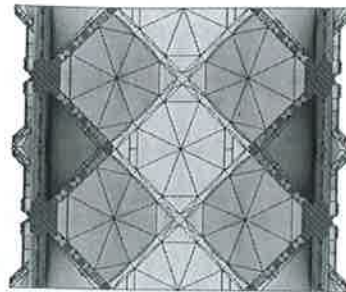
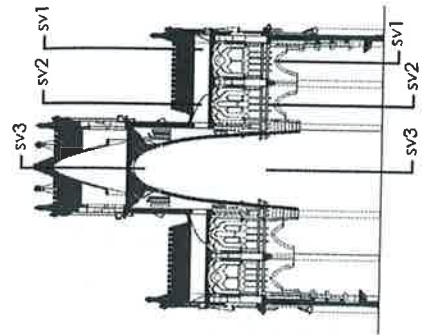
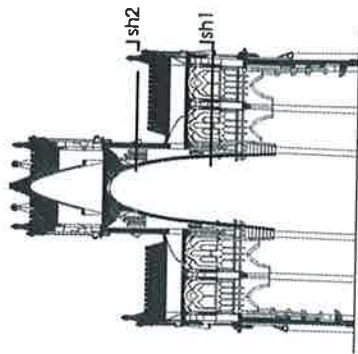
El finestral de la nau central té 11 metres d'alçada i està format per tres arcs apuntats, que es situen a la part baixa, i tres rosasses, que es situen a sobre. El conjunt d'aquests elements s'agrupa dins d'un arc apuntat.

**Cobertes**

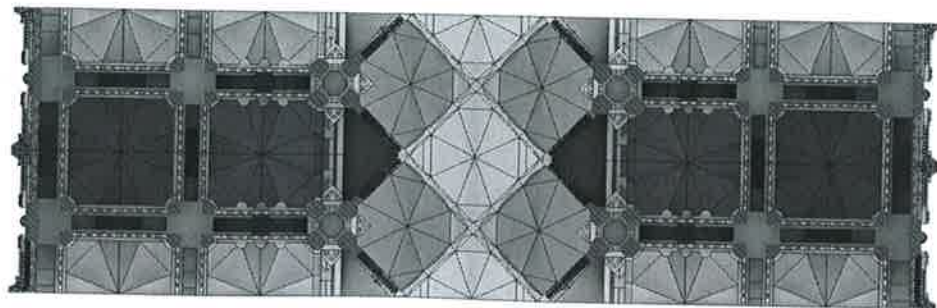
Les naus laterals i central es rematen amb unes grans cobertes inclinades que tenen un acabat d'escates pètries. La coberta central es resol amb una gran volta de 9 metres de llum i 13 d'alçada que segueix l'eix de la nau. Perpendicular a aquesta, per cada mòdul, Gaudí en situa unes altres de menors que s'amaguen darrere els grans frontons dels finestrals, que es rematen amb un pinacle i contenen un balcó. En els trams entre frontons, a mitja alçada, hi ha una altra finestra de perfil triangular, que també es remata amb un pinacle.

Les cobertes de la nau lateral es resolen amb un suau pendent ascendent cap a la nau central. A sobre del pendent es situen les cobertes perpendiculars, que s'amaguen darrere els frontons, de forma similar als de la coberta central, però aquestes tenen tres vessants. El tercer vessant es troba a la zona posterior, de cara als finestrals de la nau central, i crea una separació d'un metre i mig respecte aquests per tal de permetre'n la il·luminació.

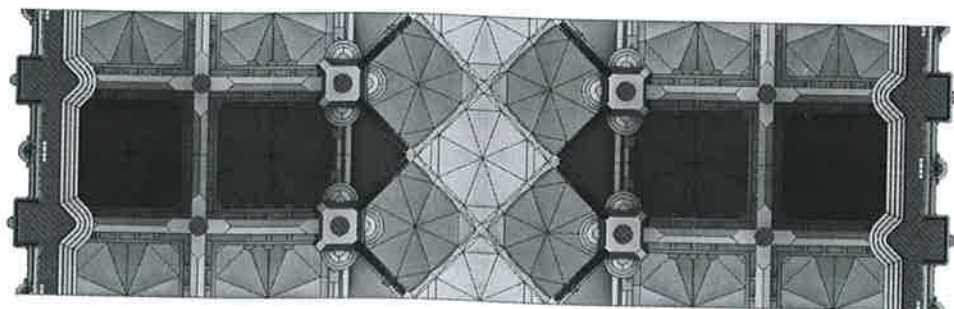
A través de la descripció dels elements veiem com Gaudí potencia la idea de sustentar les naus de la primera versió amb una estructura d'arcs molt esvelts, en un intent per renovar el comportament i l'aparença del llenguatge gòtic. Aquesta renovació, però, no és plena i l'arquitecte encara recorre a l'ús de contraforts embeguts, que intenta dissimular. El lligam amb l'estil (neo) gòtic encara és evident en molts elements, tal i com es pot veure en els finestrals i la teulada, que imita les cobertes inclinades de les catedrals del nord d'Europa.



secció horitzontal sh2

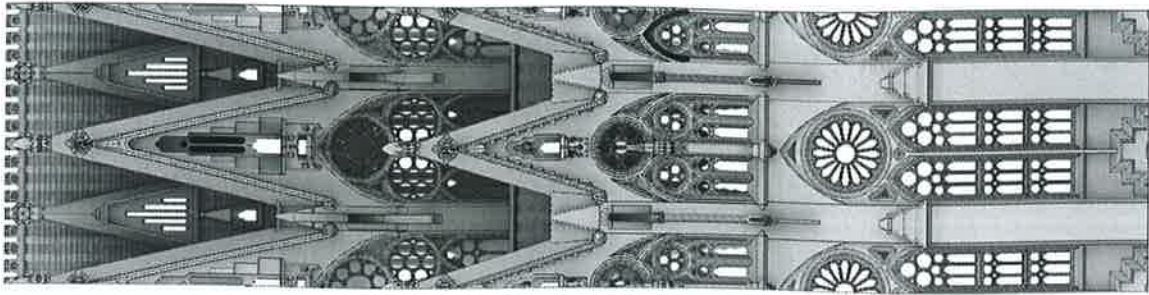


secció horitzontal sh1

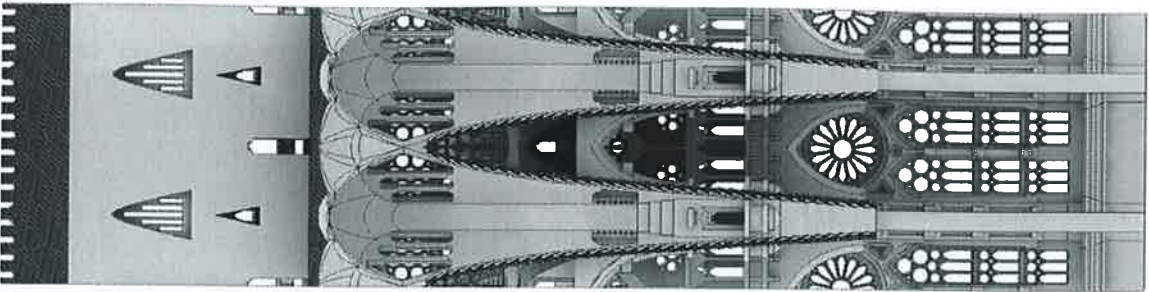


planta zenital

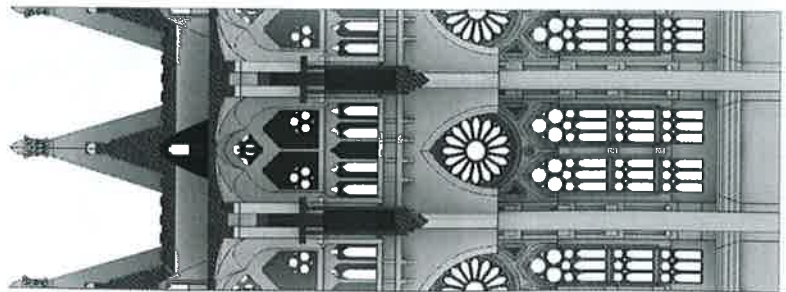
Imatge 8.3.- Primera versió de les naus. Plantes, alçats i seccions.



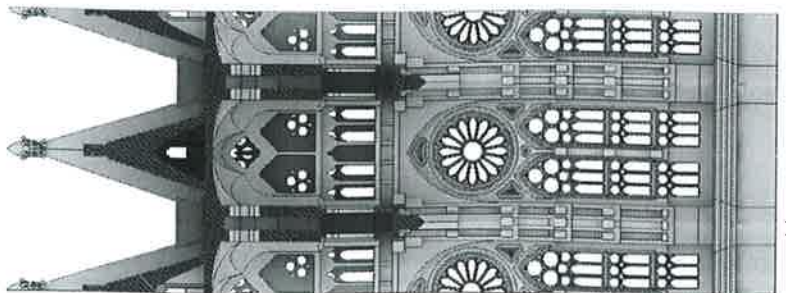
alçat exterior



secció vertical sv3



secció vertical sv2



secció vertical sv1





Imatge 8.4.- Segona versió de les naus. Axonometria.

## 8.2. La segona versió de les naus <sup>3</sup>

### 8.2.1. Disposició general del projecte

En aquesta versió de les naus, que Gaudí realitza després d'abandonar la seva obra civil, comença a introduir canvis substancials, tot i que la disposició general de les naus és similar a l'anterior. Es mantenen les cinc naus, una de central més alta i dues de laterals per banda.

La nau central es suporta per una successió de columnes inclinades, dividides en tres nivells d'alçada que es separen amb capitells. Aquestes columnes es poden entendre com un arc poligonal, que suporta les voltes de la nau central.

A la nau lateral s'introdueix una nova divisió en alçada i apareix la cantoria —grada inclinada dedicada als cantaires—, que es situa en la crugia externa de les naus laterals, sota la retícula de passadissos i a una cota de 19,70 metres. En aquesta versió la retícula de passadissos s'altera i ja no es conforma com una sèrie de murs amb un pas intermedi, sinó que passa a ser una successió de capitells connectats entre si, que lliguen la columna de la nau central amb la façana lateral i les naus adjacents. El sostre de la nau lateral ja no es suporta sobre murs continus (que el dividien en requadres), sinó que passa ser unes voltes contínues que es recolzen sobre vuit columnes puntuals.

En aquesta versió, Gaudí comença a desdibuixar els arcs i això també altera els contraforts, que comencen a desaparèixer i només en queda el tram situat entre els finestrals de la nau lateral.

La disposició dels finestrals és similar a la versió neogòtica: dos finestrals a la nau lateral, l'inferior entre contraforts, i el superior, ara continu; i un altre finestral a la nau central, que es situa sobre la coberta lateral i ocupa tot l'ample del mòdul. El canvi més destacat en la disposició dels finestrals és la desalineació que es produeix en planta entre les naus laterals i centrals, motivada per la desaparició dels contraforts superiors, que permeten a Gaudí desfasar els finestrals de la nau central. Amb aquesta operació busca millorar la il·luminació i els treu de darrere dels cossos perpendiculars de les cobertes laterals, que degut al seu pendent tenen una volumetria prominent, fet que provoca una minva de la il·luminació natural. Aquesta operació, que a priori sembla lògica, finalment perd la seva raó de ser ja que els finestrals, atesa la supressió dels contraforts, acaben en una successió d'obertures contínues.

Les cobertes, però, no experimenten canvis des de la primera versió i pràcticament són les mateixes, amb un acabat d'escates pètries, tot i que amb algun ajust dimensional en el conjunt.

<sup>3</sup> El procés de recerca i modelat de la segona versió de les naus va ser realitzar íntegrament per l'autor d'aquesta tesi, David Puig i Bermejo, en el marc d'un conveni signat entre el Temple Expiatori de la Sagrada Família i el Departament d'Estructures a l'Arquitectura de la Universitat Politècnica de Catalunya, coordinat per Josep Gómez Serrano.



**Imatge 8.5.-** Segona versió de les naus. Axonometria inferior.

### 8.2.2. Mesures generals dels elements

En aquesta versió Gaudí manté el mòdul base (7,50 x 7,50m) que regula les dimensions del conjunt, però l'altera localment en algunes naus. Així, trobem que la suma de les naus dóna 45 metres, però a l'inclinar les columnes la nau central fa més de dos mòduls (15,37m), mesura que es compensa en les naus laterals.

En alçada, les dimensions són properes al mòdul però, tal i com succeïa en la primera versió, no s'acaben de complir del tot. La nau central té una alçada de 44,63 metres (sobre voltes) i les laterals de 29,81m. La subdivisió de la nau lateral, a nivell del pas sobre els capitells, es situa a 19,70 metres, que correspon al nivell superior de la cantoria, que arrenca de 14 metres.

Les cobertes són similars a les de la primera versió, però varien les seves dimensions degut a la inclinació de les columnes que eixamplen les naus laterals a la cota superior i, en canvi, estrenyen la central.

### 8.2.3. Forma i geometria

#### Columnes

En aquesta versió de les naus Gaudí planteja unes columnes de gir helicoidal simple, basades en diferents polígons de base. L'arquitecte no manté el mateix polígon en els diferents nivells que formen les columnes, sinó que aplica una jerarquia entre elles basada en la reducció del nombre de costats en els trams més alts. Aquesta gradació de polígons la podem veure en la nau central, on parteix de l'hexàgon en les columnes inferiors, passa al pentàgon en el nivell central i finalment acaba amb un quadrat en el tram superior. Aquest concepte també l'aplica a les naus laterals, on parteix del quadrat per a la columna de cantoria per, successivament, passar al cercle i finalment a una espècie de triangle, que en aquest cas està format per tres paràboles tangents.

Aquesta jerarquia entre nivells també es mostra en les columnes de la nau central, i només el nivell inferior té una base diferenciada. Totes les columnes desemboquen en un capitell que inicia la transició cap al següent element, de manera que les columnes principals que s'hi recolzen ja no tenen cap tipus de base diferenciada.

El detall de cada element, així com els seves dimensions, s'ha explicat en el capítol número 7.

#### Voltes

Gaudí abandona la idea de voltes independents, emmarcades per requadres continus, i en aquesta versió projecta unes voltes contínues que es sustenten sobre suports aïllats.

Totes les superfícies de les voltes es resolen amb paraboloides, separats per bisells, que els donen més expressivitat. La trobada amb les columnes de suport no és brusca, i es realitza amb uns paraboloides que es col·loquen en forma de nervadura i s'obren en forma de branca per recollir les voltes.

La columna de la nau central queda darrere del finestral –perquè aquest s'havia desplaçat mig mòdul per evitar les cobertes exteriors– i el capitell d'aquesta columna s'obre en cinc nervis, tres cap al centre de la nau i dos posteriors, que emmarquen el finestral i creen un espai fosc al seu davant. Per tant, podem considerar que Gaudí no resol satisfactòriament aquesta zona, ja que després de desfesar els finestrals –en una maniobra per evitar les cobertes prominents perpendiculars de la nau lateral– li torna a aparèixer de nou una raconada fosca, ara a l'interior, que de fet ja tenia en la primera versió quan els arcs principals estaven girats 45° respecte la planta.

## Finestrals

Els finestrals són un dels elements que mostren millor l'evolució formal de les naus. En un principi, Gaudí mantindrà l'aspecte neogòtic a l'exterior (finestrals de la nau lateral) i comença a introduir el nou llenguatge a l'interior, que es basa en l'ús de l'hiperboloide en les obertures.<sup>4</sup> Fins que l'arquitecte no valida aquesta experimentació no l'utilitzarà de ple en les dues cares del finestral, cosa que succeeix en els paraments de la nau central.

Tot i el canvi de llenguatge en aquesta versió –passar del neogòtic a l'ús d'hiperboloïdes–, que conforma uns finestrals més expressius, encara no desfà la construcció “clàssica” d'aquests elements i manté les rosasses de set forats –un de central i sis al voltant– i les obertures inferiors amb arc apuntat, agrupant diferents conjunts tal i com feia a la primera versió de les naus.

### *Finestral inferior de la nau lateral*

La composició del finestral inferior és molt similar al neogòtic. És un element allargat, amb una alçada de 19,70 metres, que es divideix en tres cossos. El cos inferior és cec i forma un sòcol, que en la cara interior conté el balcó del trifori baix. El cos mig conté dues agrupacions simètriques d'obertures, formades per tres nivells d'arcs apuntats que es rematen amb tres òculs. El cos superior del finestral es remata amb una gran rosassa.

A l'interior adopta el nou llenguatge, que requereix elements més gruixuts per poder obtenir un element expressiu. Aquest fet es mostra a l'exterior i els finestrals perden la lleugeresa que li conferien les nervadures neogòtiques, tot i que aquest efecte no es percep de forma tan clara a l'interior degut a que els efectes de la llum l'alleugereixen visualment.

### *Finestral superior de la nau lateral*

El finestral superior de la nau lateral té una alçada de 9,36 metres i també manté el llenguatge neogòtic a l'exterior. El finestral es forma amb tres grups d'elements: una rosassa superior, amb un òcul central, sis al voltant d'aquest de la mateixa mida i sis intercalats de més petits. A sota de la rosassa es situen dos conjunts simètrics que contenen dos arcs apuntats i una rosassa amb tres òculs grans i tres de petits cadascun.

A l'interior adopta la nova geometria, que es retalla contra un pla i mostra les tres agrupacions d'elements que es veuen a l'exterior. La particularitat d'aquest finestral es troba en el mòdul lateral que ocupa l'espai de l'antic contrafort, que ara s'allibera, i l'arquitecte ho aprofita per situar-hi un arc apuntat amb un òcul, que reforça la il·luminació interior.

### *Finestral de la nau central*

El finestral de la nau central té 12,27 metres d'alçada i es recolza sobre uns suports que l'eleven respecte el sostre de la nau lateral i el situen per sobre del nivell de coberta. Aquest finestral ja no s'emmarca entre contraforts i ocupa tot l'ample de la nau.

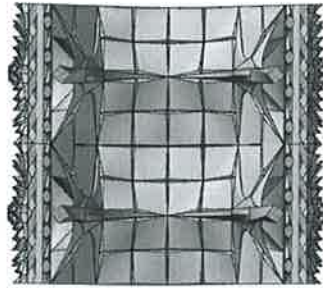
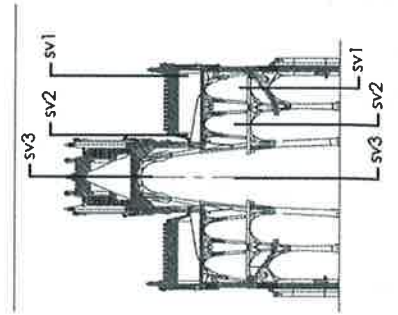
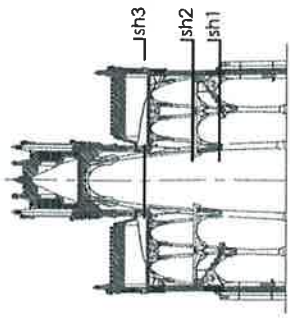
<sup>4</sup> Aquesta solució s'ha adoptat en el disseny del nou finestral del transsepte de la façana del Naixement, situat a la banda de muntanya, que és adjacent als finestrals del deambulatori de l'absis. Amb aquesta combinació es va aconseguir integrar-lo amb la construcció original per l'exterior, i amb el nou llenguatge de Gaudí s'adapta a l'estètica de les naus en l'interior.

En aquest element Gaudí ja utilitza el nou llenguatge a les dues cares, però encara manté l'agrupació d'elements heretada del neogòtic. Està format per tres rosasses superiors, de set òculs grans –un de central i sis de laterals– i sis més de petits, que s'intercalen en el perímetre dels grans. Les rosasses descansen a sobre d'un conjunt lineal d'òculs i arcs apuntats, que s'enllacen amb les obertures dels finestral adjacents, fet que els confereix un aspecte de parament continu.

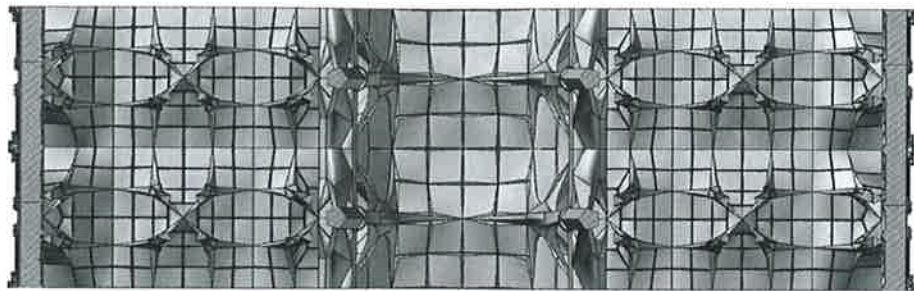
### **Cobertes**

Les cobertes són les mateixes de la primera versió i estan formades per uns grans frontons petris que rematen els finestral superiors i per unes cobertes de pedra amb molt pendent, perpendiculars a l'eix de les naus, que s'amaguen darrere els frontons.

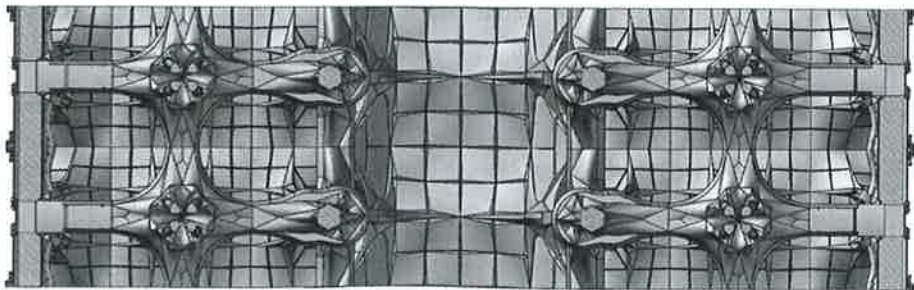
A través de la descripció dels diversos elements que componen les naus veiem com Gaudí comença a desdibuixar els arcs de la primera versió, que ara es converteixen en un traçat poligonal que es revesteix de noves formes basades en un traçat regulador geomètric molt contundent.



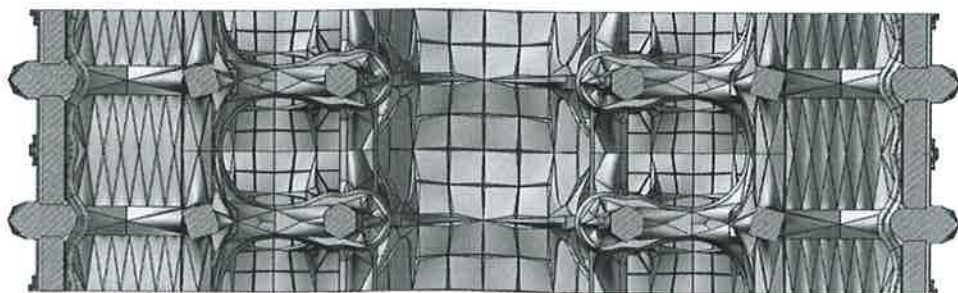
secció horitzontal sh3



secció horitzontal sh2

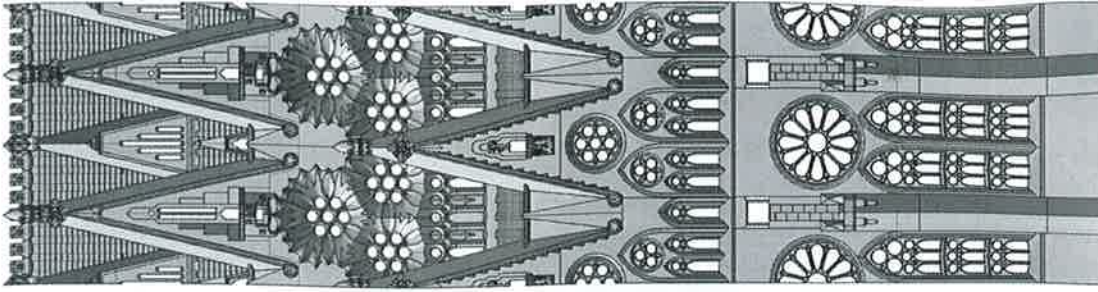


secció horitzontal sh1

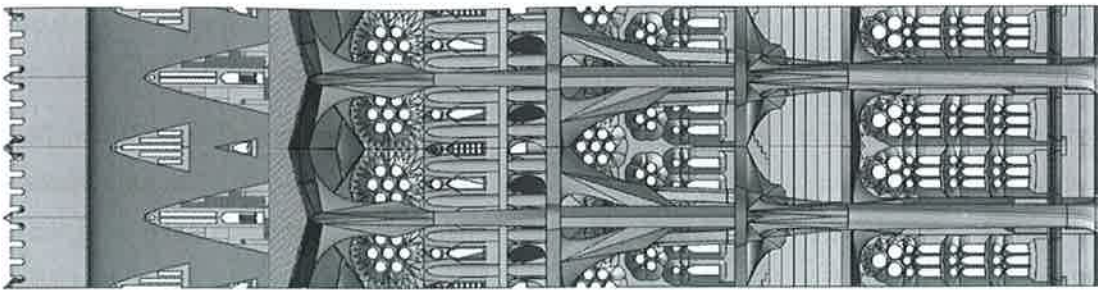


planta zenital

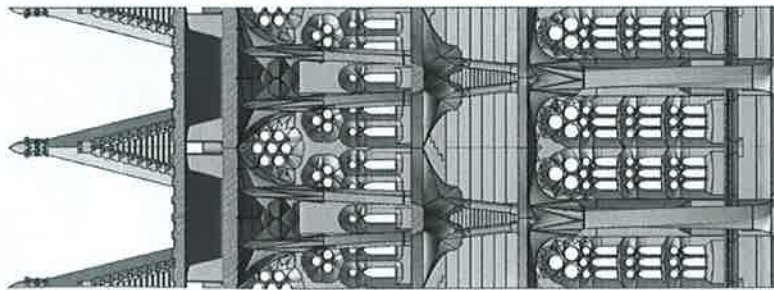
Imatge 8.6.- Segona versió de les naus. Plantes, alçats i seccions.



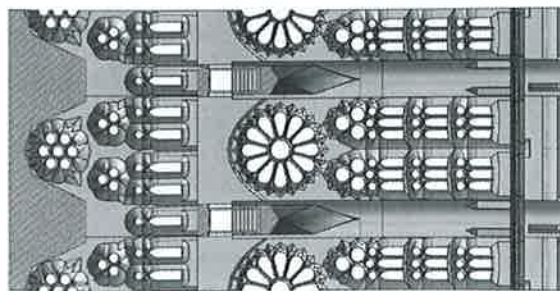
alçat exterior



secció vertical sv3



secció vertical sv2



secció vertical sv1





**Imatge 8.7.-** Tercera versió de les naus. Axonometria.

### 8.3. La tercera versió de les naus <sup>5</sup>

#### 8.3.1. Disposició general del projecte

En aquesta versió Gaudí evoluciona les naus però en manté la disposició general, amb cinc naus, una de central més alta i dues de laterals per banda.

La nau central es suporta amb unes columnes que es bifurquen en alçada i creen branques, que connecten amb les voltes.

A la nau lateral desapareix el nivell intermedi de trava, ja que aquest no és necessari amb la nova estructura –tal i com veurem en els darrers capítols– i només en queda la cantoria, que ocupa la nau exterior. La grada dels cantaires es recolza a la columna de cantoria a la cota 14,45m, i a la façana lateral a +20,395m d'alçada.

El sostre de la nau lateral es resol amb la mateixa estratègia que en la nau central: voltes suportades sobre les branques que es bifurquen a partir de la columna inferior.

Amb l'adopció del nou esquema estructural sembla que els contraforts ja no són necessaris i Gaudí els suprimeix pràcticament a tot arreu. Només en queda el rastre *al trifori baix*, on conserva la caixa d'escala que hi dona accés i que primitivament es situava a l'interior del contrafort de la nau lateral.

La supressió dels contraforts repercuteix en altres elements, i els finestrals passen a ocupar tota la façana, pràcticament sense interrupcions.

La disposició dels finestrals és similar a la de les versions anteriors, amb dos finestrals a la nau lateral –l'inferior i el superior– separats per la cantoria, i el de la nau central, que recolza sobre uns suports que l'eleven per sobre de la coberta lateral. En aquesta versió, Gaudí torna a alinear els finestrals amb el mòdul base i suprimeix el desfasament que es produïa entre els finestrals laterals i els centrals, ja que aquesta operació havia deixat de tenir sentit perquè la façana ja s'havia convertit en una successió contínua d'obertures en la solució precedent.

En aquesta versió l'arquitecte manté la voluntat de fer unes cobertes pètries, però varia notablement l'element i el geometritza amb l'ús de grans paraboloides, que en els vessants laterals es transforma en un element menys voluminós i que, alhora, amb la desaparició dels grans pendents, afavoreix la il·luminació de la nau central.

#### 8.3.2. Mesures generals dels elements

En aquesta versió Gaudí segueix fidelment el mòdul base (7,50 x 7,50m) que regula les dimensions del conjunt. Per tant, la nau central té 15 metres d'ample en l'arrencada de les columnes i les naus laterals tenen 7,50 metres. En alçada succeeix el mateix, i les dimensions pràcticament coincideixen amb el mòdul. La nau central té una alçada de 45,15 metres (a nivell de collarí) i les laterals de 30,15m. En aquesta versió la coberta central té una alçada de 26,45 metres i l'alçada total de les naus és de 71,60 metres.

<sup>5</sup> La recuperació del model de la tercera versió de les naus és el fruit de la recerca efectuada durant diverses generacions pels membres de l'Oficina Tècnica de la Junta Constructora de la Sagrada Família. Degut a la llarga durada d'aquests treballs, s'han emprat diversos procediments, que van des del dibuix en 2D manual fins al modelat en diferents programes de 3D. La tasca de recopilació de totes les parts realitzades amb mitjans informàtics i el modelat de les peces més antigues, que s'havien estudiat a mà, ha estat realitzat per l'arquitecte tècnic Oriol Molinas Daví, membre de l'Oficina Tècnica i responsable de la gestió dels models informàtics per a la impressió de sòlids. El model resultant s'ha imprès en guix sintètic i actualment es pot observar al Museu del Temple.



Imatge 8.8.- Tercera versió de les naus. Axonometria inferior.

### 8.3.3. Forma i geometria

#### Columnes

En la tercera versió, Gaudí evoluciona les columnes de suport de les naus i crea la columna de doble gir, que sorgeix de la resta de dues columnes helicoïdals amb gir invers. Gaudí, en aquestes columnes, també fa servir una gradació de polígons, però no l'aplica en el mateix element —com succeïa en la segona versió— sinó que el fa servir entre columnes diferents. L'arquitecte aplica un polígon de vuit puntes (generat per dos quadrats) a la columna de la nau central, i una de sis puntes (dos triangles) a la nau lateral<sup>6</sup>. Amb l'operació de doble gir guanya arestes a mesura que la columna avança en alçada, fins a desembocar en un polígon que s'assimila a un cercle. Aquesta operació la farà del dret i del revés, de forma que parteix d'una estrella, guanya arestes fins arribar al cercle, que li serveix de transició per embocar en els capitells —el·lipsoide— i desfà l'operació fins arribar a un altre polígon, com el rectangle, que divideix en dos per sortir amb dues branques quadrades que acabaran desembocant en un altre cercle, que recollirà el collarí que enllaça amb les voltes.

En aquesta versió consolida la idea de l'esquema arborescent, que es detallarà en el capítol d'estructura.

#### Voltes

Gaudí continua amb el concepte de les voltes contínues —suportades sobre elements aïllats— que havia iniciat en la segona versió, però en canvia la forma geomètrica. Manté la geometria reglada per generar-les, però passa dels paraboloides als hiperboloides. Els nous sostres es formen per una successió d'hiperboloides que foraden el sostre i permeten l'entrada de llum a través de les cobertes superiors. La intersecció entre hiperboloides no es deixa a la vista i l'arquitecte amaga la costura amb la col·locació de “barcos” i llengües, que s'insereixen en les superfícies predominants a través de les seves generatrius comunes.

Al voltant dels collarins dels hiperboloides centrals, que permeten l'entrada de la llum natural, Gaudí situa uns “barcos” que permeten la il·luminació artificial. Aquests elements es formen en buidar un paraboloides hiperbòlic que a través de les seves generatrius enllaça amb els hiperboloides estrellats. Dins el retall del paraboloides hi ha un hiperboloides retallat en forma d'estrella i l'espai restant s'omple amb plans triangulars i bisells. L'espai de costura entre hiperboloides que no s'ocupa amb els “barcos” es resol amb les llengües, que són una sèrie de paraboloides capiculats que desdibuixen la costura.

La unió entre les voltes i les columnes es fa amb la mateixa superfície dominant, l'hiperboloides, però aquest cop aplicat al revés. El seu collarí enllaça amb la secció circular de la columna de doble gir i s'obre de forma convexa, formant una espècie de capitell que es retalla en forma d'estrella segons les seves generatrius. Les voltes es retallen de la mateixa manera i en aquest espai s'hi insereixen plans triangulars que augmenten la base de contacte i l'expressivitat.

<sup>6</sup> La resta de columnes es completen en el creuer, amb polígons de deu i dotze puntes.

**Finestrals**

Gaudí manté la situació dels finestrals amb la divisió entre finestral inferior i superior de la nau lateral –separats per la cantoria– i el finestral únic de la nau central.

En aquesta versió ja s'ha consolidat l'ús dels hiperboloides i pràcticament ha desaparegut la disposició clàssica dels elements que conformen els finestrals, que només es mantenen, en certa manera, en el finestral inferior de la nau lateral.

*Finestral inferior de la nau lateral*

Malgrat els canvis de llenguatge, la composició del finestral inferior és molt similar a les versions anteriors. És un element allargat, amb una alçada de 20,50 metres, que es divideix en tres cossos. El cos inferior és cec i forma un sòcol que a la cara interior conté el balcó del trifori baix. El cos mig té dues agrupacions simètriques d'obertures, formades per tres nivells d'arcs apuntats que es rematen amb tres òculs. El cos superior del finestral es remata amb una gran rosassa. Tot i que la situació de les obertures és pràcticament la mateixa que en les dues versions anteriors, l'ús de les noves superfícies va desdibuixant l'agrupació d'elements que es veia tan bé amb les nervadures neogòtiques.

A l'interior empra el mateix tipus de superfícies, hiperboloides amb paraboloides incrustats, que segueixen les seves generatrius comunes. A la zona superior, en contacte amb la cantoria, Gaudí col·loca uns grans paraboloides en forma de punta que la connecten amb el pla inferior de la graderia i desdibuixen l'aresta entre elements.

Aquest finestral encara conserva la separació entre contraforts, que es manté a la part baixa per encabir l'escala d'accés al trifori baix. A la zona superior el contrafort es substitueix per dues pilastres simètriques i entre elles hi ha una gran obertura vertical, dividida amb arcs de mig punt i òculs, que coincideixen amb els nivells dels finestrals. Amb aquesta operació és dona una imatge de continuïtat a la façana i alhora es reforcen els brancals que suporten part de la cantoria.

*Finestral superior de la nau lateral*

El finestral superior de la nau lateral té una alçada de 10,55 metres (sense comptar el frontó) i respon plenament al nou llenguatge.

En aquest element, Gaudí ja ha deixat enrere la disposició clàssica de rosasses i l'agrupació d'elements i construeix un finestral que té molt poc a veure amb els estils anteriors.

El finestral es compon de dos nivells: l'inferior, format per una successió contínua d'obertures allargades que es cobreixen amb un arc de mig punt, i el superior, format per un gran òcul central el·líptic i quatre òculs menors al seu voltant.

El finestral es remata amb el gran frontó petri de les cobertes. L'hiperboloide dels dos òculs superiors serveix de barana del balcó de les cobertes, que deixa de ser un element independent i s'integra dins el finestral.

*Finestral de la nau central*

El finestral de la nau central té 14,06 metres d'alt i es recolza en uns suports que l'eleven respecte el sostre de la nau lateral i el situen per sobre del nivell de la coberta. Aquest finestral ja no s'emmarca entre contraforts –com el superior de la nau lateral– i ocupa tota la longitud del mòdul de la nau.

Aquest finestral comparteix una altra característica amb el superior de la nau lateral, i és que Gaudí tampoc hi aplica l'agrupació d'elements i desdibuixa totalment la composició "clàssica" de rosasses.

Internament, el finestral es compon de dos nivells: l'inferior, format per quatre obertures allargades de mig punt, i el cos superior, que conté dos òculs circulars i una gran obertura formada per un hiperboloide el·líptic. En aquest cas, el frontó de les cobertes també s'integra amb el finestral. El balcó que es situa enmig deixa de ser una entitat independent per integrar-se dins d'aquest element, on l'hiperboloide de l'òcul superior actua de barana.

### **Cobertes**

Gaudí, en aquesta versió, manté les cobertes d'acabat petri, però hi aplica un canvi radical: les geometritza amb l'ús de grans paraboloides hiperbòlics.

#### *Coberta de la nau central*

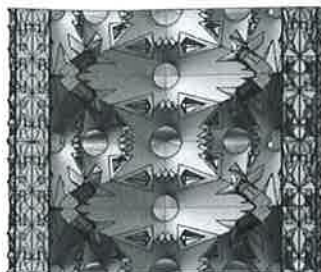
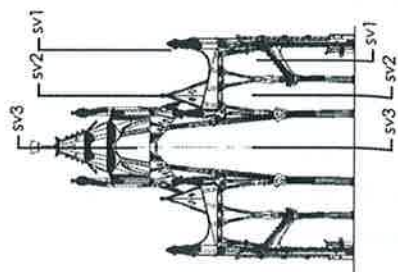
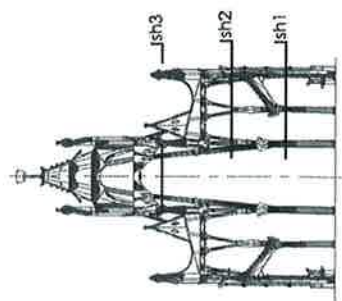
Dins la coberta central hi apareixen dos pisos intermedis que es suporten amb unes columnes inclinades, resultat de prolongar les branques de l'arbre estructural per sobre de les voltes de 45 metres. Les columnes suporten unes grans voltes, formades per paraboloides, que en certa manera recorden una variant de les voltes de la segona versió. Es manté la idea d'un gran cos central –que segueix l'eix longitudinal de la nau– i de cossos perpendiculars –que van a buscar els frontons dels finestrals–, però aquests volums, amb la nova geometria, s'alteren. El cos longitudinal passa a ser una successió de cossos piramidals, enllaçats entre ells, fets a base de paraboloides i plans. Aquests contenen obertures de forma romboïdal cobertes amb uns paraboloides en forma de caputxó. En canvi, els cossos transversals perden protagonisme i passen a ser uns simples paraboloides d'enllaç.

#### *Coberta de les naus laterals*

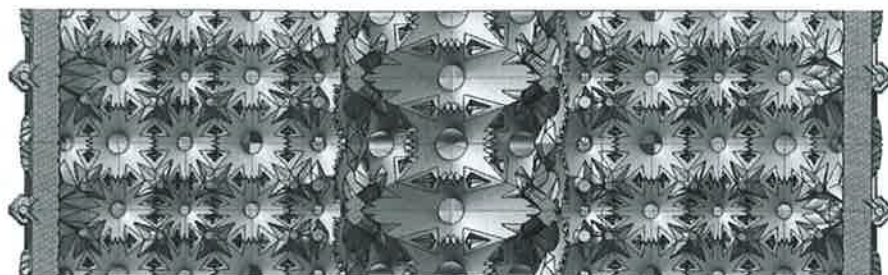
El canvi a les cobertes laterals també és notable perquè Gaudí les simplifica respecte les anteriors. Manté el pla inclinat, però en suprimeix els cossos perpendiculars, que substitueix per uns paraboloides que enllacen amb la cara posterior dels frontons, i uns altres d'invertits, que formen el desguàs de la coberta. L'únic rastre que queda del cos elevat que hi havia per sobre del pla inclinat són els cupulins, que tenen forma de piràmide de base quadrada. Estan formats per plans, que es desdibuixen amb la incisió de paraboloides en les arestes. Aquests elements serveixen per il·luminar les voltes i tenen una obertura romboïdal a cada cara, similar a les perforacions de les cobertes centrals, que també es rematen amb un caputxó en forma de paraboloides.

Després de veure la descripció dels diversos elements que componen la nau, observem com Gaudí aconsegueix un espai molt més diàfan suprimint elements com el pis de trava intermedi. L'espai diàfan es veu potenciat per l'esveltesa de l'estructura vertical, que traspasa el nivell de les naus i es prolonga fins a suportar les cobertes. Tot i aquests canvis destacats entre versions, que afecten de forma contundent l'espai interior, l'arquitecte manté l'essència de les cinc naus inicials.

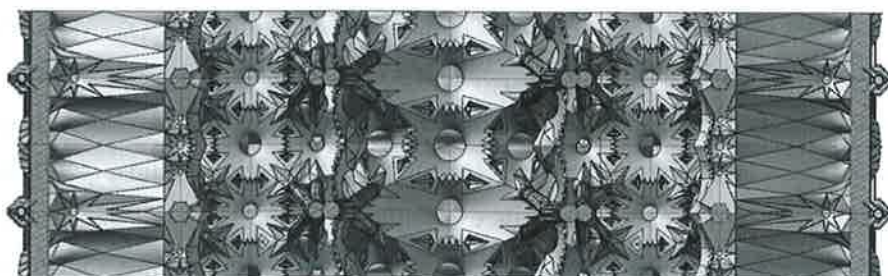
En el següent apartat ens dedicarem a analitzar com Gaudí modifica tots els elements que componen les naus i ens mostren el procés de canvi, on la segona versió juga un paper fonamental.



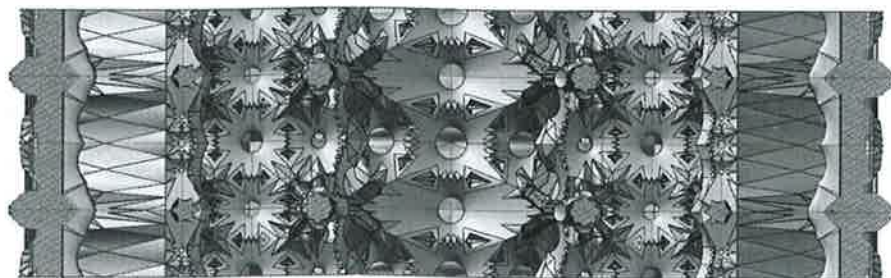
secció horitzontal sh3



secció horitzontal sh2

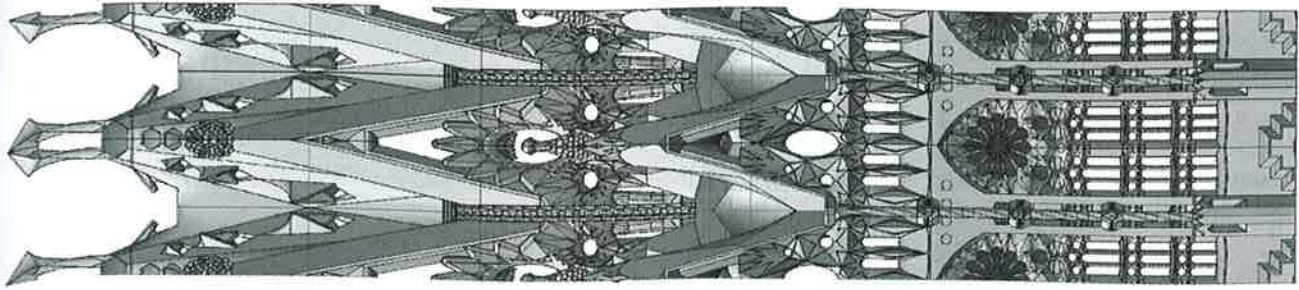


secció horitzontal sh1

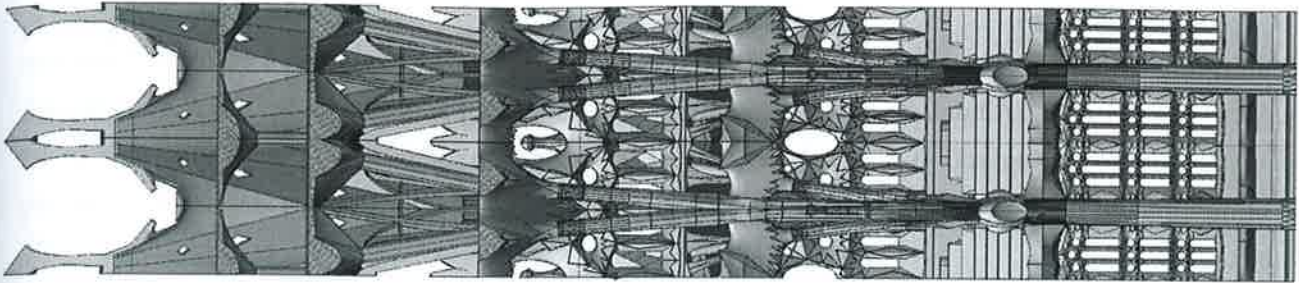


planta zenital

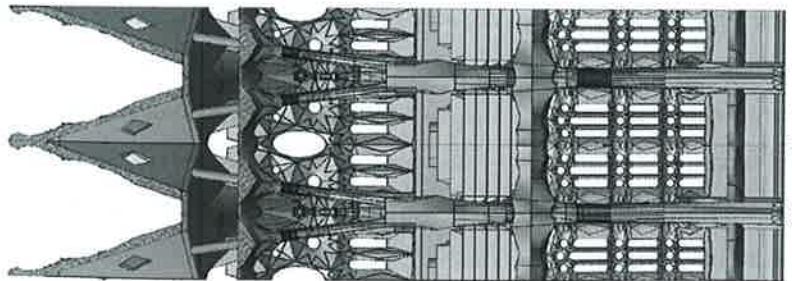
Imatge 8.9.- Tercera versió de les naus. Plantes, alçats i seccions.



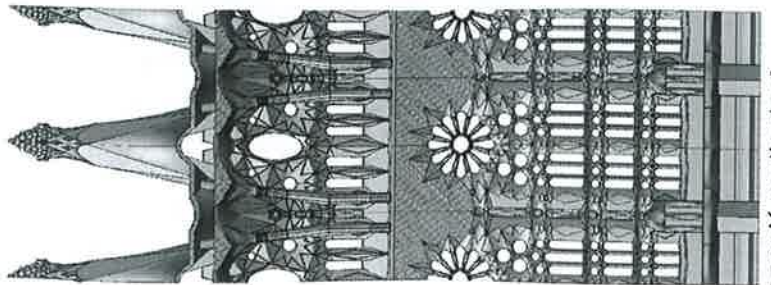
alçat exterior



secció vertical sv3



secció vertical sv2



secció vertical sv1



## 8.4. La segona versió de les naus com a inici de la nova arquitectura. L'evolució mostrada sobre els elements continus

En aquest apartat ens fixarem en l'evolució dels elements dins del conjunt de les naus. Si en l'apartat anterior hem descrit cada versió per separat, ara és el moment d'estudiar els elements de cada una agrupats per tipologies, fet que ens mostrarà l'evolució –la seva variació de posició i forma– dins del conjunt.

### 8.4.1. Suports verticals

En la primera versió de les naus els suports verticals es limitaven a les columnes inferiors, que estaven formades per un cilindre. A sobre hi naixia una estructura d'arcs que suportaven les voltes, bé directament –com succeïa a la nau central– o a través de murs col·locats al seu damunt, com a les naus laterals (*imatges 8.10 Ia i Ib*).

En la segona versió de les naus els suports verticals comencen a prendre protagonisme i guanyen alçada dins la nau (*imatge 8.10 II*). Alhora, les columnes comencen a inclinar-se i formen una espècie d'arc poligonal, on Gaudí buscava l'adaptació al funicular de les càrregues<sup>7</sup>. Aquesta, però, no és l'única innovació en les columnes. Gaudí comença a bifurcar-les en una operació que pretén guanyar suports en arribar a la cota de les voltes.

A la nau central bifurca la columna del segon nivell, però manté el suport central, on hi afegeix deu branques que es destinen a suportar els finestrals superiors.

A la nau lateral el procés de desdoblament és més evident. Parteix d'una columna a nivell de Pla de Temple que suporta la cantoria. Per sobre d'aquest nivell la desdobla en quatre branques inclinades, més petites, que es troben amb el pis de trava de 20 metres i continuen fins a contactar amb les voltes de la nau lateral. En aquest cas, a diferència del que succeïa en la nau central, en desdoblar-la, Gaudí suprimeix la columna original.

El fenomen de desdoblar branques des dels canvis de nivell no és exclusiu de la columna de la cantoria i, altra vegada, des del capitell de la columna central i també des de sobre del finestral lateral, neixen dues petites branques inclinades per banda destinades a suportar les voltes de la nau lateral.

Aquest procés de desdoblament de columnes, però, no és continu, i queda interromput pels nivells intermedis –cantoria a 14 metres i capitells de 20m– que tallen les columnes en el punt on canvien de direcció.

Finalment, és en la tercera versió de les naus on consolida el procés de desdoblament que inicia a la fase anterior. Els “arbres” (columnes i les seves bifurcacions) passen a ser continus i la composició de les diferents branques es fa “a l'aire”, sense necessitat dels nivells intermedis de trava (*imatge 8.10 III*). Només on la composició de branques és més complexa –en la unió de l'arbre central–, on recull les branques que suporten el finestral central i part de les voltes laterals, Gaudí deixa un nus en forma d'el·lipsoide que serveix de traspàs cap a la columna de base. En el desdoblament de les branques superiors, que suporten les voltes centrals,

<sup>7</sup> Els conceptes estructurals s'ampliaran a la tercera part de la tesi.

“Els pilars són helicoïdals i lleugerament inclinats: helicoïdals, perquè és la forma pròpia d'un suport que rep la càrrega superior, i inclinats, perquè aquesta també ve amb una certa inclinació provinent dels funicles de les voltes i cobertes.”

Puig Boada, Isidre: *El pensament de Gaudí*. Publicacions del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Barcelona, 1981. p. 204.



Ia



Ib



II



III

Imatge 8.10.- Evolució dels suports verticals i els arcs (1a versió). Axonometria.

Gaudí trava l'arbre amb un nivell intermedi, però ho fa amb una solució més neta que en la segona versió i formalment passa la barana per darrere dels suports estructurals per deixar la columna i l'arbre continus.

És en l'arbre lateral on es veu un canvi més substancial entre les dues versions. Tot i que en el fons responen al mateix element estructural –una columna que s'acaba desdoblant en quatre branques simètriques–, en la darrera solució és capaç de deixar l'arbre net i obrir directament les branques des del fust de base rectangular, suprimint totalment els nivells de trava intermedis.

En aquesta versió, la consolidació de l'arbre estructural és plena i aquest surt dels límits de les naus, prolongant-lo per sobre de les voltes per poder sustentar les cobertes.

#### 8.4.2. Voltes

En la primera versió de les naus l'estructura general de columnes i arcs dividia el sostre en requadres, que es cobrien amb voltes (*imatge 8.11 I*). En el cas de la nau central la divisió era menys evident i el gruix de l'arc s'embevia en el gruix del sostre i, per tant, només n'era visible l'intradós. En les voltes laterals la divisió era més evident i quedaven confinades entre la retícula del trifori, recolzades sobre els murs que conformaven els passos.

En els dos casos, les voltes es recolzaven pel perímetre i constaven de vuit sectors, i la transició cap a la planta quadrada es feia a través de quatre petxines despenjades.

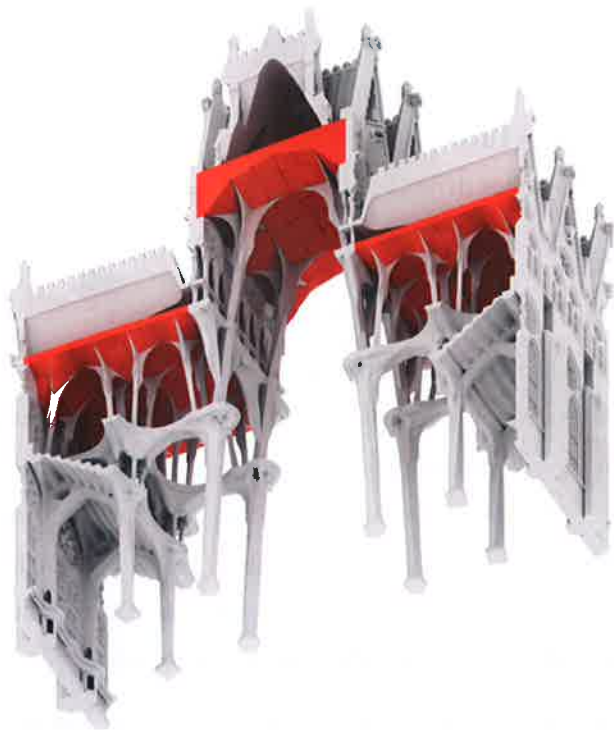
La segona versió de les naus és la que, un cop més, suposa un canvi en el planejament general i formularà el pas cap a les voltes contínues (*imatge 8.11 II*). L'estructura general ha canviat, s'han suprimit els grans arcs de sosteniment i s'han substituït per columnes, que sustenten les voltes. El contacte entre les columnes i les voltes, però, no és directe, ja que s'interposen uns capitells que eixamplen l'àrea de contacte entre els dos elements i s'hi col·loquen uns paraboloides que s'obren en forma de palmera. Els paraboloides recorden una espècie de nervadures, com les de la traseria gòtica, que en certa manera encara delimiten l'espai entre requadres, però sense la potència que tenien els arcs de la primera versió. Els nous nervis també queden embeguts en el gruix de les voltes i es troben en un vèrtex amb els seus simètrics de la branca veïna, mostrant una solució molt desdibuixada d'un element estructural.

Les voltes situades entre els nervis es formen amb requadres guerxos, que es subdivideixen amb paraboloides separats per bisells per guanyar expressivitat. El resultat, però, no és gens satisfactori i es percep un sostre fosc i pesant. Gaudí n'estudiarà algunes variants, però al final les canviarà per una solució molt diferent en la darrera versió.

En aquesta darrera versió de les naus, Gaudí planteja una solució diferent, basada en l'hiperboloide, però continua el camí que havia iniciat en la segona i acaba fent unes voltes contínues, recolzades sobre suports aïllats (*imatge 8.11 III*). La transició entre la columna i el sostre es fa amb un hiperboloide que s'encaixa amb el suport a través del collarí. La costura entre els hiperboloides de la columna i els de les voltes es realitza amb uns plans triangulars, incrustats segons les generatrius de les superfícies a unir. Aquests elements recorden vagament els paraboloides de la solució anterior, que també es destinaven a ampliar la unió entre els elements, però en aquest cas queden molt més integrats en les voltes i donen la solució d'una transició contínua, on costa



I



II



III

Imatge 8.11.- Evolució de les voltes. Axonometria inferior.

identificar on s'acaba la columna i on comença el sostre.

Gaudí introdueix una altra innovació en les voltes, i forada el sostre amb hiperboloides, que situa en el centre dels requadres delimitats per les columnes. Els forats permeten l'entrada de la llum a través de les cobertes superiors i així el resultat és una superfície molt més expressiva que soluciona les mancances que es produïen en les voltes de les versions anteriors.

### 8.4.3. Elements de trava horitzontals

Des que Gaudí va traçar la gran planta de 1890, buscava la supressió dels elements d'estabilització del gòtic: els grans contraforts i els arcbotants<sup>8</sup>. Amb aquesta idea va buscar substituïts des de la primera versió, i els va canviar per una retícula de murs a les naus laterals (*imatge 8.12 I*). Allò innovador és que aquests murs no es situen de forma clàssica —com es mostrava en la planta primitiva de 1885—, és a dir, formant capelles embegudes en la nau extrema, sinó que els eleva fent un trifori i crea uns passos entre dos murs simètrics. Amb aquesta disposició aconseguix tenir unes naus netes a Pla de Temple i alhora trava els grans arcs de la nau central amb una estabilització que arriba fins al pla de la façana lateral.

Conceptualment, la solució descrita sembla que aconseguix estabilitzar l'estructura, però en canvi li crea inconvenients per a un altre propòsit: la il·luminació de les naus, un altre dels objectius primordials. Tot i que en principi sembla que suprimeix els grans massissos exteriors, que segons ell no permetien l'entrada correcta de llum a l'interior<sup>9</sup>, acaba situant-los dins, fet que crea racons foscos. Per minimitzar aquest defecte es veu obligat a calar-los en excés. Per tant, podem considerar que la solució no és encertada i el propi Gaudí la canviarà en la següent versió.

Així, en la segona versió de les naus, Gaudí busca eliminar els murs interns que entorpien l'entrada de llum. En principi manté el nivell de trava, però substitueix els passadissos creuats per capitells, que conserven la disposició de retícula i alhora li permeten desdibuixar el traçat rígid al corbar els límits i crear uns grans forats en planta. Les parets, que tenien funció estructural i suportaven directament les voltes, es substitueixen per columnes, que donen com a resultat una nau molt més diàfana (*imatge 8.12 II*).

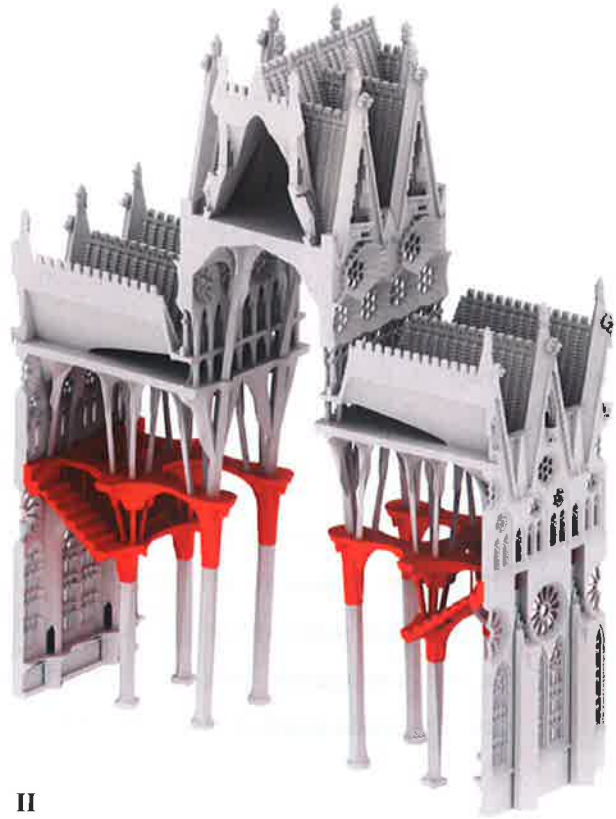
Aquesta no és l'única variació respecte la primera versió. Apareix un nou element, la cantoria, que és una grada destinada a allotjar els cantaires. La cantoria es recolza sobre les columnes de la nau lateral i, a través d'uns arcs que es situen sota dels capitells que contenen les escales, connecten amb els contraforts de la nau lateral. Les grades es suporten amb una plataforma de paraboloides que carreguen sobre els arcs dels capitells

8 "Totes les formes i tots els elements resistents del Temple es basen en les funícules de les forces actants, per la qual cosa hom pot prescindir dels contraforts. L'art gòtic no se separà mai de les voltes i dels arcs de generació circular, i aquelles que, per tal de seguir aproximadament les funícules, no ho podien ésser més que d'una manera fragmentària, com els arcbotants, eren tretes fora del temple, amb la qual cosa aquests elements més necessaris queden a la intempèrie, més vulnerables i exposats a deteriorar-se. Aquest inconvenient és generalment reconegut i no deixen d'esmentar-lo la majoria de llibres que tracten de la construcció."

Puig Boada, Isidre: *El pensament de Gaudí*. Publicacions del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Barcelona, 1981. p. 106.

9 "Les clarors a les esglésies gòtiques, pel fet de venir encaixades pels contraforts, vénen normals a les naus, en el mateix sentit que els arestons i arcs transversals; això els dona pobresa de relleu; en canvi, aquí posarem les columnes al centre dels finestrals, les voltes dispersaran les clarors i les faran venir a 45 graus (llum més perfecte) i que donarà multitud d'entonacions."

Puig Boada, Isidre: *El pensament de Gaudí*. Publicacions del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Barcelona, 1981. p. 210.



**Imatge 8.12.-** Evolució dels elements d'estabilització. Axonometria.

i alhora són un element que traven l'edifici. Amb l'aparició d'aquest nou element –que es suma al primitiu que provenia de la primera versió– es doblen els elements de trava. La cantoria es situa en un nivell inferior (14m) però la seva secció en pendent l'aproxima –a la zona de la façana lateral– als capitells de 20 metres, i crea un racó de difícil solució geomètrica que en les fotografies de les maquetes originals sempre es veu sense una resolució satisfactòria.

A la tercera versió Gaudí fa un pas més enllà en la seva recerca per obtenir unes naus el més diàfanes possible i suprimeix el nivell superior de trava –situat a 20m–, que amb l'aparició de la cantoria i la nova disposició dels suports verticals deixava de ser necessari, tal i com explicarem en detall en el capítols finals que versen sobre la comprovació de l'estructura (*imatge 8.12 III*).

La cantoria es manté al mateix lloc, però pateix algunes modificacions amb el canvi de versió. De la mateixa manera que les columnes de la solució definitiva de les naus fan un traspàs més net entre seccions, sense la necessitat de col·locar capitells de transició, les cantories perden els arcs inferiors de suport i la columna hi enllaça directament. Podem dir que segueix el mateix camí que la resta de les naus i passa a ser un element continu que descansa sobre uns recolzaments puntuals. Per aconseguir-ho, el nou element guanya gruix i el pas inferior –entre columnes– passa a ser un gran massís que rep els hiperboloides i paraboloides de la cara inferior, que canvien de sentit en aquesta versió de les naus i carreguen des del pas cap a la façana lateral.

#### 8.4.4. Contraforts

Aquest element està estretament vinculat als elements d'estabilització horitzontal, que s'han tractat en el punt anterior.

Com ja s'ha comentat, des de la planta monumental Gaudí busca suprimir els grans contraforts del gòtic, però en la primera versió no ho aconsegueix del tot i apareixen uns grans massissos entre els finestrals de les naus laterals, que de fet actuen com a contraforts (*imatge 8.13 I*). Aquests són més primers en la zona alta de la nau on la descàrrega de les voltes es realitza a través dels murs del trifori. A sota d'aquest hi ha els arcs apuntats que el suporten, a la mateixa cota que l'arrencada dels grans arcs centrals. D'aquí cap avall ja no hi ha cap element intern que estabilitzi les naus. En la cota inferior Gaudí és molt agosarat i s'atreveix a col·locar tota l'estructura d'arcs sobre unes columnes circulars, perfectament aplomades, que resulten ser el més feble de tota la nau. Per garantir l'estabilitat del conjunt amb aquesta atrevida disposició es veu obligat a col·locar uns potents contraforts a la part baixa, que centra amb el gruix dels finestrals –col·locant-ne mig a dins i mig a fora– per dissimular-ne la dimensió.

A la nau central també hi situa unes pilastres, en aquest cas embegudes dins del mur, que descansen directament sobre la vertical de les columnes centrals.

A la segona versió de les naus l'arquitecte continua amb la idea de suprimir aquests elements –provinents del gòtic– i començarà a depurar-los tal com havia fet amb els elements d'estabilització horitzontal (*imatge 8.13 II*).

Amb la nova estructura de branques inclinades ja és capaç de desviar les accions obliqües directament cap a la fonamentació i no necessita tants elements de contrapès. Un altre factor que influeix són els nous finestrals.



I



II



III

**Imatge 8.13.-** Evolució dels contraforts.  
Axonometria.



Amb el canvi d'estil, basat en l'hiperboloide, que substitueix les esveltes traceries gòtiques, els finestral guanyen molta massa i poden absorbir part de les accions horitzontals. Una mostra d'això s'observa a la nau central, on suprimeix la pilastra embeguda en el gruix de façana.

L'evolució a les naus laterals no és tan immediata i comença a suprimir els contraforts per nivells. Del finestral superior se'n coneixen dues versions: la primera està limitada a l'espai entre contraforts, mentre que en la segona –que és la dibuixada– hi apareix un mòdul extra que ocupa aquest espai. Això fa pensar que Gaudí, al principi, va mantenir el contrafort de les naus laterals en tota l'alçada però que després d'estudiar més a fons aquesta solució es va atrevir a suprimir-lo en la part alta.

A la part baixa, que és la més compromesa, encara manté la gran pilastra, centrada amb el gruix del finestral, tal i com feia en la versió precedent.

A la tercera versió la confiança sobre el sistema arborescent és absoluta i, a la fi, Gaudí es desfà de pràcticament tots els contraforts (*imatge 8.13 III*). Aquest fet, lligat a l'augment de massa dels finestral –provocat pel canvi estilístic que passa de les esveltes traceries gòtiques a l'hiperboloide–, fa que les pilastres guanyin secció i l'arquitecte ho aprofiti per col·locar-ne dues de forma discreta en el lloc on abans hi havia el contrafort. Tot i així, Gaudí no arriba a eliminar-los completament, i en queda una lleugera traça en el sòcol de la façana lateral, que en el seu interior conté l'escala d'accés al trifori baix, que des del principi Gaudí havia situat en l'interior de l'element estabilitzador.

#### 8.4.5. Finestral

L'evolució d'aquest element, en línies generals, va lligada a la dels contraforts i respon a la recerca d'un parament continu que faciliti al màxim l'entrada de la llum.

Des de l'inici, la disposició dels finestral en alçada és la mateixa i Gaudí col·loca dos finestral a la nau lateral, un d'inferior que arrenca des de Pla de Temple i un de superior, en el nivell del trifori (*imatge 8.14 I*). A la nau central hi situa un finestral, que s'eleva respecte les voltes inferiors per sobresortir respecte el pendent de les naus laterals.

En la primera versió els elements de totes les naus es confinen entre els grans contraforts, que absorbeixen la descàrrega de tot el pes.

Els finestral estaven formats per unes nervadures molt esveltes, i Gaudí els emmarca amb un arc apuntat per alliberar-los de la càrrega superior, que es desvia cap a les potents pilastres laterals.

Per sobre dels finestral hi ha uns grans frontons de pedra que al darrere amaguen la coberta i donen un remat a les façanes.

En la segona versió de les naus els finestral deixen d'encaixar-se entre els contraforts, que desapareixen gradualment (*imatge 8.14 II*). El finestral inferior de la nau lateral és el cas que queda més vinculat a la versió anterior i només pateix un canvi estilístic, però es manté entre contraforts. En canvi, el finestral superior comença a experimentar un canvi tímid, i ocupa l'espai del contrafort desaparegut. De tota manera, aquest canvi no és immediat i es pot considerar que està a mig camí perquè el finestral no respon a un nou disseny que ocupi tot l'ample, sinó que és un element antic al qual se li ha afegit una obertura lateral extra per omplir



Imatge 8.14.- Evolució dels finestrals.  
Axonometria.

el forat.

En canvi, la nau central ja té uns finestrals especialment dissenyats per ocupar tota la longitud del mòdul, i és en aquest element on es consolida la idea d'una successió de finestrals continus, que il·luminin tota la nau sense interrupcions. En aquesta versió Gaudí introdueix una altra novetat: *desplaça* mig mòdul aquests finestrals per evitar les ombres que provoquen les cobertes laterals.

És a la tercera versió on, definitivament, es consolida la idea de finestral continu, tot i que no arriba a manifestar-se plenament (*imatge 8.14 III*).

Els finestrals baixos de la nau lateral pateixen un refinament geomètric, però la seva estructura general – agrupació d'elements i situació dels òculs – pràcticament no ha variat des de la primera versió. Quan Gaudí suprimeix els contraforts es limita a omplir el forat amb un mòdul d'obertures extra, tal i com havia fet en els finestrals superiors de la segona versió. Segurament, aquesta estratègia és motivada per les escales d'accés (aquell rastre dels contraforts ara suprimits), que marquen un ritme molt evident entre mòduls, que es completa amb la situació del baixant helicoïdal, tot i que aquest no és perceptible des de l'interior, on sí s'aconsegueix una continuïtat plena.

En canvi, en els finestrals superiors l'estratègia canvia, i Gaudí crea uns nous elements que ocupen tot l'ample del mòdul sense necessitat d'haver de recórrer a cap accessori extra. La part baixa d'aquest finestral es compon d'una successió d'obertures allargades –separades per pilastres– i és en aquesta zona on mostra millor la voluntat de fer una façana contínua, ja que l'obertura queda tallada en el canvi de mòdul i es completa amb el següent finestral. Amb aquest exemple es veu clarament que Gaudí no té la simple voluntat de suprimir el contrafort per col·locar els finestrals un al costat de l'altre, sinó que busca desdibuixar els límits entre els elements adjacents. En canvi, a la part superior del finestral segueix una altra estratègia, i centra les obertures amb el gran frontó que marca el ritme de les cobertes.

En els finestrals de la nau central segueix la mateixa estratègia, amb l'única diferència que en la zona inferior, en lloc de compartir obertura, opta per col·locar mitja pilastra que es completa amb la de l'element adjacent. Tot i aquest petit canvi, en el fons respon a la mateixa estratègia de continuïtat.

Un canvi rellevant respecte la segona solució és l'alineació dels finestrals, que havia trencat en la versió anterior de les naus. Amb la idea consolidada d'un finestral continu ja no té tanta importància el fet de desplaçar-los per evitar l'ombra de les cobertes laterals (que han variat significativament). En canvi, la nova estructura interior –on desdobra l'últim tram de columna central– demana tornar a centrar el finestral per millorar la il·luminació interior de les naus.

De tots els elements analitzats, el finestral és el que canvia menys la seva disposició dins del conjunt i, com ja hem apuntat a l'inici d'aquest apartat, les seves variacions estan principalment motivades pels canvis dels contraforts. Aquest fet ens mostra de forma clara que Gaudí estava realitzant un gran canvi estructural de les naus, que també anava acompanyat d'una variació formal, tot i que aquesta no jugava un paper fonamental.



Imatge 8.15.- Evolució de les cobertes.  
Axonometria.

### 8.4.6. Cobertes

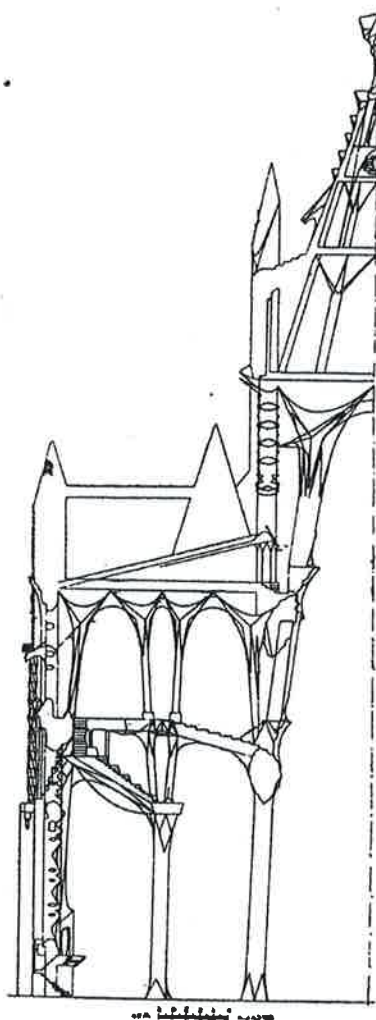
Gaudí realitza variacions importants en aquest element que no coincideixen amb els canvis de versió de les naus.

En la primera versió realitza unes cobertes amb un fort pendent, revestides amb teules pètries (*imatge 8.15 I*). La teulada de la nau central consta d'una gran volta diàfana, que segueix l'eix de la nau, coberta a dues aigües. Perpendicular a aquesta n'hi ha unes altres, que s'amaguen darrere els frontons dels finestrals.

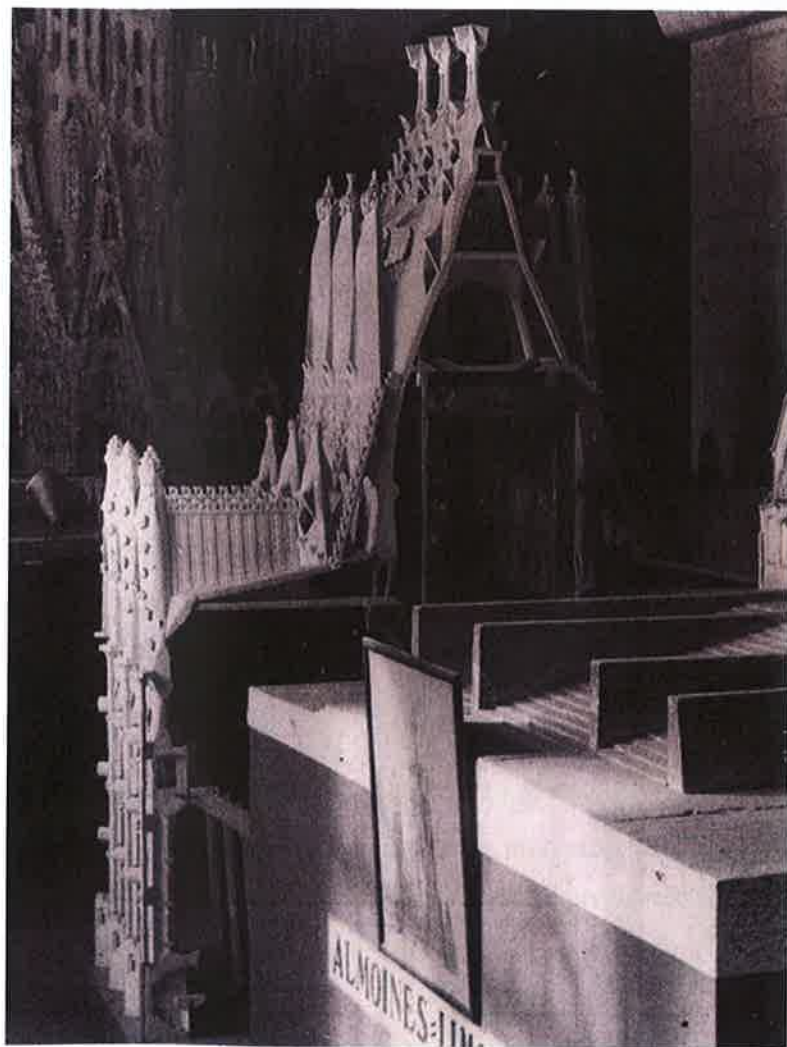
A la nau lateral la coberta de base és a un sol vessant, amb un pendent suau, sobre el qual també es situen uns cossos perpendiculars a dues aigües que s'amaguen darrere els frontons.

Amb l'aparició de la segona versió de les naus les cobertes no canvien i Gaudí, en principi, manté les originals, tot i que aplica petits ajustos dimensionals (*imatge 8.15 II*).

El canvi amb les cobertes de la tercera versió és evident, però com succeeix amb la resta d'elements no s'ha d'entendre com un canvi bruscat, sinó com un procés continu que acaba en un resultat molt diferent a l'inicial (*imatge 8.15 III*).



**Imatge 8.16.-** Secció de la segona versió publicada a Puig Boada (1929)



**Imatge 8.17.-** Model de cobertes de la nau lateral on es combinen les dues vessants de la primera solució i el cupulí que quedarà en la tercera.

Si estudiem detingudament la documentació original –secció transversal ST-2, publicada al llibre de Puig Boada (1929)–, observem que la coberta de la nau central en una variant de la segona versió ja és pràcticament la definitiva, formada a base de paraboloides. En canvi, a la coberta lateral veiem que hi apareix el cupulí, que s'ajunta amb el frontó a través d'una línia de carener (*imatge 8.16*). Si observem detingudament la fotografia de l'obrador del soterrani de la façana del Naixement trobem un detall que ens mostra un híbrid entre les cobertes de la primera i la tercera versió: el cupulí es fusiona amb les cobertes perpendiculars primitives (*imatge 8.16*). Aquesta troballa és important i ens confirma que els canvis entre versions no afecten per igual tots els elements que formen l'edifici i que alguns canvis es produeixen de forma no sincrònica amb les variacions globals.

A través de la documentació consultada podem afirmar que les cobertes a dues vessants, amb acabat de teules de pedra, són originàries de la primera versió. Les va mantenir en la segona, fins que en una altra variant va estudiar una nova solució per a les naus laterals, on retalla les cobertes perpendiculars i substitueix la part del darrere pel nou cupulí, que alhora serveix d'il·luminació i de contrapès de l'arbre central, i que s'ha mantingut fins a la darrera versió. En canvi, a la nau central la variant és més meditada i ja apareixen les cobertes definitives, formades per paraboloides hiperbòlics, on la gran volta central es substitueix per una successió de cúpules enllaçades entre elles i amb les frontons.

Per tant, en contra del que es creia fins ara, quan Gaudí elabora la tercera versió, les cobertes centrals ja estaven consolidades i només es limita a depurar les cobertes laterals, que conservaven una relíquia de la primera versió –el cos perpendicular– que desentonava amb el nou conjunt. El canvi consistirà en suprimir els dos vessants i les teules del pla inclinat de base, i substituir aquest pla per un gran paraboloides que enllaça amb els frontons dels finestrals.

## 8.5. La segona versió de les naus com a inici de la nova arquitectura.

### L'evolució mostrada sobre els elements concrets

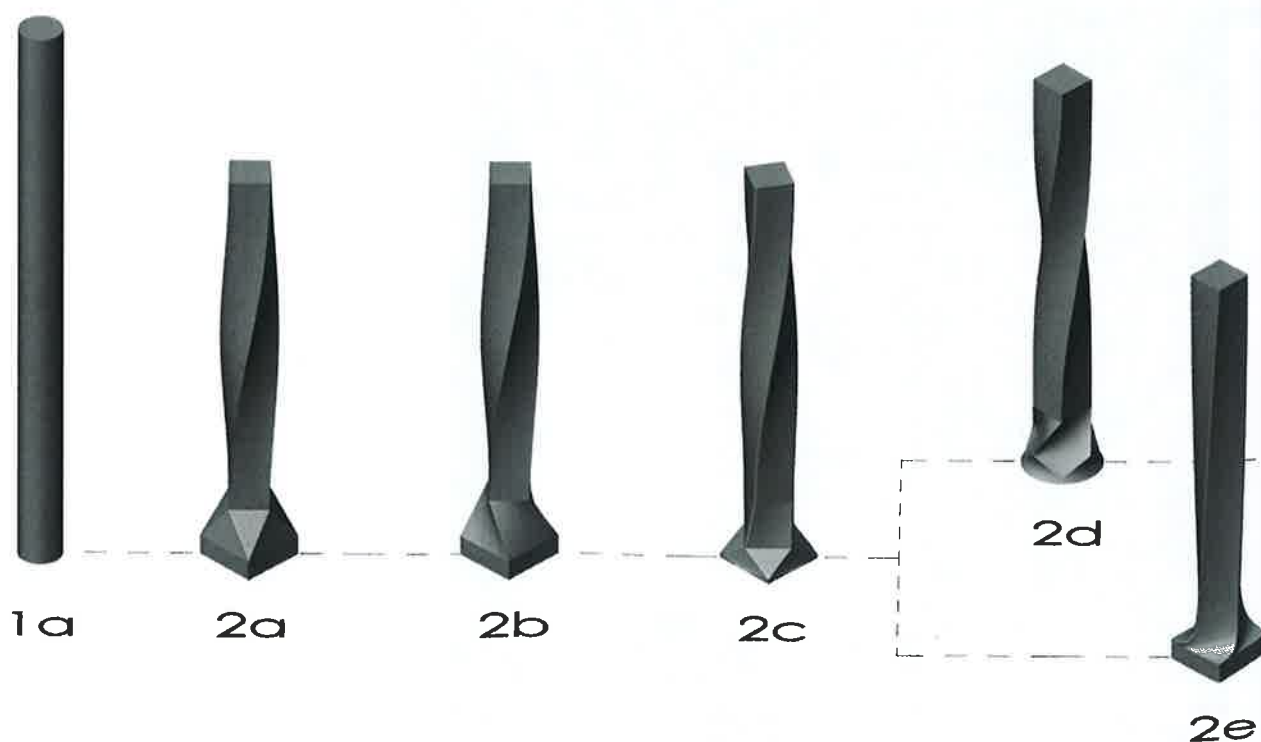
En l'apartat anterior hem vist com varia la disposició general dels elements entre les diferents versions i com es demostra, si s'analitza detingudament, que malgrat les grans diferències entre elles representen uns canvis continus que deixen traces d'una versió a l'altra.

Aquest procés s'ha confirmat en el cas de les cobertes, on l'observació detallada de la informació original ens ha mostrat que hi ha canvis que es produïen gradualment i no coincidien amb els canvis estrictes de les versions que s'han mostrat.

En aquest apartat ens dedicarem a aprofundir en l'estudi de la resta d'elements singulars (columnes, capitells, voltes, finestrals...) que ens permetin entendre si també van patir una evolució progressiva o si Gaudí, per contra, els va modificar radicalment amb els canvis de versió.

#### 8.5.1. Columnes

Quan Gaudí comença la primera versió de les naus –amb el seu particular estil neogòtic– simplifica al màxim les columnes i les converteix en un cilindre sense base ni capitell<sup>10</sup> (*imatge 8.18 1a*), on les trobades amb els altres elements es feien per contacte directe, sense cap tipus de continuïtat.



**Imatge 8.18.-** Evolució de les columnes de la segona versió de les naus, amb la connexió amb les versions anterior i posterior.

<sup>10</sup> Es té constància que, des dels seus inicis en el Temple, Gaudí volia fer les columnes cilíndriques.

Quan Gaudí es fa càrrec de les obres de la Cripta, iniciades per Villar, quedava una columna per començar. Les columnes construïdes estaven formades per feixos i, aleshores, el nou arquitecte ja es plantejava fer totalment cilíndrica la columna que faltava. Al final l'arquitecte se'n va desdir i la va fer idèntica a la resta.

Martinell i Brunet, Cèsar: *Gaudí i la Sagrada Família comentada per ell mateix*. Barcelona, Aymà, 1951. p. 126.

En la segona versió planteja unes columnes més complexes que les anteriors, formades pel desplaçament d'un polígon al llarg d'un eix que alhora segueix el gir d'un helicoide. En aquestes columnes ja planteja elements de transició en els extrems –la base en contacte amb el terra i un capitell a l'extrem superior– que buscaran la continuïtat amb els elements adjacents (*imatge 8.18 2a - 2e*).

Des de les primeres bases Gaudí intentarà donar continuïtat entre aquest element i la columna, mantenint-hi el gir i eixamplant el polígon inferior.

La primera base (2a) és la més simple i es limita a la unió dels dos polígons –base i columna– a través d'uns plans triangulars que es queden en l'intent d'una transició suau i formen arestes que fan clarament reconeixibles els dos elements.

En el següent pas (2b) havia d'aconseguir eliminar les arestes entre els plans d'una mateixa cara, i això el porta a utilitzar el paraboloid hiperbòlic, que l'apropa una mica més a la solució contínua. Aquesta base, però, no és perfecta i encara forma una aresta en la trobada amb la columna, *just en l'espai de transició* entre el fust de generació helicoïdal i els paraboloides inferiors.

En el següent pas (2c) l'arquitecte intenta solucionar la trobada brusca entre el fust i la base i hi intercala un element intermedi, que eixampla la zona inferior del fust. En el primer intent de realitzar l'eixamplament, Gaudí recorre a una solució primitiva, però no ho fa amb la lògica pròpia del fust helicoïdal, sinó que recorre a un pedaç que consisteix en col·locar quatre paraboloides –un per cara en la columna dibuixada– que dissimulen la costura entre els dos elements –fust i eixamplament– i produeix la sensació d'un element quasi





continu. Amb aquesta solució, l'eixamplament es trasllada cap al fust i ja no es forma només a la zona de la base, que de moment es reconeix com un element diferenciat. A l'introduir un element intermedi Gaudí aconsegueix dissimular la costura entre el fust i la base de la solució anterior, però n'apareix una de nova entre el fust eixamplat i la base. Per solucionar-ho recorrerà a una vella tècnica que consisteix en unificar les dues superfícies adjacents en una de contínua (com el traspàs de les superfícies triangulars de la primera base cap al paraboloid). Amb aquest procediment pràcticament aconsegueix eliminar les costures de la base i obté un element quasi continu, on només es diferencia la peanya. En la zona inferior de la base d'aquest element (2d) apareix una nova superfície: l'hiperboloide, que desdoblirà la seva recerca en un nou camí que el portarà en una altra direcció.

D'una banda, culminarà la recerca dels elements continus. Mantenint la columna de creixement helicoidal aconseguirà la continuïtat entre elements a l'aplicar el gir i escalat del polígon amb els mateixos principis que generen el fust, que segueix un helicoide (*figura 8.18 2e / peça R-013*). A la fi, amb aquesta solució aconsegueix la continuïtat que buscava des del principi.

D'altra banda, l'ús de l'hiperboloide en la base (2d) ha obert una nova via que començarà en la direcció contrària de l'anterior. La base apareix com un element destacat mentre el fust perd protagonisme. Gaudí, alhora, suavitza notablement el gir abarrocat de les columnes anteriors. El fruit d'aquesta via seran les columnes 2f i 2g. Al final les solucions de la base aconseguida no seran satisfactòries i l'arquitecte intentarà recuperar la continuïtat entre aquestes i el fust. En la columna 2f la intersecció és directe, amb l'aparició d'una aresta suau de forma ondulada. En la següent prova intenta dissimular aquesta costura (2g), el que fa pensar que no era del seu grat, i per fer-ho recorre a un ribet amb inscripcions, a mode de decoració. Precisament és en aquest intent on Gaudí cau en una contradicció. Tal i com es desprèn dels seus experiments anteriors, així com dels seus postulats —que van transcriure els seus continuadors—, intentava aconseguir la continuïtat entre elements, que per si mateixos resultaven expressius, i li permetien desprendre's de l'ornamentació afegida. Però en aquest cas, on Gaudí intenta anar per la via de la continuïtat, acaba caient en l'ornamentació per voler tapar una trobada on és incapaç de trobar una solució geomètrica. Després d'algun intent més, desistirà d'emprar aquest tipus de base i es concentrarà en desenvolupar una nova columna on el gir del fust no resulti tan evident.

És en aquest moment quan neixen les columnes de la tercera versió, on apareix el doble gir (*imatge 8.18 3a - 3c*). En les primeres versions, que podem observar en fotografies antigues, no tenien base (3a i 3b) i alguns dels primers experiments no es basaven en polígons estrellats regulars. En el cas de la columna 3a, sorgia del doble gir d'un perfil lobulat.

En les versions més avançades la columna sorgeix del doble gir d'un polígon regular i podem considerar que, en certa manera, és la fusió de les columnes de la segona versió de la nau. Sobre un perfil determinat s'extrudeix i gira la columna en el sentit horari, mentre que alhora es crea una altra columna que gira en el sentit invers. La columna resultant no és la suma de les dues, sinó la seva part comuna, que sorgeix en retirar el volum que no pertany alhora a les dues columnes. El resultat és una columna que aparentment no gira, que és precisament el que buscava Gaudí en les darreres proves de la segona versió, fet que transmet una major sensació de verticalitat. A més, aquestes columnes tenen una altra particularitat: en la seva secció superior doblen el nombre de costats respecte la base. Si repetim el procediment amb els nous polígons anirem augmentat progressivament el nombre de cares, fins arribar a un polígon de molts costats que podem assimilar

a un cercle. Aquesta és l'altra característica que serà útil a l'arquitecte, ja que la trobada d'un cercle amb el collarí d'un hiperboloide és immediata i li permetrà solucionar els problemes de continuïtat que tant buscava. En les darreres versions de les columnes (3c) Gaudí acaba col·locant-hi una base formada per paraboloides i plans, base que enllaça de forma contínua amb el fust.

A diferència del que havíem vist en l'anàlisi del conjunt, on la variació de la situació i disposició de les columnes dins del conjunt venia motivada fonamentalment per un tema estructural, l'anàlisi local de l'evolució de l'element, aïllat de la resta, ens revela que els canvis formals de les columnes, que comencen amb el cilindre de la primera versió i acaben amb el doble gir de la darrera, responen a un joc fonamentalment geomètric.

### 8.5.2. Capitells

L'evolució de l'altre element que enllaça amb la columna, el capitell, serà similar al de les bases.

En la primera versió de les naus la trobada entre la columna i l'element superior era directa, sense cap tipus de continuïtat (*imatge 8.19 1a*).

En la segona versió Gaudí ja busca la continuïtat. La trobada entre la columna i el capitell es realitza a través d'una secció comuna que determina el polígon transversal de la columna helicoidal. La lògica que generen els capitells d'aquesta versió s'ha explicat amb deteniment al capítol 7, i bàsicament consisteix en el gir i escalat del polígon regular al llarg d'un eix. Aquestes operacions determinen uns vèrtexs que es cobreixen amb unes superfícies reglades –principalment paraboloides– que uneixen aquests punts, mentre que la connexió entre les superfícies es fa a través de les generatrius comunes.

Si ens fixem en el cas concret dels capitells 2a i 2b (*figura 8.19*), que a priori responen a una solució formal similar, veiem una diferència notable, que en aquest cas és conseqüència del comportament estructural: l'arquitecte detecta un mal comportament resistent en el primer capitell (tal i com veurem detalladament en l'apartat d'estructures) i ho soluciona individualitzant els esforços a l'afegir una nova branca. La solució resol el problema estructural, però no succeeix el mateix en l'aspecte formal, on la solució presenta una estranya aparença que ens mostra com el capitell, que és una peça de traspàs, no ha estat capaç de resoldre la seva funció. A aquest fet se'n suma un altre: l'arquitecte aconsegueix un traspàs formal correcte amb la columna que el suporta, però el capitell en si és una plataforma que divideix la nau en nivells i, per tant, nega la continuïtat amb les columnes que es situen per sobre.

Aquesta resolució dels capitells no va ser satisfactòria i en la darrera etapa del projecte Gaudí destina uns esforços notables per canviar-los.

En la tercera versió de les naus Gaudí suprimeix el nivell intermedi de trava que impedia la continuïtat entre columnes, però ara ha de plantejar els mecanismes per aconseguir-ho. Com hem vist en l'apartat anterior, en aquest període el mecanisme que formava les columnes ja ha canviat i, per tant, no pot resoldre la unió amb l'obsoleta solució de polígons que havia elaborat en la versió prèvia.

En la darrera solució de les naus Gaudí havia trobat unes columnes noves –fruit de molts anys d'investigació–, però ara havia de resoldre la trobada directa amb la resta d'elements –sense cap tipus de plataforma intermèdia– cosa que no serà gens fàcil.

Si prenem com a exemple el nus de la columna central, situat a 20 metres d'alçada, veurem com en els primers intents Gaudí col·loca un prisma rectangular (*imatge 8.19 3a*), on hi acobla les branques. Per fer-ho aprofita les propietats de la columna de doble gir, que permeten passar d'un polígon regular a un de molt semblant al cercle, i adopta el més simple –el quadrat– com a secció de traspàs que les connecta amb el paral·lelepípede. Aquest primer intent, que podem considerar poc sofisticat, no l'hem d'entendre com un element madur, sinó com una solució que permet avançar en l'estudi de la resta del conjunt.

El següent pas per millorar la continuïtat del conjunt consisteix en facetar el prisma (*imatge 8.19 3b*) i per aconseguir-ho l'arquitecte canvia els polígons que emprava: passa del quadrat al pentàgon, que li permet aixamfranar els extrems del volum i alinear-lo amb les cares de les branques. La solució adoptada no és satisfactòria i el nus encara continua sent molt aparent. A més, queda per resoldre la continuïtat entre columnes, ja que en la solució adoptada les branques superiors –i per tant també el volum intermedi– superen la dimensió del fust inferior i en resulta un volum amb voladís per un dels costats.

Gaudí no troba una solució plenament satisfactòria en aquests primers intents, i torna a caure en la contradicció d'amagar aquesta trobada amb decoració, com havia fet en la base de la columna 2g (*imatge 8.18*), que hem



**Imatge 8.19.-** Evolució dels capitells de la nau central.



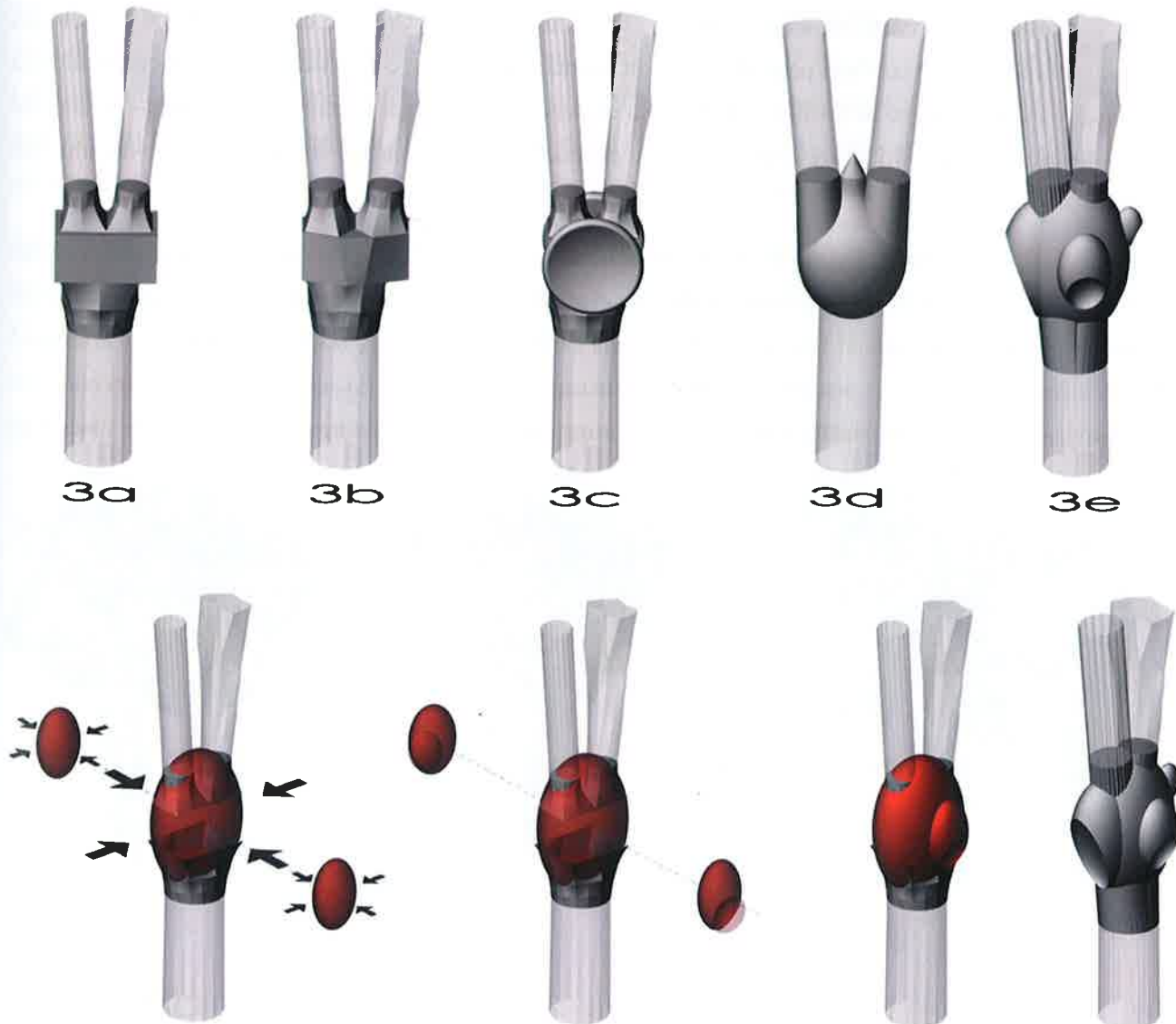
**Imatge 8.20.-** Evolució dels capitells de la nau central de la tercera versió.

comentat en l'apartat anterior. En les fotografies dels models originals hi trobem els dos nusos anteriors, aplacats amb uns grans plats, que segurament també tindrien la missió de contenir la il·luminació artificial (imatge 8.19 3c) que després aplicarà a la versió definitiva.

En un intent per evitar el paral·lelepípede de transició entre la columna inferior i les seves bifurcacions superiors Gaudí col·loca una figura de revolució que té un remat cònic (3d), que suavitza la transició entre els diferents elements que hi conflueixen. Aquesta solució no és plenament satisfactòria i al final l'arquitecte reprèn la idea d'utilitzar els plats del capitell anterior (3c), que també es transformen en un volum de revolució (el·lipsoides - vegeu imatge 8.20).

Al final, aquesta solució evolucionarà fins la darrera, la més coneguda, on la trobada es forma per una macla d'el·lipsoides: el central, que forma pròpiament el nus, i uns de laterals, destinats a rebre els focus elèctrics i la simbologia, que són una evolució dels plats de la variant 3c.

En el procés descrit s'ha explicat l'evolució d'un nus complex, on conflueixen una columna i dues branques de diferent secció i diàmetre (on una d'elles es bifurca en quatre més). Per aquest cas l'arquitecte troba una



solució notable que conjuga el tema estructural i d'il·luminació en un element, però no acaba aconseguint una solució de traspàs contínua entre els diversos elements que conflueixen en aquest punt.

Gaudí no desistirà en l'intent d'aconseguir un traspàs continu entre branques i al final ho aconseguirà en altres elements, com en la bifurcació superior de la columna central o les quatre branques de la nau lateral, que es mostra a la imatge 8.22.

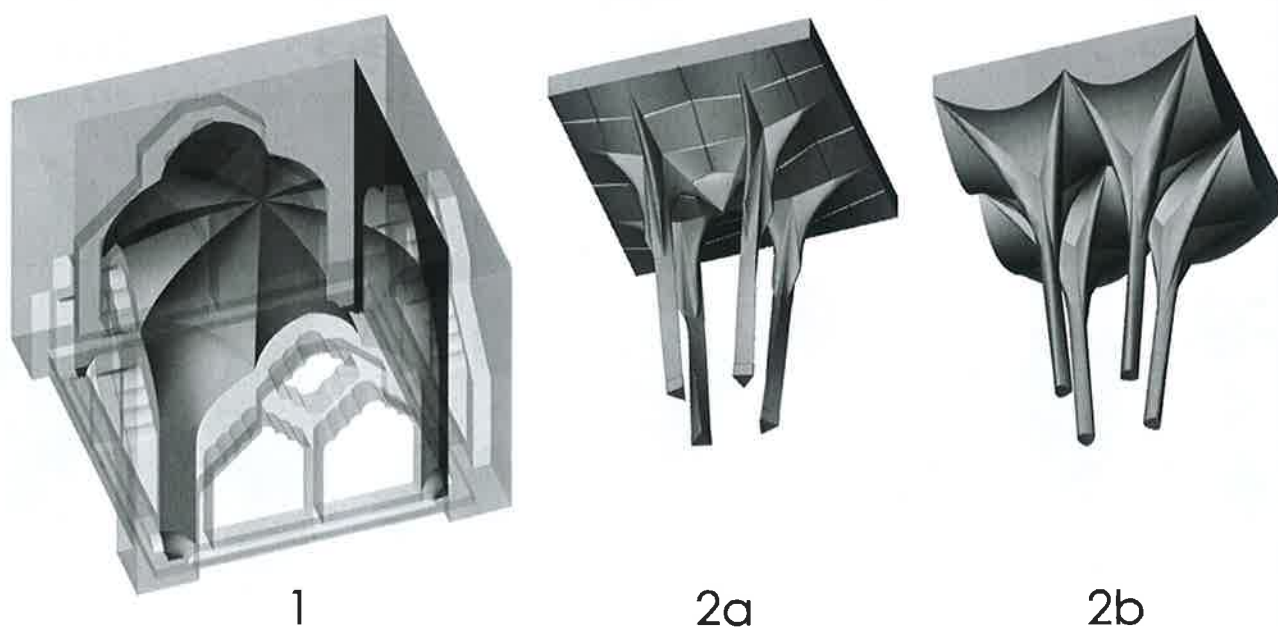
### Voltes

En aquest apartat s'explica l'evolució dels sostres partint d'un mòdul de les voltes de la nau lateral, però el procés i les conclusions que s'extrauran es poden extrapolar a la nau central, que es resol de forma molt similar.

En la primera versió Gaudí dissenya unes voltes dividides en requadres que es separen per murs (o arcs en el cas de la nau central). El sostre s'ha descrit en l'apartat 7.1.3 i està format per unes voltes de tipus àrab, dividides en vuit parts, amb quatre grans petxines a les cantonades que fan el traspàs cap a la planta quadrada que les delimita (*imatge 8.21 1*).

En la segona versió Gaudí fa un canvi radical i comença a plantejar un sostre continu força pla, que es recolza en suports aïllats. La trobada entre les columnes i les voltes no és directa, sinó que intercala un capitell que eixampla el fust, d'on neixen uns paraboloides molt apuntats que actuen com a carteles que alhora divideixen el requadre en sectors, que es formen amb la suma de superfícies guerxes –també paraboloides– unides per bisells (*imatge 8.21 2a*). El sostre resultant és poc expressiu i l'arquitecte mirarà de solucionar-ho amb una nova variant.

Gaudí evoluciona el sostre anterior i de nou busca millorar la continuïtat entre les columnes i les voltes (*imatge 8.21 2b*). Per aconseguir-ho dissenya una columna on el gir no és tan evident (passa d'un triangle arrodonit a tres paràboles tangents) i elimina el fust intermedi. Ara els paraboloides d'enllaç actuen com a nervis i arrenquen directament de la columna en una primera aproximació cap a la continuïtat. En aquesta variant encara conserva la subdivisió en sectors del sostre, però ara no es formen per la suma de petites superfícies, com succeïa en



**Imatge 8.21.-** Evolució de les voltes de la nau lateral.

el cas anterior, sinó que són uns grans paraboloides que tenen l'aparença d'unes voltes, confinades entre els nervis, que formen un sostre amb molt més volum. Amb aquesta solució Gaudí guanya expressivitat en les voltes, però no aconsegueix solucionar el problema de la il·luminació i els sostres encara resulten foscos.

Precisament, en aquesta època, quan Gaudí estudia les voltes, comença a plantejar-se la supressió del nivell de trava intermèdia de 20 metres. Algunes de les solucions que havia assajat en aquests elements, referides a les seves superfícies i perforacions en una recerca per desmaterialitzar-les, al final passaran a les voltes de les naus. A través de l'observació de les fotografies dels models originals trobem els múltiples passos que va realitzar per millorar els temes que s'han citat, i que, a mode d'exemple, s'han simplificat en el següent model, que recull els trets més significatius.

En la nova variant (*imatge 8.21 2c*) Gaudí torna a proposar un sostre més pla, com succeïa en la primera variant (2a), però hi introdueix una superfície nova que fins ara només utilitzava en els finestrals: l'hiperboloide.

Si ens fixem en el detall de les superfícies que componen el conjunt veiem com l'arquitecte manté les columnes de gir helicoïdal formades per tres paràboles, que en la zona superior embeu els quatre paraboloides que s'obren en forma de branques, més curtes que les anteriors, i que, per tant, no subdivideixen el sostre en sectors. La trobada entre els dos elements no és contínua i forma una aresta de perfil ondulat, que en alguna variant intenta dissimular amb un rivet, com succeïa en les bases de les columnes 2f i 2g (*imatge 8.18*). En la zona del sostre, els grans paraboloides de la variant anterior (*imatge 8.21 2b*) ja no ocupen tota la superfície i es limiten a unir les columnes entre si, encara que continuen formant unes superfícies molt expressives. La gran novetat d'aquesta variant és la introducció tímida de l'hiperboloide en l'espai entre columnes, que permet alleugerir el sostre i alhora permet la il·luminació que l'arquitecte tant havia buscat.

Aquesta variant del sostre ens mostra que ens trobem en un pas intermedi entre la segona i la tercera versió. Per una banda les columnes i les voltes dels paraboloides (si observem el perfil lateral de les voltes és molt similar a l'anterior) ens recorden a la segona, mentre que el nus i els hiperboloides ja ens anuncien la solució definitiva.



**Imatge 8.22.-** Nus continu de la tercera versió. Nau lateral.

A la darrera versió de les naus Gaudí potencia l'ús de l'hiperboloide i culminarà el procés que havia iniciat tímidament a la segona versió (*imatge 8.21 3*). L'arquitecte adopta definitivament la columna de doble gir, on explota fins el límit la seva propietat de convertir-se –pràcticament– en un cercle en unes seccions concretes, fet que permet un enllaç continu amb les voltes. La trobada ja no arrenca de dins la columna, sinó que és tangent a ella sense cap tipus d'intersecció ni rivet. Per aconseguir-ho l'arquitecte substitueix l'agrupació de paraboloides per un hiperboloide, i el seu collarí circular es situa a l'extrem de la branca i crea una transició contínua. L'hiperboloide es retalla en forma d'estrella per la part superior, seguint les seves generatrius, i s'enllaça amb uns plans triangulars que el connecten amb el sostre.

L'hiperboloide passa a ser la superfície dominant al sostre i pràcticament ocupa tota la superfície entre columnes, alhora que desapareixen els grans paraboloides entre branques. La intersecció entre els hiperboloides dels diferents sectors no és directa i Gaudí situa uns elements intermedis que suavitzen la costura. De primer, situa dos “barcos” simètrics, que podem considerar que són l'evolució dels antics paraboloides entre columnes. Després, en l'espai entre “barcos” hi situa unes llengües que acaben de dissimular la intersecció.

### 8.5.3. Finestrals

En aquest punt s'estudia el procés evolutiu dels finestrals. Tot i que es mostren les imatges dels diferents tipus de finestrals per separat (nau lateral: inferior i superior, nau central), en el text s'exposa el procés conjunt, basant-se en exemples de diferents finestrals.

Els finestrals que es mostren no són tots els que Gaudí va realitzar, però formen una mostra representativa que ens permet explicar l'evolució global d'aquests elements.

En la primera versió de les naus Gaudí segueix l'estil neogòtic i realitza uns finestrals formats per l'agrupació d'òculs, que segueixen un patró bastant clàssic: una rosassa amb una obertura central i òculs radials –al voltant del principal– que es situen sobre un cos de pilastres inferiors rematades amb uns arcs apuntats. L'arquitecte aprofita la profunditat del finestral amb finalitats compositives i agrupa les obertures amb diversos plans de motlures, seguint la tradició (neo) gòtica<sup>11</sup> (*imatge 8.23 1 / 8.24 1 / 8.25 1*).

Quan Gaudí inicia la segona etapa, després d'abandonar la seva obra civil, introdueix les superfícies reglades en els finestrals. L'aparició de la nova geometria comença de forma tímida i només es mostra a l'interior. Mentre, a l'exterior, intenta mantenir l'estètica neogòtica de l'obra iniciada. Tot i la voluntat de mantenir el mateix llenguatge a l'exterior, el resultat no és exactament el mateix, ja que les noves superfícies necessiten brancals més amples perquè la nova geometria interior sigui evident. Malgrat tot, l'arquitecte manté el sistema d'agrupacions d'obertures emmarcades per motlures, que ara tenen un aspecte molt més pesat (finestrals inferiors i superiors de la nau lateral 2a i 2b - *imatge 8.24*).

En la definició del finestral sempre hi ha present un pla, dins del qual es buiden els nivells de motlures. Quan Gaudí introdueix les superfícies reglades a l'interior –bàsicament hiperboloides– potencia aquest pla, que no

11 L'agrupació de conjunts remarcats per nervadures no es produeix a la cara interior del finestral superior de la nau lateral, que donava contra el passadís estret del trifori. Aquest fet segurament va motivar Gaudí a simplificar-lo en aquesta zona, ja que no era visible des de la nau.



exterior



interior

1

2a

2b

3

Imatge 8.23.- L'evolució dels finestrals inferiors de la nau lateral i dels transeptes.



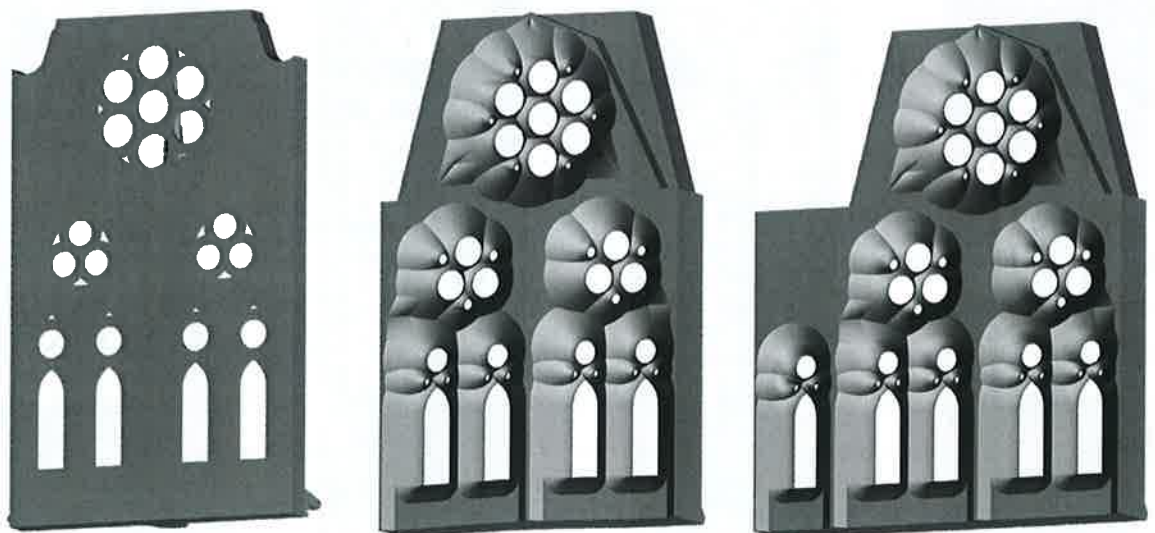
sempre era evident a les solucions neogòtiques, i el forada amb les diverses agrupacions d'òculs reglats, que no es toquen entre elles.

El següent pas consisteix a introduir decoració als hiperboloides, que retalla en zones puntuals segons les seves generatrius i reomple amb paraboloides, units per les seves arestes comunes. Aquests nous elements, que comencen amb una intenció decorativa, li serveixen per desfer l'aresta d'intersecció entre hiperboloides —o entre aquests i els plans que el contenen— i millorar-ne la unió.

Quan Gaudí madura l'ús de les superfícies reglades de l'interior s'atreveix a treure-les a la façana, on introdueix una altra innovació: suprimeix els plans de referència i les agrupacions d'hiperboloides comencen a tallar-se



exterior



interior

1

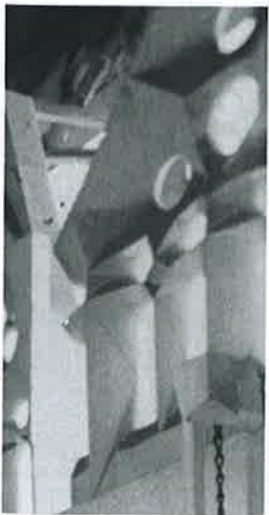
2a

2b

**Imatge 8.24.-** L'evolució dels finestrals superiors de la nau lateral.

entre elles (finestral de la nau central 2a .- *imatge 8.25*). La rosassa superior deixa d'estar continguda dins d'un pla i necessita una nova definició dels seus límits en la zona on no es talla amb els altres conjunts. Per resoldre-ho, recorre al retall de l'hiperboloide segons les seves generatrius, per desfer el perfil circular de l'exterior i canviar-lo per un contorn estrellat. L'arquitecte reomple aquesta zona amb un conjunt espectacular de paraboloides i plans triangulars, que rematen la rosassa en la zona superior i la desmarca de la resta de la façana.

Amb aquestes estratègies Gaudí es comença a allunyar formalment dels finestrals neogòtics inicials, però encara manté la composició bàsica d'òculs, pilastres i rosasses. És precisament en el mateix finestral que



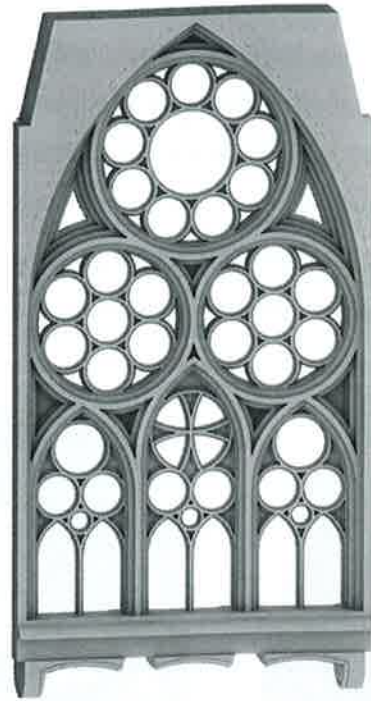
2c



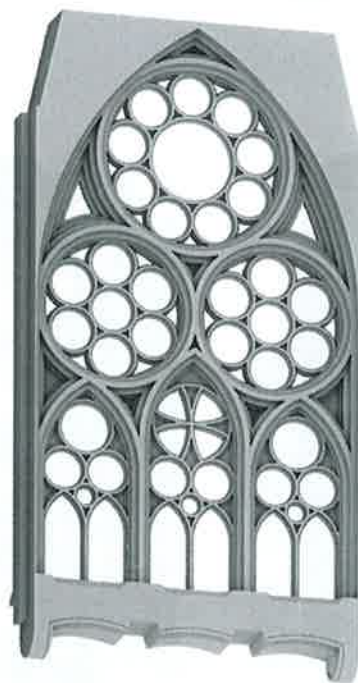
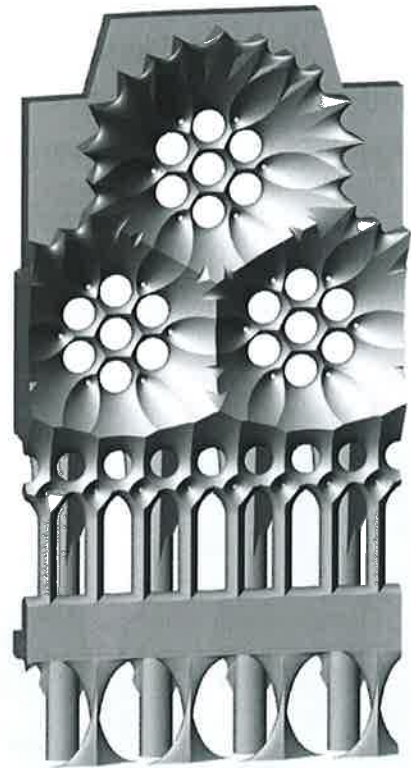
3a



3b

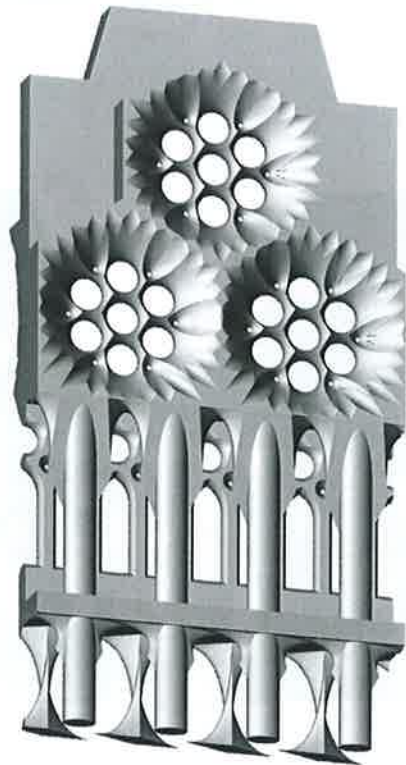


exterior



interior

1

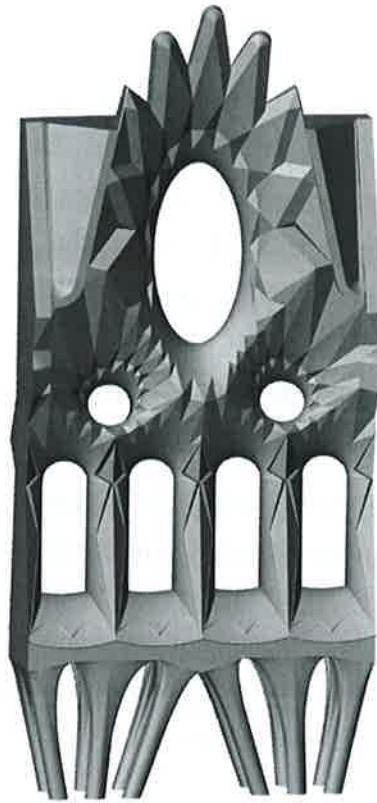


2a

Imatge 8.25.- L'evolució dels finestrals de la nau central.



2b



3



acabem d'estudiar, el de la nau central, on fa un dels primers experiments per trencar amb aquesta regla obsoleta (finestral nau cent. 2b - *imatge 8.25*). Depura les pilastres de la zona inferior, on abandona l'arc apuntat i elimina els petits òculs que els acompanyaven, que eren un rastre del passat, i realitza un panell "d'abella" homogeni format per hiperboloides. En aquest panell canvia la intersecció entre les superfícies reglades adjacents, que s'emmarquen dins d'una canal que segueix una malla hexagonal. Per aconseguir-la, l'arquitecte aplica el retall segons les generatrius en tota l'extensió dels hiperboloides, que acaben en una estrella de sis puntes que es completa amb plans triangulars, que donen les cares rectes de la malla. En aquest finestral Gaudí unifica el llenguatge de les dues cares, que pràcticament són idèntiques. Al final, l'arquitecte va descartar les solucions d'òculs homogenis per als finestrals de les naus, però va adoptar aquest principi pels de la versió final del claustre, que avui en dia es poden veure construïts.

L'intent de trencar la composició d'òculs del neogòtic no és exclusiva del finestral de la nau central, i Gaudí també fa proves en el tram superior de la façana lateral (n.lat. sup, 2c - *imatge 8.24*). Exteriorment sembla que és una versió més antiga perquè conserva la composició d'òculs precedent en la zona inferior de les pilastres, que només la varia en la zona superior que conté la rosassa principal. Potencia la geometria en la zona que abans ocupava la rosassa i el petit dosser neogòtic que cobria l'estàtua del sant fundador ara es converteix en un simple retall de l'hiperboloide principal.

En canvi, quan observem la cara de dins, trobem de nou un canvi d'estil entre la façana i l'interior de la nau. A l'interior adopta el retall dels hiperboloides segons les seves generatrius, que perden el seu contorn circular i es transformen en unes estrelles que només es toquen amb les adjacents per les puntes, on l'espai retallat s'omple amb plans triangulars. Aquesta operació també la utilitza en la cara interior de les pilastres, que es retallen segons unes rectes i es completen amb uns paraboloides. Aquesta forma d'operar és la pròpia de la tercera versió de les naus i, de nou, trobem una barreja de dos llenguatges diferents en un mateix element, com succeïa en els primers finestrals de la segona versió, que mantenien l'aspecte exterior de l'estil precedent. Per tant, aquest element ens mostra —com les cobertes laterals o les voltes— que el canvi entre versions no era sobtat i sorgia d'un procés evolutiu constant.

En la darrera versió de les naus Gaudí culmina el procés de transformació. Acaba de desfer la traça reguladora inicial i les rosasses superiors es substitueixen per un gran hiperboloide el·líptic, que en alguns casos s'acompanya d'alguns òculs menors. En aquestes solucions tardanes encara hi trobem una altra característica: Gaudí porta fins el límit la descomposició de les superfícies a través de les seves generatrius, en contraposició als primers finestrals on els hiperboloides eren una superfície única o només tenien algun retall simple en forma d'estrella.

En les darreres variants es reafirma en el procés de simplificar les pilastres. Elimina els petits òculs que les acompanyen (procés dels finestrals superiors de la nau lateral 3a cap a 3b - *imatge 8.24*) i consolida el retall en forma d'estrella dels hiperboloides, que es farceixen amb plans, fet que dona un resultat més contundent que els paraboloides de la segona versió, que eren excessivament tous.

Aquest procés que hem vist, però, no és lineal en tots els finestrals. El cos inferior de la façana lateral manté la composició inicial neogòtica, però canvia la seva epidermis, que s'adapta al nou llenguatge (*imatge 8.23*). Aquest fet, segurament, és degut als finestrals de l'absis i del transsepte del Naixement, que ja estaven

construïts en l'estil inicial i, probablement, Gaudí no volia situar en el mateix nivell elements que tinguessin una estructura formal molt diferent. Amb aquesta solució Gaudí aconsegueix que es mantingui l'aparença dels finestrals neogòtics quan s'observen des de lluny, i que, alhora, s'integrin en el nou llenguatge quan s'observen amb detall.

L'evolució dels finestrals que es situen a sobre també va ser més lenta (*imatge 8.24*), segurament per la seva proximitat, mentre que els de la nau central van ser els primers en adoptar els canvis més radicals (*imatge 8.25*). Per tant, veiem com Gaudí va aplicar els canvis de forma no conjunta en tots els finestrals; primer feia les experimentacions en un, i quan observava que donava resultats positius els aplicava a la resta. De tota manera, el canvi entre versions va ser gradual i no va afectar tots els elements de la mateixa forma, no tan sols durant el procés de canvi, sinó també en el seu resultat final, degut a les limitacions que li imposava l'obra construïda.

Com a resum final podem dir que Gaudí aplica un canvi constant perquè la majoria de les primeres solucions són similars als finestrals neogòtics, degut a la composició de les seves obertures, que no satisfan l'arquitecte. Per evitar aquesta similitud, l'arquitecte redistribueix la proporció entre els òculs mitjançant una geometria tridimensional molt més ordenada que li permet descartar la geometria bidimensional –de plantilla– pròpia del gòtic.

## 8.6. Conclusions sobre els aspectes geomètrics de l'evolució de les naus

En aquest capítol hem estudiat l'evolució geomètrica de les naus, primer des d'un punt de vista global, on hem vist els canvis en la disposició general dels elements dins del conjunt. Després des d'un punt de vista local, on ens hem concentrat en l'evolució formal dels diversos elements, aïllats de la resta.

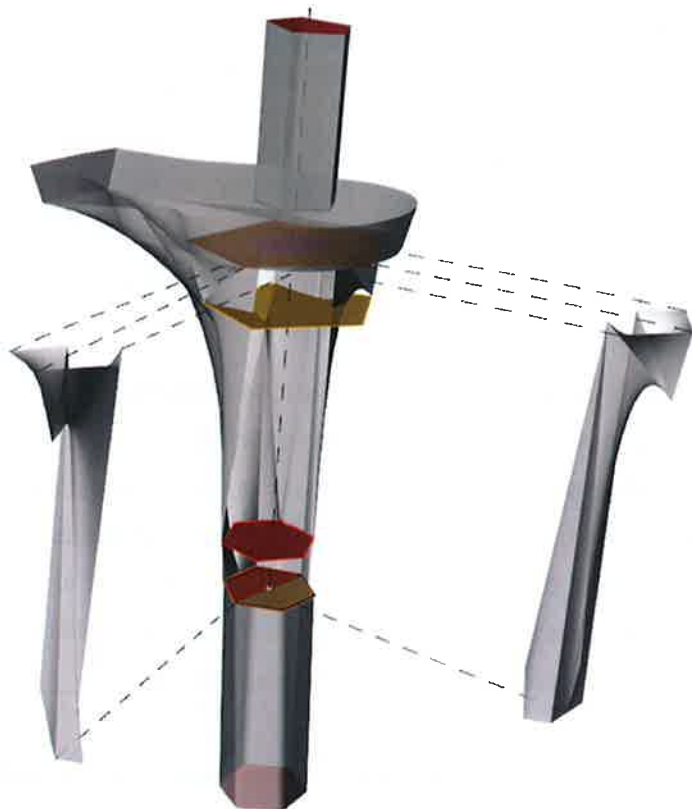
Els dos anàlisis ens mostren que hi ha diferències entre les tres versions, que en ambdós casos s'aguditzen entre la primera i les altres dues, però en canvia la intensitat amb què es produeixen.

Des del punt de vista formal —el segon anàlisi—, on s'han estudiat les peces al detall, agrupades per categories, la ruptura entre la primera obra realitzada —mentre Gaudí manté una activitat civil— i la resta —que realitza a partir de 1914 quan es retira al Temple— és evident. Tot i que en alguns elements, com els finestrals, trobem algunes traces que les connecten, el canvi estètic és notable i està motivat, en gran part, per la distància cronològica entre elles i per l'experiència acumulada en l'obra exterior. La resta de peces, com les columnes, els capitells o les voltes, ho evidencien, i quan es mostren per separat no semblen del mateix edifici.

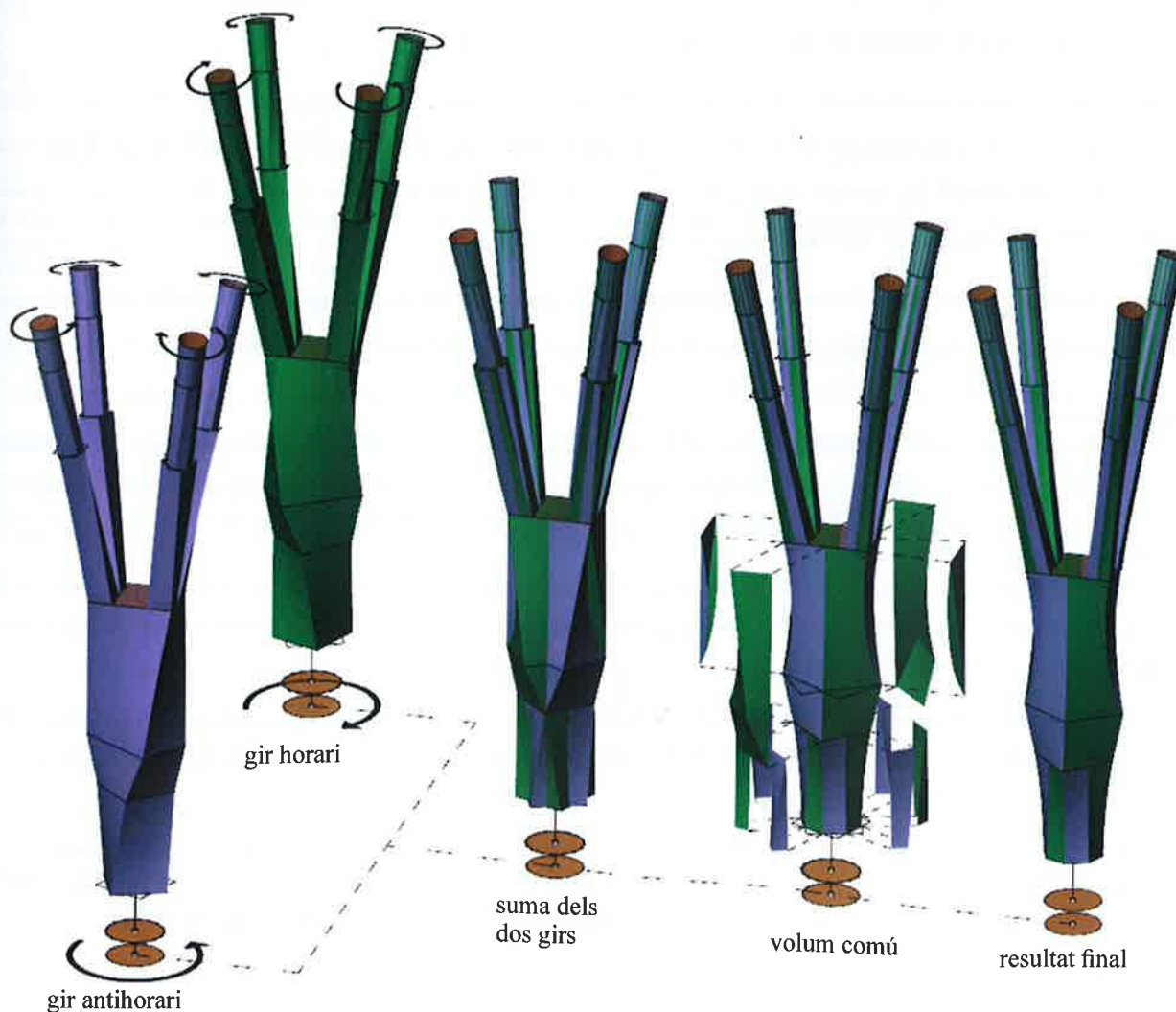
Un dels principals motius que provoquen el canvi és la recerca de la **continuïtat**. En la segona versió Gaudí abandona la còpia i adaptació dels estils precedents i busca una nova geometria que resolgui la unió entre elements. Per aconseguir-ho, recorre a l'ús d'una tècnica geomètrica antiga, que es basa en la còpia, gir i escalat de polígons regulars, que paradoxalment ja s'emprava en les construccions gòtiques que precisament volia superar. Com hem vist en el capítol anterior, la gran innovació de l'arquitecte es troba en el revestiment de l'esquelet, que realitza amb geometria reglada —paraboloides i hiperboloides— i plans (*imatge 8.26*).

En les columnes, que són els elements geomètrics més senzills, també utilitza la tècnica de plantilles, però el gir continu de la secció al llarg de l'eix li dona directament la pell. Gaudí es sentirà fascinat per aquesta tècnica, que en una sola operació genera l'estructura geomètrica i la superfície d'acabat, i la comença a refinar a les bases de les columnes amb la finalitat d'aplicar-la en peces més complexes. Així, en les primeres bases —que amplien la secció respecte el fust— l'arquitecte comença aplicant plans i, posteriorment, superfícies guerxes —paraboloides— en un intent de trobar la continuïtat. Aquest procediment acabarà amb el gir i trasllat continu d'un polígon base, on aconsegueix generar una superfície de transició contínua de forma directa, sense necessitat d'aplicar les operacions posteriors d'aplatat de superfícies (col·locació de plans i paraboloides sobre un esquelet).

Amb aquest mètode l'arquitecte és capaç de fer peces més complexes que les columnes, però no li serveix per fer elements complicats com els capitells. Gaudí realitza tots aquests estudis aproximadament fins l'any 1917, quan comença a emprar els hiperboloides fora dels finestrals (p. ex. columna 2d - *imatge 8.18*).



**Imatge 8.26.-** Nus discontinu de la segona versió de les naus (columna de la nau central a +20m.). Es genera un esquelet amb plantilles que es cobreix amb superfícies reglades.



**Imatge 8.27.-** Nus continu de la tercera versió de les naus (columna de la nau lateral en contacte amb les voltes). La pell es forma directament de la part comuna de dues seccions que giren en sentit contrari.



La recerca d'un mètode que alhora generi esquelet i pell en elements complexos culminarà en la tècnica del doble gir, que tal i com succeïa a la segona versió, sorgirà a les columnes que es presenten entre els anys 1921-1922.<sup>12</sup>

La idea de fer una columna a partir d'un perfil estrellat que giri en dues direccions oposades i alhora canviï de secció no és exclusiva de Gaudí, i s'havia estudiat en diversos tractats, entre els que podem destacar el d'Albrecht Dürer<sup>13</sup> (*imatge 8.28*), tot i que hem de remarcar que aquestes solucions anteriors no estan relacionades amb l'obra del nostre arquitecte.

La innovació de Gaudí respecte els estudis precedents és que no fa la suma de les dues columnes, sinó que es queda amb la seva part comuna, del que en resulta una columna d'estries verticals variables.

A més, aquest procediment es pot emprar amb pràcticament qualsevol polígon –o una combinació d'ells–, fet que permet obtenir uns resultats il·limitats que serveixen a l'arquitecte per resoldre nusos complexos entre les columnes i les seves branques<sup>14</sup> (*imatge 8.27*). A més, el procediment sempre acaba convertint el polígon inicial en un de molt similar al cercle, i Gaudí aprofita aquesta propietat per enllaçar-ho amb els collarins dels hiperboloides, que li serveixen de traspàs cap a les voltes, on utilitza les mateixes superfícies.

Per tant, podem establir que Gaudí realitza un procés de canvi frenètic que comença amb la seva retirada a l'obrador, d'on surt la segona versió de les naus, i es manté continu fins a donar com a resultat la versió final de les naus –la tercera– amb un procés sense límits clars entre les dues.

L'experimentació amb hiperboloides en voltes i columnes, molt activa entre els anys 1918-1920, dóna com a resultat alguns elements fins ara desconeguts, que tenen trets característics dels dos estils, com el finestral superior de la nau lateral 2c (*imatge 8.24*), la cantoria R-009, i alguns elements de trava de 20 metres –peces R-004 i R-025– que culminen amb les voltes 2c - *imatge 8.21*).

Per tant, sembla evident que la divisió tan rígida que es desprenia dels textos originals<sup>15</sup>, i també dels elaborats pels continuadors de Gaudí<sup>16</sup>, tenia més nexes d'unió dels que en un principi hom podia pensar.

12 Els mesos de novembre i desembre de l'any 1921 es publiquen a *El Propagador* els articles "*Hablemos de la columna recuerdo*" i "*La columna recuerdo*", on es parlava dels preparatius de la base per la construcció de la primera columna del Temple, que es dedica a la diòcesi de Tarragona. És de suposar que ja es pensava en les columnes definitives, tot i que l'article s'il·lustra amb les maquetes de la primera i segona versió.

El mes d'abril de l'any següent es publica a la mateixa revista l'article "*Estado de los trabajos y estudios para la construcción del T.E.S.F. el 19 de marzo de 1922*", on ja s'explica la nova geometria que conté les columnes de doble gir. A més, es comenta que s'estava acabant d'estudiar el conjunt a escala 1/25.

13 Dürer, Albrecht: *Clarrissimi pictoris et geometrae de symmetria patrium humanorum corporum Libri quator, è germanica lingua, in Latinam verfi*. Parisiis, 1557. Els llibres originals es van redactar entre els anys 1512-1528, i el tractat es va reeditar en nombroses ocasions durant el s. XIX.

14 La continuïtat de la tercera solució de les naus ha estat estudiada en profunditat per Jordi Faulí en la seva tesi doctoral: Faulí i Oller, Jordi: *Composició i continuïtat en les columnes i voltes de les naus del Temple Expiatori de la Sagrada Família*. Departament d'Estructures en l'Arquitectura. ETSAB. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, juliol de 2008.

15 Destaquem aquí els textos elaborats per Domènec Sugrañes sobre l'estabilitat del Temple entre els anys 1917 i 1922.

16 Podem destacar els elaborats per Ràfols (1928/29), Quintana (1927), Puig Boada (1929), Martinell (1951, 1967) i Bergós (1954). Els dos darrers arriben a parlar de quatre versions diferenciades.

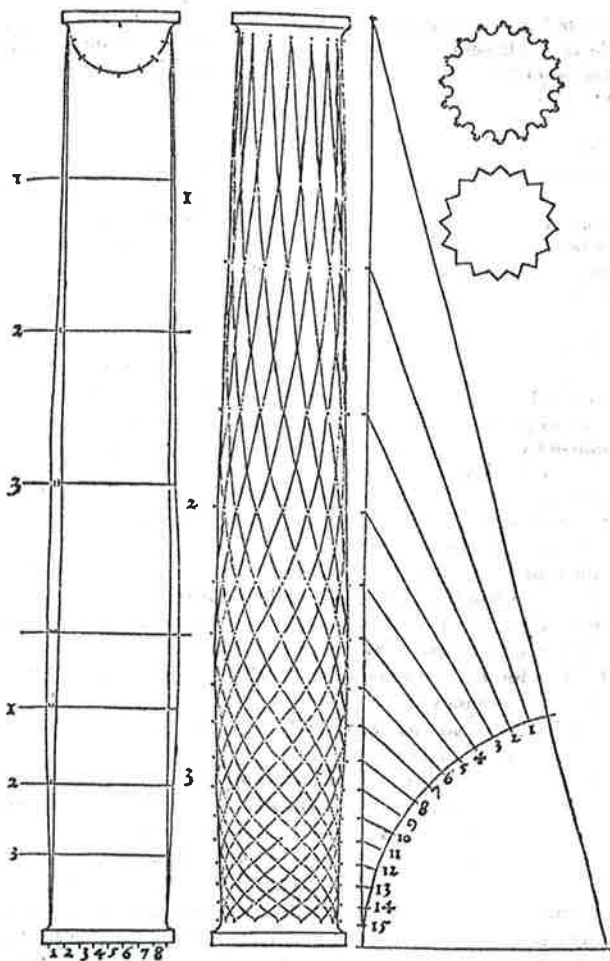
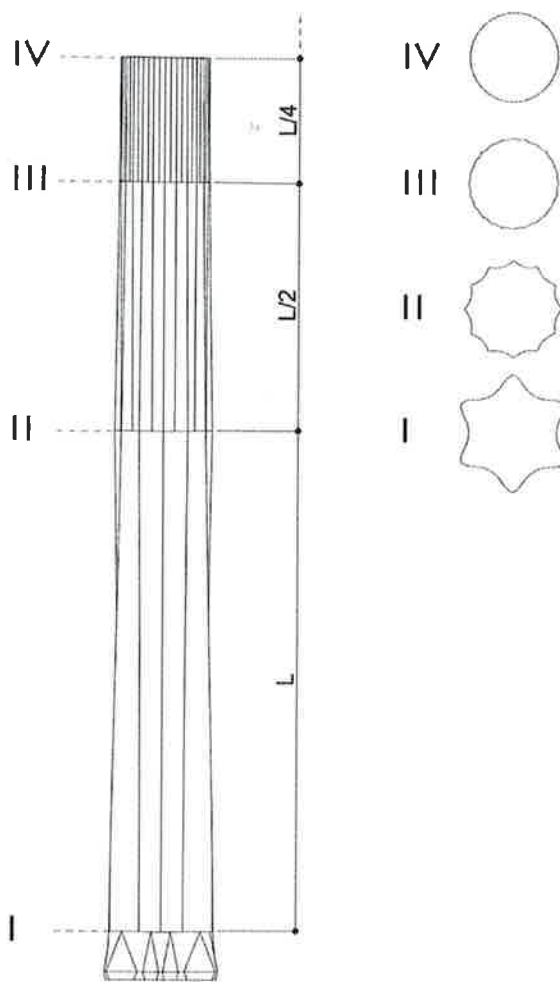


Figura 7.

Imatge 8.28.- Columna de doble gir (additiu) de ritme no constant.  
Albercht Dürer. *Underweisung der Messung* 1a ed. 1525.



Imatge 8.29.- Columna de doble gir (sustractiu, part comuna).  
Antoni Gaudí (aprox. 1921).

Fins ara ens hem concentrat en els conclusions de l'anàlisi local, on es veu una ruptura evident entre la primera versió i les altres dues. En canvi, si ens fixem en l'anàlisi global, on estudiàvem la relació entre els diversos elements que componen la nau, la diferència és més subtil, ja que responen a un procés lineal de recerca estructural. Tot i que de forma aparent, sembla que Gaudí varia de forma bastant brusca la disposició dels elements principals –arcs i columnes– entre la primera i la resta de versions, de fet aquest procés no és tan marcat, tal i com ens mostren la resta d'elements associats –contraforts, finestrals– que pateixen un canvi molt més gradual, sense ruptures estridents. Aquest procés lineal es veu de forma més clara en altres elements, com les cobertes, que varien sense lligar-se a les versions preestablertes de les naus. Així ens ho mostren les cobertes neogòtiques, que es mantenen en la primera solució de la segona versió de les naus (secció transversal ST-1), però que canvien en la segona variant de la mateixa versió (secció transversal ST-2) i es mantindran en la tercera solució de les naus, on Gaudí aplica canvis més que substancials a l'interior.

Aquests fets ens fan pensar que hi ha un altre factor que motiva i alhora condiciona els canvis, i que va més enllà dels aspectes geomètrics i estètics. Aquest factor està vinculat als aspectes estructurals del Temple i s'abordarà al llarg de la tercera part d'aquesta tesi.

arquitect.  
de  
d'estructura

## 9. EL CÀLCUL ESTRUCTURAL EN L'OBRA DE GAUDÍ

INCLUYE  
historia

En aquesta part de la tesi estudiarem l'evolució estructural de les naus de la Sagrada Família, des dels seus inicis, on parteix d'una estructura neogòtica habitual, fins al seu resultat final, que culmina amb la coneguda estructura arborescent.

Pràcticament des del principi de la seva carrera professional Gaudí busca superar les limitacions de les estructures precedents, sobretot les gòtiques, que considerava imperfectes perquè necessitaven elements “afegits” –com els arcbotants i contraforts– per assegurar la seva estabilitat.

Per resoldre-ho, l'arquitecte recorre a l'ús de corbes “equilibrades” –catenàries i / o paràboles– que assaja al llarg de tota la seva obra civil, i que calcula mitjançant l'estàtica gràfica o fins i tot els models a escala penjats. La utilització d'aquestes “originals” estructures i dels seus procediments de càlcul associats han caracteritzat i donat fama a les estructures de Gaudí –sobretot el model penjant– però l'arquitecte no en va ser l'inventor de cap de les dues (ni en la seva forma ni procediment).

En aquest primer capítol ens dedicarem a donar una breu pinzellada de l'estat de les teories de càlcul en l'època en què Gaudí comença la seva activitat professional, per veure com aquestes van influir en la seva obra posterior.

### 9.1. La forma de calcular precedent a Gaudí

Tot i que actualment associem la catenària amb Gaudí, aquesta ja s'havia fet servir de forma intuïtiva des de l'antiguitat, sobretot a Orient, on podem citar el gran arc del palau de Ctesifont, a l'antiga Pèrsia (*imatge 9.1*), o habitatges modestos al Sudan, on es construïen habitacions circulars cobertes amb cúpules catenàries.

A Occident la corba catenària va caure en l'oblit, i va ser substituïda per tota la família de corbes “acadèmiques”, que es traçaven amb compàs.

Abans de l'aparició de la mecànica racional, les grans estructures, com les catedrals, no es podien calcular numèricament, ja que encara no es disposava dels coneixements per fer-ho, i el seu dimensionat es basava en una sèrie de regles empíriques fonamentades en proporcions geomètriques. Aquestes proporcions estaven recollides en diversos tractats, entre els que podem citar els de Rodrigo Gil de Hontañón<sup>1</sup> o Martínez de Aranda<sup>2</sup>, entre d'altres<sup>3</sup> (*imatge 9.2*).

Amb l'aplicació de les normes recollides en aquests tractats va ser possible la construcció d'esglésies i catedrals gòtiques, amb una disposició de les naus i amb mides molt diverses, però sempre a partir d'un mateix repertori de solucions estructurals, que bàsicament es basaven en la utilització de l'arc apuntat i els contraforts.

1 García, Simón: *Compendio de Arquitectura y simetría de los templos* (1681).

Recull part dels tractats de Rodrigo Gil de Hontañón (Rascafría, 1500 - Segovia, 1577).

2 Martínez de Aranda, Ginés: *Cerramientos y traza de montea* (s. XVI).

3 Es pot trobar una àmplia recopilació d'aquests tractats a la tesi doctoral de Santiago Huerta:

Huerta Fernández, Santiago: *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España. ca. 1500 - ca. 1800*.

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Octubre de 1990.

El problema de l'estabilitat dels arcs no es va estudiar des d'un punt de vista científic fins al segle XVII. L'any 1675 Robert Hooke va ser el primer en associar el treball de l'arc amb el dels cables penjats a través del fenomen de la inversió. Si un cable treballava a tracció i s'invertia el seu traçat per formar un arc —és a dir, es col·locava en el sentit contrari de la gravetat—, aquest últim havia de treballar a compressió.

Al cap de pocs anys, el 1697, Grégory va concretar el postulat de Hooke i va associar la catenària amb la forma ideal de l'arc. L'any 1704 Bernouilli va ampliar la teoria i assegurava que qualsevol arc és estable si resisteix la compressió generada i pot encabir la catenària dins de la seva secció en tota la seva longitud.

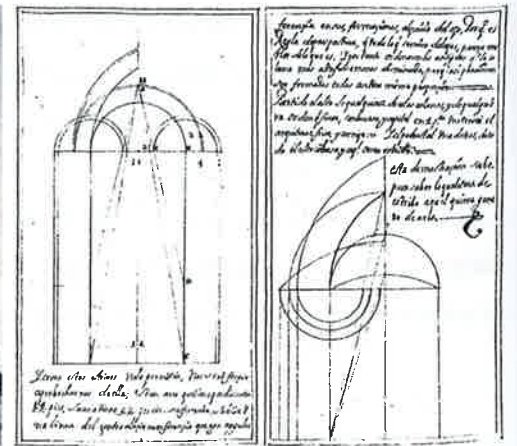
Segurament Christopher Wren, que comptava amb la col·laboració de Hooke, va ser el primer arquitecte occidental a construir una cúpula basada en una corba estable: la va aixecar a la catedral de Sant Paul de Londres (*imatge 9.3*). L'arquitecte va fer una doble cúpula: la superior, que rebia els esforços i en la qual el traçat s'adequava a la línia de pressions; i la inferior, que era la part vista, que s'adequava a l'estètica fixada pels tractats d'arquitectura i seguia un traçat circular, cosa que va provocar que passés desapercibuda durant molts anys. La catedral es va començar a construir el 1675 i es va acabar el 1709. Això significa que l'element resistent es va construir quan les teories sobre l'estabilitat del les cúpules a través d'aquests principis estaven en els seus inicis.

A banda d'aquesta enginyosa cúpula que, com hem dit, va quedar oculta molts anys, el primer arquitecte reconegut per l'aplicació pràctica d'aquestes teories va ser Poleni, que va utilitzar-les per analitzar el comportament de la cúpula de Sant Pere del Vaticà quan van sorgir unes grans esquerdes que feien témer per la seva estabilitat. Per fer-ho, Poleni va descompondre la cúpula en cinquanta meridians iguals, i en va prendre un que va assimilar a una cadena invertida, amb una distribució de pesos proporcional a les seccions de la cúpula (*imatge 9.4*). El raonament teòric i els resultats dels càlculs van ser publicats l'any 1748<sup>4</sup>.

La teoria del càlcul de cúpules i voltes i el traçat de les línies de pressions va evolucionar, de manera que el segle següent es van popularitzar alguns tractats sobre aquests temes, d'entre els que podem destacar els de Samuel Ware<sup>5</sup> (1809) i Joseph Gwilt<sup>6</sup> (1826) (*imatges 9.5 i 9.6*).



**Imatge 9.1.-** Arc catenari del palau de Ctesifont.

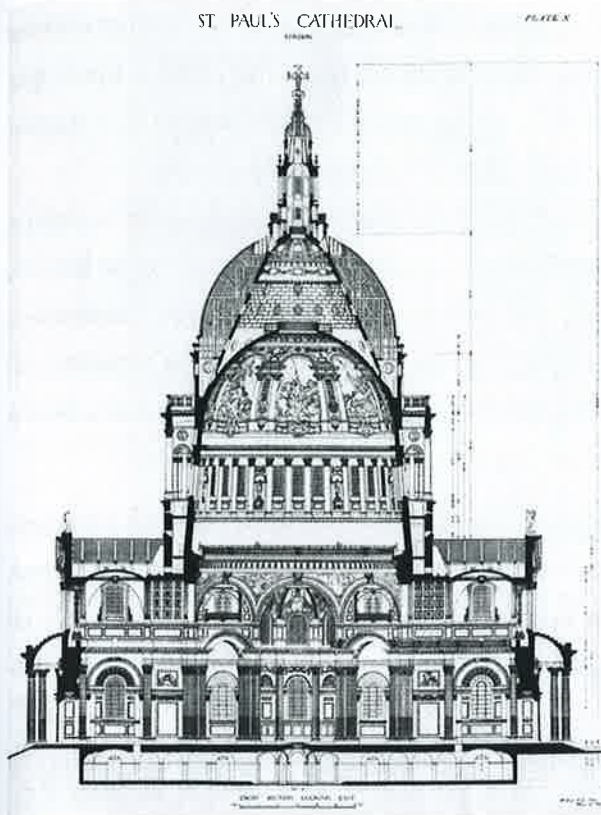


**Imatge 9.2.-** Imatge del tractat de Simón García.

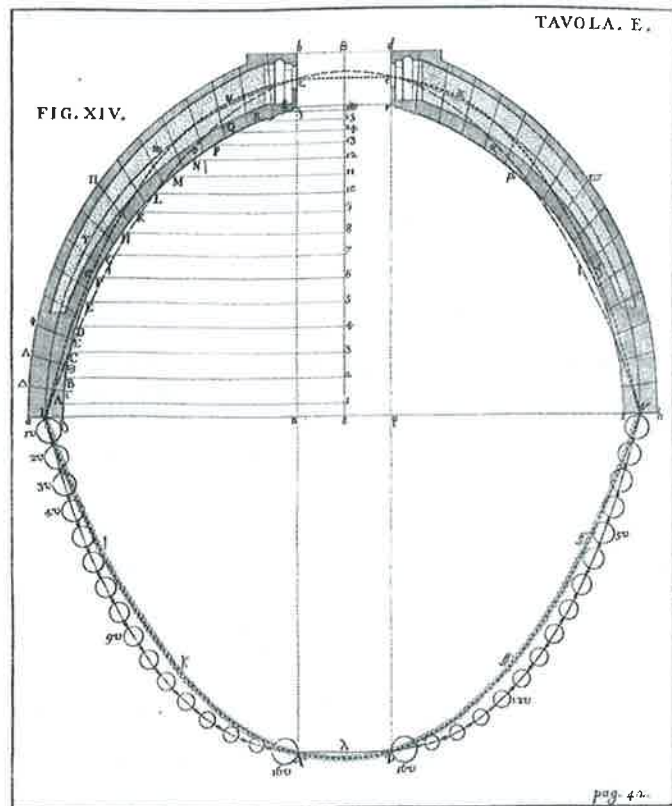
4 Poleni, Giovanni: *Memorie storiche della gran cupola del tempio Vaticano, e de' danni di essa, e de' ristoramenti loro, divise in libri cinque*. Padova, 1748.

5 Ware, Samuel: *A treatise of the properties of arches, and their abutment piers; containing propositions for describing geometrically the Catenaria, and the extradosses or all curves, so that their several parts and their piers may equilibrate*. Printed by T. Bensley. London, 1809.

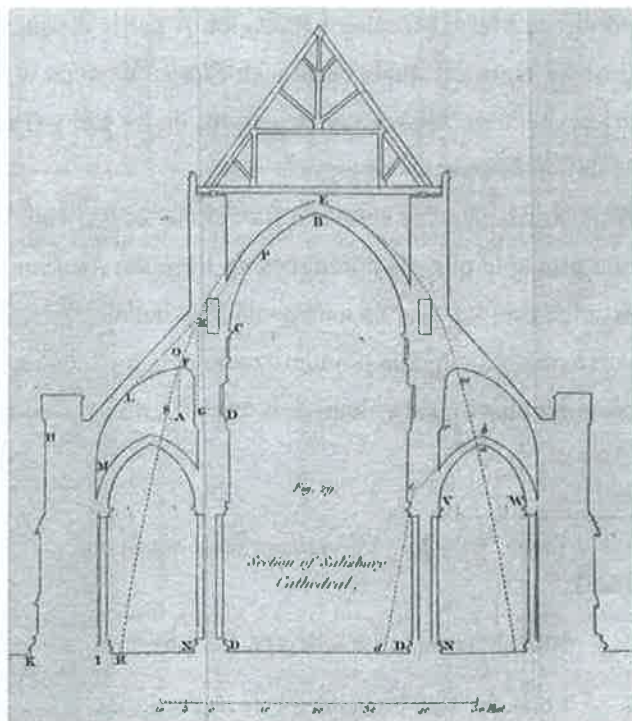
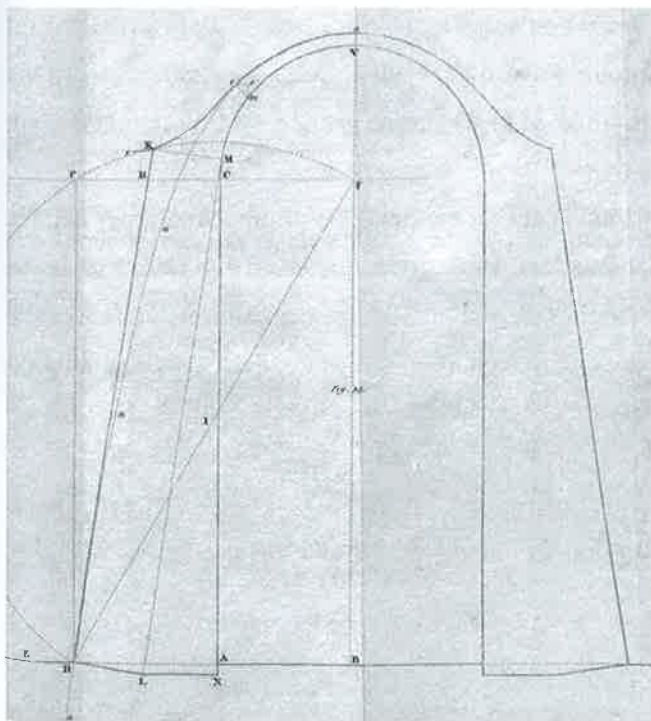
6 Gwilt, Joseph: *A treatise on the equilibrium of arches, in which the theory is demonstrated*. Printed by Priestley and Weale. London, 1826.



**Imatge 9.3.-** Secció de la cúpula de Crhistopher Wren. Les pells interior i exterior són esfèriques, mentre que la fulla resistent adapta el seu traçat a una corba mecànica. (1675-1709)



**Imatge 9.4.-** Raonament teòric de Poleni per l'estudi de l'estabilitat de la cúpula de Sant Pere del Vaticà. (1748)



**Imatge 9.5.-** Làmines del tractat de Samuel Ware (1809), on es mostra el traçat de la línia de pressions.



A principis del segle XIX, el mestre d'obres alemany Wilhelm Tappe va escriure un tractat de construcció per edificis a prova de foc, on s'evitava l'ús de la fusta. Tappe<sup>7</sup> proposava unes tipologies per a construccions modestes que es basaven en la planta circular i una cúpula de perfil apuntat o un arc de perfil el·líptic, que s'aproximaven a les corbes equilibrades i on l'edifici adoptava la forma de l'estructura (*imatge 9.7*). Aquest tractat no va romandre en la teoria i prou i l'any 1818 va arribar a fer-se'n un habitatge prototip.

Finalment va ser Heinrich Hübsch, un altre arquitecte alemany, qui va proposar la maqueta com a eina de projecte per definir les formes estables per a les seves construccions. En aquest cas, la maqueta no donava directament el traçat de l'edifici sinó que l'arquitecte reprenia el postulat de Bernouilli (que determinava que un arc és estable si pot contenir la catenària en el seu interior) i mirava d'encabir la línia de pressions del model dins d'uns arcs de traçat circular. L'arquitecte va emprar aquest mètode per projectar l'església catòlica de Bullach i en va deixar constància en la seva obra escrita.<sup>8</sup> (*imatge 9.8*)

Tots aquests tractats esmentats segurament no eren coneguts per Gaudí, que deuria conèixer aquests conceptes a través de llibres d'àmplia difusió, que els tractaven d'una forma més superficial. D'entre aquestes llibres, podem citar els de Rondelet<sup>9</sup> (*imatge 9.9*), que mencionava la catenària però no la considerava aplicable en arquitectura degut a motius estètics derivats de la no verticalitat dels seus suports, o el *Dictionarie*<sup>10</sup> de Viollet-le-Duc (*imatge 9.10*), que Gaudí coneixia a la perfecció.

Gaudí va arribar a assolir un coneixement notable d'aquest tipus de propietats, que anaven més enllà del tractament superflu que se'n feia en aquests llibres. Així doncs, ens resta saber com es va familiaritzar amb aquests coneixements.

Els tractats d'estàtica gràfica es van popularitzar a mitjans del segle XIX a partir del tractat de Karl Cüllmann, professor de l'Institut Politècnic de Zurich, que va convertir en obligatori a les seves classes el càlcul a través de l'estàtica gràfica, i no només d'arcs. L'any 1866 va publicar el llibre *Graphische statik*<sup>11</sup>, basat en els treballs previs de Méry, Moseley i Poncelet. A partir d'aquest tractat en sorgiren de nous que s'escamparien per tot Europa, entre els quals destaquen *Statica Grafica* d'Antonio Favaro (Venècia, 1877), *L'estatique graphique et ses applications aux constructions*, de M. Lévy (París, 1886-88) i *La statica grafica*, de C. Savioppti (Milà, 1888), per esmentar-ne alguns.

Aquests tractats van arribar a Barcelona un cop Gaudí ja havia acabat els estudis d'arquitectura i, per tant, és poc probable que els aprenguéssin en l'escola. Així ho defensa Joan Bassegoda, que sosté que Gaudí no havia estudiat estàtica gràfica a l'Escola Provincial d'Arquitectura de Barcelona. En principi, aquesta teoria resulta versemblant, ja que la popularització dels tractats d'estàtica gràfica en idiomes que poguéssin entendre Gaudí no es va produir fins al voltant dels anys 80, dos anys després que hagués obtingut el títol.

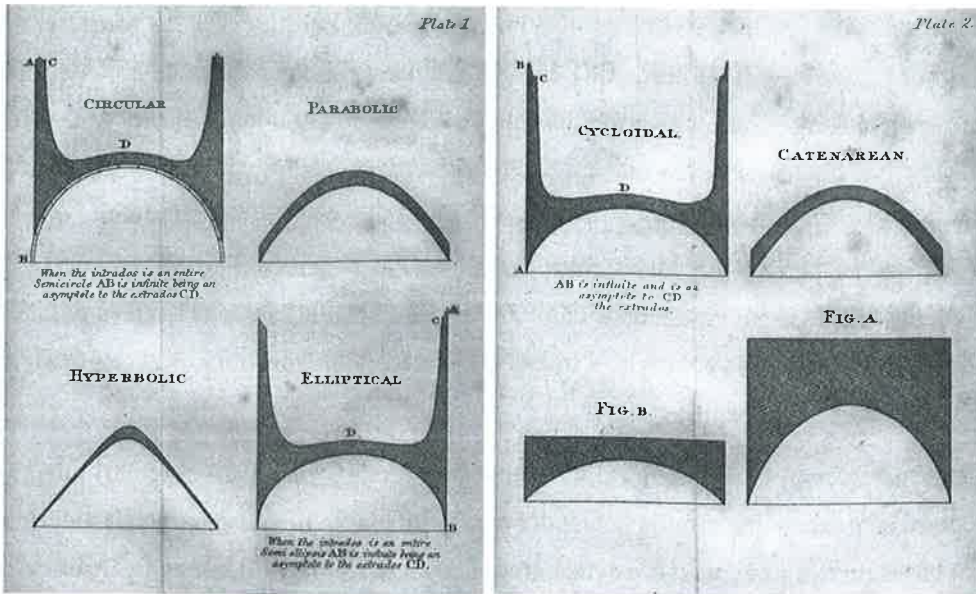
7 Tappe, Wilhelm: *Darstellung einer neuen äußerst wenig Holz erfordernden und höchstfeuersichern Bauart* (1818-1823).

8 Hübsch, Heinrich: *Bau-Werke*. Ed. Carlsbad und Badhn, 1838.

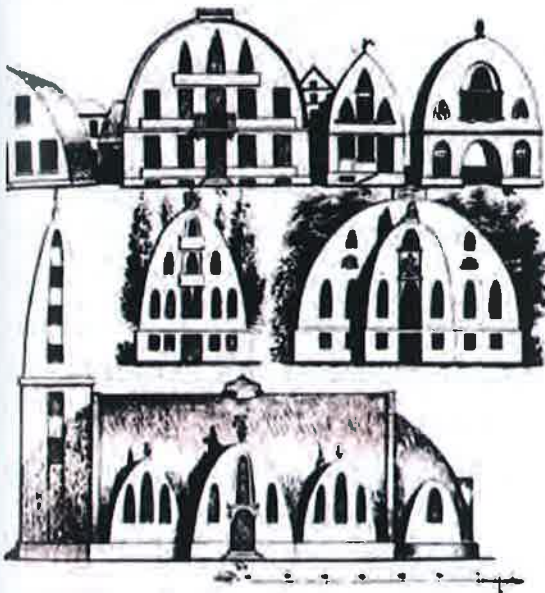
9 Rondelet, Jean Baptiste: *Traité théorique de l'art de bâtir*. Paris, 1802-1817. Se'n van fer 17 edicions l'any 1885.

10 Viollet-le-Duc, Emmanuelle: *Dictionnaire raisonné de l'architecture française*. Paris, 1854.

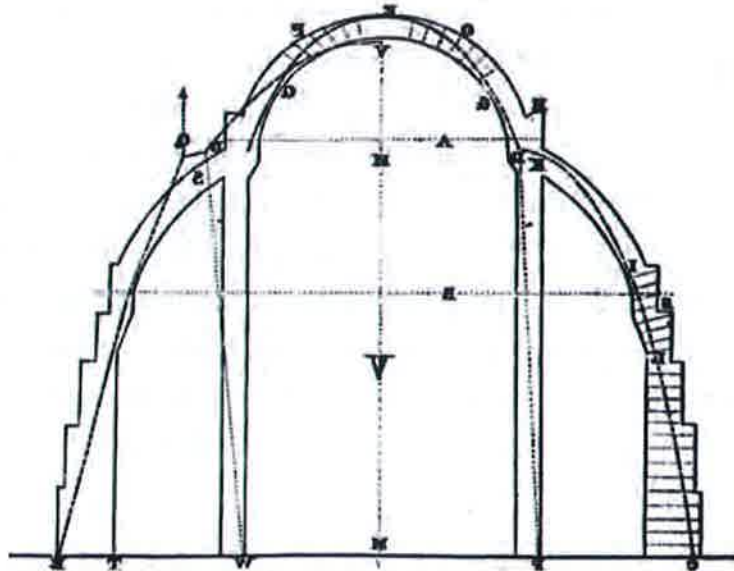
11 Cullmann, Karl: *Die Graphische Statik*. Ed. Verlag Von Meyer & Zeller, Zurich, 1875.



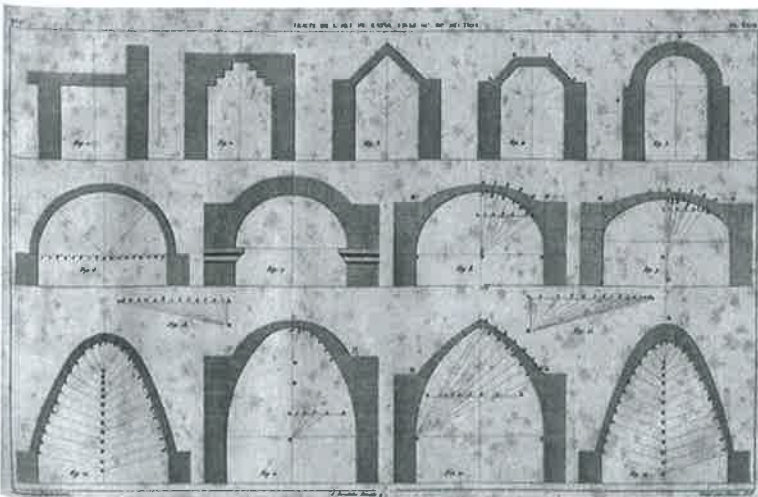
Imatge 9.6.- Làmines del tractat de Joseph Gwilt (1826), on es relaciona la forma de l'arc amb la distribució de la seva càrrega, que l'autor simbolitza amb el traçat de l'intradós.



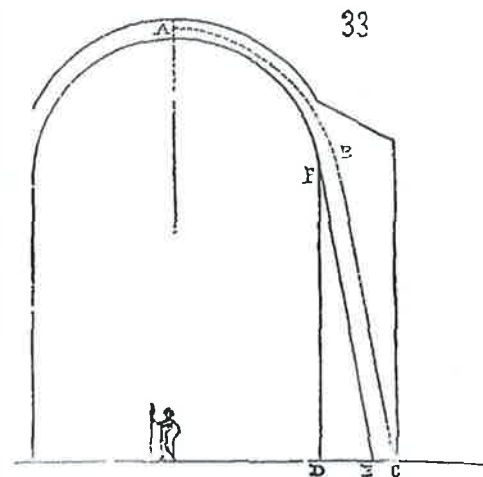
Imatge 9.7.- Imatges de les construccions proposades per Tappe, on els edificis s'adapten a la forma estructural. (1818-1823)



Imatge 9.8.- Dibuix de Hübsch on es mostra el traçat de la línia de pressions dins d'una secció preestablerta, calculada a través d'una maqueta penjant. (1838)



Imatge 9.9.- Làmina del tractat de Rondelet (1802-1817) on es mostra el traçat d'arcs.



Imatge 9.10.- Imatge del *Dictionnaire Raisoné* (1854) de Viollet-le-Duc on apareix reflexat el concepte de línia de pressions.

Segons Josep Francesc Ràfols, que l'any 1921 publica un article sobre l'arquitecte Joan Martorell i Montells<sup>12</sup>, aquest va ser el primer arquitecte que va introduir l'estàtica gràfica a Espanya. Aquesta hipòtesi explicaria que Gaudí l'hagués après en el seu despatx, on va treballar un temps després d'obtenir el títol l'any 1878.

Joan Bassegoda<sup>13</sup> sosté que Gaudí es va familiaritzar amb la catenària i els traçats parabòlics a través del llibre de John Millington *Elementos de arquitectura*<sup>14</sup> —molt estès en l'època en què era estudiant—, que es trobava a la biblioteca de l'Escola Provincial d'Arquitectura de Barcelona i al despatx del propi Martorell. El llibre, que en la seva edició original anglesa era un tractat d'enginyeria<sup>15</sup>, detallava les característiques d'aquests tipus de corbes i les seves propietats però, tal i com feia el tractat de Rondelet, en qüestionava el seu ús en arquitectura per ser corbes poc estètiques.

Un treball exhaustiu més recent, la tesi doctoral de Jaume Serrallonga<sup>16</sup>, analitza el temari que s'impartia en l'escola d'arquitectura en l'època que estudiava Gaudí i contradiu parcialment les hipòtesis anteriors. Tot i que confirma que no hi havia un temari concret d'estàtica gràfica, com ja apuntava Bassegoda, troba evidències que aquesta s'explicava de forma puntual dins d'altres assignatures.

Per confirmar-ho, mostra els apunts de classe presos per Joaquim Bassegoda i Amigó, que havia estat company de carrera de Gaudí i va obtenir el títol el 1879 (un any després que Gaudí).

Els apunts de Bassegoda són una transcripció del temari que impartia el professor Joan Torras i Guardiola, amb el títol *Resumen de las lecciones de mecánica aplicada a la construcción dados en el curso 1873-74 en la Escuela provincial de arquitectura de Barcelona*. Entre les pàgines 239 i 256 d'aquests apunts s'explica el càlcul de barres no subjectes a flexió, on aquest esforç s'evita si aquestes adopten el traçat que determina el funicular de les càrregues. Aquesta explicació s'acompanya de diverses il·lustracions (*imatge 9.11*), on parteix d'una càrrega única amb dues barres, fins arribar a la deducció de la forma òptima de l'arc a través de l'augment del número de forces, que tendeix a una forma parabòlica. En aquests apunts Torras indica que aquesta és la forma ideal per a ponts penjats i acaba el capítol amb la definició de la catenària.

En aquests pàgines Torras ja havia parlat dels mètodes gràfics i assenyalat explícitament el procediment de Scheffer sobre polígons funiculars.

12 Ràfols i Fontanals, Josep Francesc: *L'arquitecte Joan Martorell*. Vell i Nou, 2a època, Vol II, p 124-131. Barcelona, Juliol de 1921.

13 Bassegoda Nonell, Juan: *Aproximación a Gaudí*. Aranjuez (Madrid). Ed. Doce Calles, 1992.

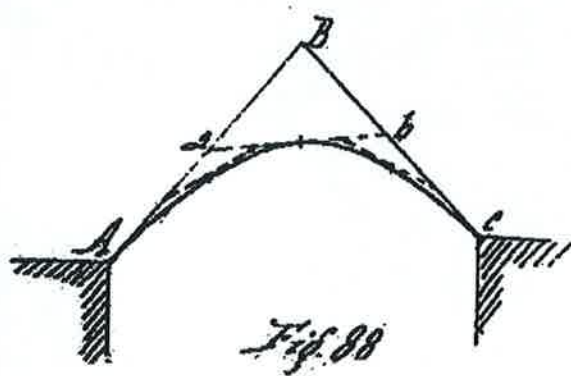
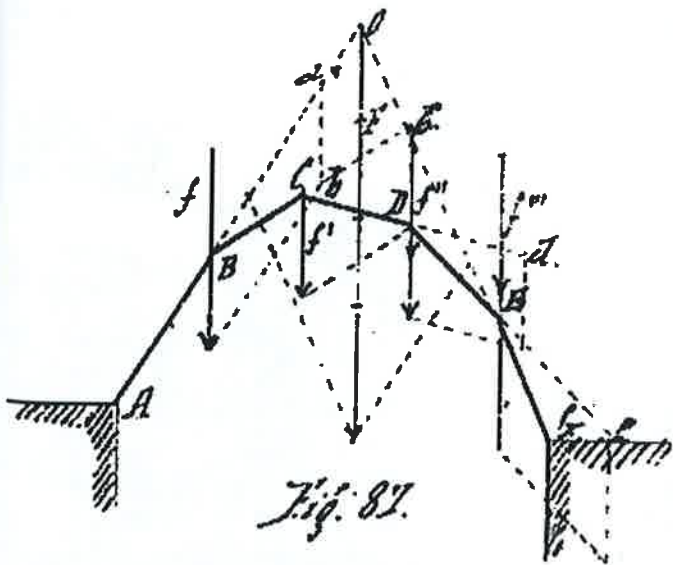
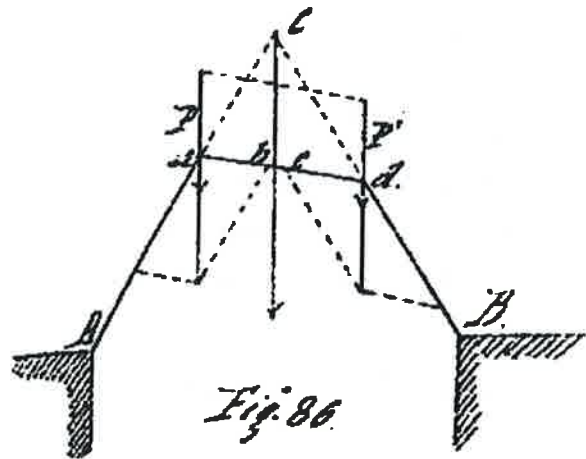
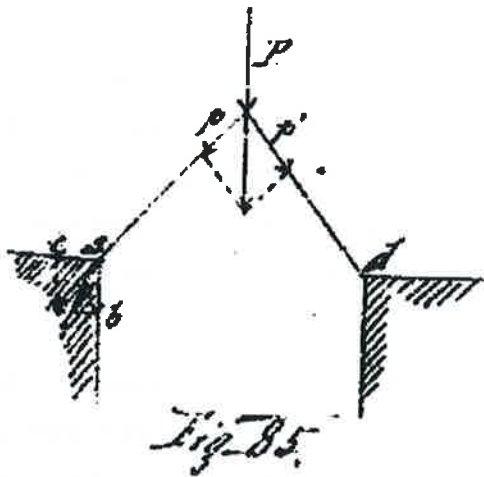
14 Millington, John: *Elementos de arquitectura*. (Traducció al castellà de Mariano Carrillo de Albornoz). Imprenta Nacional, Madrid, 1848.

15 Millington, John: *Elements of civil engineering*. Philadelphia. Richmond & Palmer, 1839.

16 Serrallonga i Gasch, Jaume. *Geometria i Mecànica En Els Models De Gaudí :Una Proposta De Recuperació Amb Mitjans Informàtics Dels Mètodes Gràfics De Càlcul d'Estructures Voltades Que Van Utilitzar Gaudí i Els Seus col·laboradors Fruit De l'Anàlisi Evolutiva i Històrica a Través De La Geometria*. Tesi doctoral. ETSAB, 2003.

Amb l'exhaustiva recopilació que fa Jaume Serrallonga, podem afirmar que Gaudí sí que havia tractat els temes d'estàtica gràfica a l'escola d'arquitectura —encara que d'una forma puntual— i que en aquesta època ja es tractaven el concepte de línia de pressions i també la paràbola i la catenària com a formes ideals d'arc.

A través de tota la documentació aportada queda clar que el càlcul per estàtica gràfica estava en expansió en aquell moment i que Gaudí només es limita a adoptar els mètodes que s'aplicaven. Ara bé, allò innovador en Gaudí no és l'aplicació dels mètodes en sí, que ja havien posat en pràctica molts arquitectes per calcular formes preconcebudes, sinó que es desfà dels complexos formals associats a les corbes mecàniques ideals (paràbola i catenària), motivades per la no verticalitat dels seus suports, i es decideix a aplicar-les directament en arquitectura.



Imatge 9.11.- Il·lustracions de les lliçons impartides per Torras.

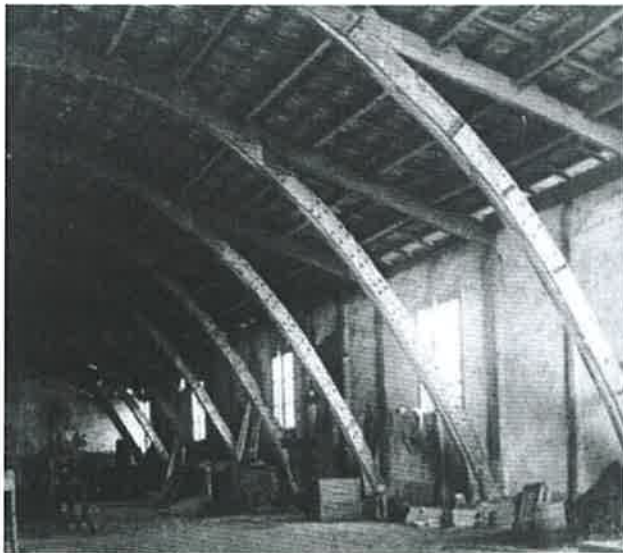
- I.- Càrrega puntual.
- II.- Aplicació de dues càrregues.
- III.- Diverses càrregues.
- IV.- Paràbola (càrrega uniformement repartida sobre la projecció horitzontal).

## 9.2. El càlcul en les obres prèvies de Gaudí

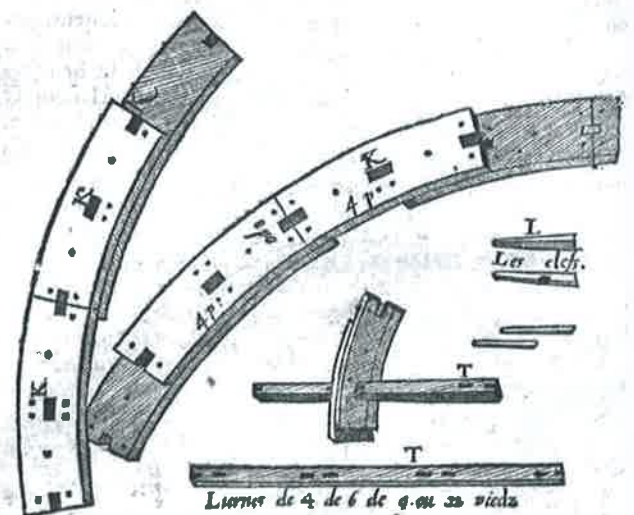
Tal i com succeïa en l'apartat de geometria, Gaudí introdueix els arcs resistents en les seves obres en zones o edificis marginals, i aquests aniran guanyant protagonisme en el transcurs dels seus projectes.

El primer arc resistent en l'obra pròpia de Gaudí apareix a la sala de blanqueig de la Cooperativa Mataronense (1878-1883) (*imatge 9.12*). Gaudí dissenya una sala funcional a base d'arcs formats per trams de taulons de fusta connectats entre ells amb perns, adaptant una solució extreta del tractat de Philibert de l'Orme (*imatge 9.13*). Per al seu traçat l'arquitecte adopta un arc catenari<sup>17</sup>, tot i que en aquest cas la forma no s'adequa plenament a la línia de pressions per dues raons. La primera consisteix en la disposició de les càrregues. Per a una distribució equidistant sobre la projecció horitzontal, similar a la que es produeix en aquest edifici, el traçat correcte hagués estat una paràbola<sup>18</sup>. La segona raó és deguda a la presència de la biga superior, que rep les càrregues de les corretges i no les condueix de forma directa –i repartida– a l'arc, sinó que d'una banda les desvia cap al muntant de la façana i de l'altra les concentra en una zona propera a la clau (*imatge 9.14*). Amb aquesta disposició real de càrregues el traçat de l'arc s'allunya de les corbes teòriques (paràbola i catenària) que va adoptar Gaudí per aquest edifici, amb la conseqüent aparició de flexions. Malgrat això, l'arc no presenta cap problema perquè el material que s'hi ha emprat –fusta de pi– és capaç de suportar les flexions que això li ocasiona. En aquest cas concret, és de suposar que Gaudí va preferir adoptar la forma “pura” que els tractats vigents deploraven per poc estètica enlloc d'adoptar el funicular que correspondria a les càrregues que es presentaven.

Al cap de pocs anys, el 1888, Gaudí torna a adoptar el perfil d'un arc equilibrat, però aquesta vegada l'utilitza en una construcció decorativa. La casa Vicens tenia un pati més extens del que podem apreciar en l'actualitat, i l'arquitecte va projectar una cascada pel pati en el fons de la parcel·la. Aquesta construcció es suportava sobre un arc de maó de traçat parabòlic<sup>19</sup> (*imatges 9.15 i 9.16*).



**Imatge 9.12.-** Interior de la sala de blanqueig de la cooperativa Mataronense, resolta amb arcs de fusta.

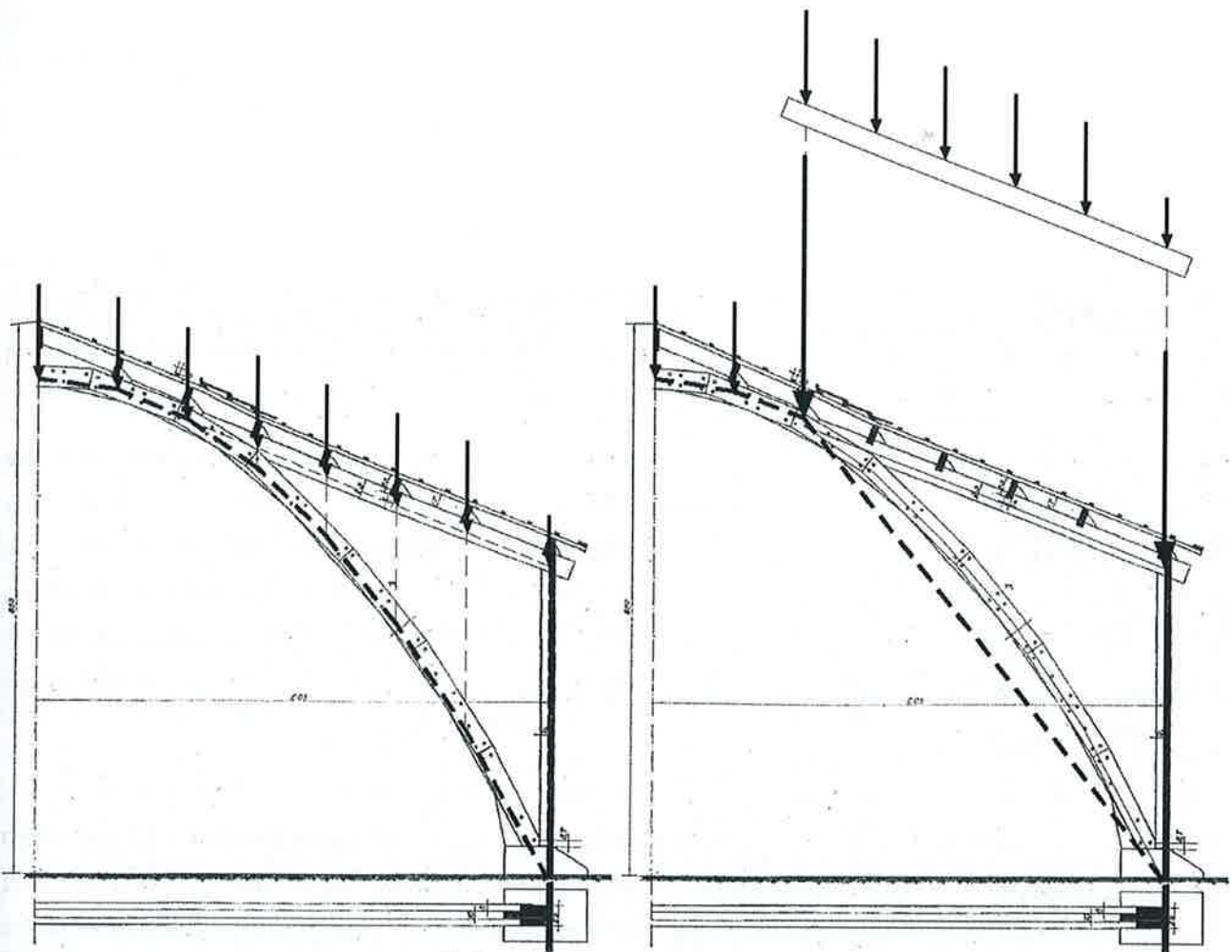


**Imatge 9.13.-** Imatge del tractat de Philibert de l'Orme. Arcs de fusta fets per trams.

17 La observació de fotografies antigues ens demostra que són catenaris, tot i que Bergós cita que són parabòlics. Bergós i Massó, Joan: *Gaudí, l'home i l'obra*. Barcelona. Ed. Ariel, 1954. p. 75.

18 Aquesta és la hipòtesi que sostenia Bergós en el seu llibre. Bergós i Massó, Joan. *Op. cit.*

19 Bergós i Massó, Joan: *Op. cit.* p. 71.



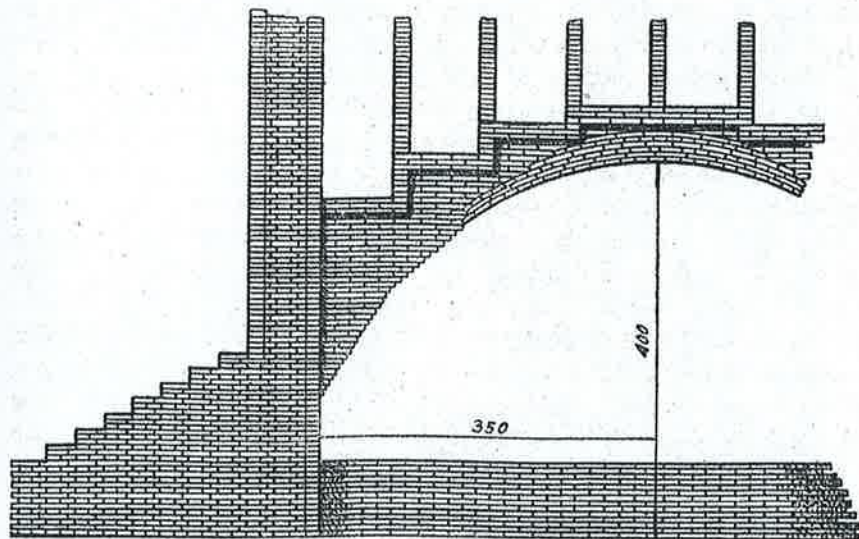
I.- Càlcul de la corba de pressions en la hipòtesi que les biguetes recolzen directament sobre l'arc. El traçat de l'arc s'adeqüa raonablement a la trajectòria dels esforços.

II.- Traçat de la corba de pressions quan les bigues recolzen sobre el travesser (cas real). El traçat de l'arc ideal plantejat per Gaudí no s'adeqüa a la corba de pressions.

**Imatge 9.14.-** Alçat dels arcs publicat en el llibre de Joan Bergós amb superposició de la corba de pressions. Gaudí va fer els arcs amb trams de tauló, adaptant una solució descrita en el tractat de Philibert de l'Orme.



**Imatge 9.15.-** Vista de la cascada amb la casa Vicens al fons.



**Imatge 9.16.-** Alçat de la cascada de la casa Vicens publicada en el llibre de Bergós.

Entre els anys 1884 i 1887 Gaudí construeix la finca Güell als afores de Barcelona. En aquest projecte l'arquitecte ja no redueix el traçat d'arcs i voltes a alguns petits efectes de caràcter decoratiu, com havia fet a la casa Vicens, sinó que aquests prenen el protagonisme de l'edifici. Així, a més de la cúpula de la sala del picador, que havíem vist en els capítols de geometria, Gaudí construeix l'edifici de les cavallerisses, que cobreix amb una successió d'arcs parabòlics que suporten unes voltes ceràmiques de canó (*imatge 9.17*).

Gaudí també adopta la paràbola a la cúpula interior del saló noble del Palau Güell. L'arquitecte fa servir algunes agrupacions d'arcs formats pel mateix perfil a l'interior de les tribunes, o fins i tot en els arcs catenaris del carrer, malgrat que en aquest darrer cas tenen una finalitat més decorativa que estructural, degut a les llums reduïdes que cobreixen.

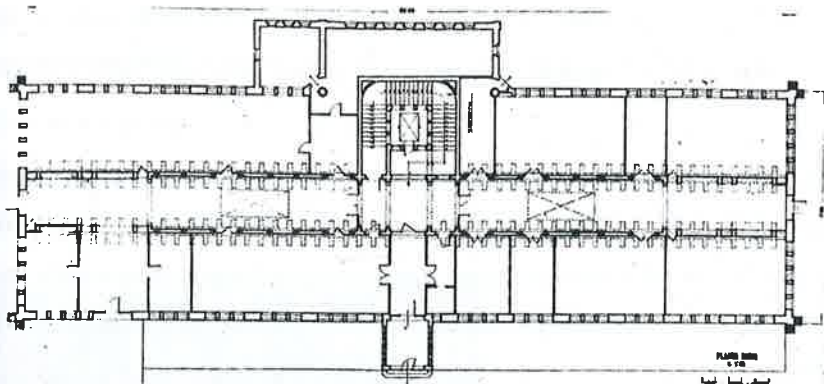
Tot el repertori de solucions formals i estructurals que Gaudí experimenta en aquestes obres prèvies que hem estudiat fins al moment desapareixen quan traça la seva primera planta del Temple (1885), en un projecte que es desmarca del començat per Villar. En el plànol de planta que es conserva hi apareixen marcades les voltes de creueria, que es suportaven amb l'estabilització d'uns grans contraforts embeguts dins de les capelles de les naus laterals. Així doncs, quan arriba el moment d'abordar un gran edifici –ja començat i amb una gran càrrega simbòlica–, Gaudí defuig, en primera instància, l'ús de les innovadores solucions que estava provant en les seves edificacions civils.

Aquesta tendència segueix en la continuació de la seva obra civil, on sembla que Gaudí faci un pas enrere. En el Palau Episcopal d'Astorga (1885-1890), un altre edifici amb una gran presència monumental i que estava sotmès a un control acadèmic, l'arquitecte adopta un llenguatge neogòtic, resolt amb una estructura molt convencional de parets de càrrega i embigats per a la majoria de l'edifici. Gaudí tampoc fa cap innovació a la zona de la capella, que resol amb unes senzilles voltes de creueria, tal i com havia proposat en la primera versió del Temple.

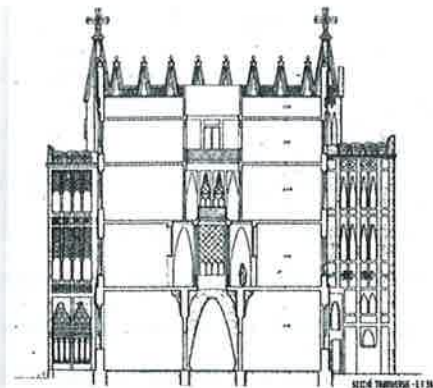


**Imatge 9.17.-** Interior de les cavallerisses de la finca Güell.

En el següent projecte, el Col·legi de les Teresianes (1888-1890), Gaudí adopta una planta rectangular –ja començada per un altre arquitecte–, que, a priori, sembla que no ha d'ofrir cap innovació estructural. Gaudí planteja un esquema estructural de tres crugies i quatre plantes d'alçada, que presenta una innovació –quasi podríem dir un desafiament– en la seva secció. Gaudí altera la distribució de la primera planta i col·loca un passadís centrat amb l'eix de la paret de càrrega. Per aconseguir-ho, estintola la paret dels pisos superiors sobre una sèrie d'arcs molt apuntats que, ahora, es suporten sobre unes mènsules que neixen de la paret de la planta baixa. Amb una voluntat gairebé escenogràfica, en aquest edifici l'arquitecte juga a potenciar aquests elements estructurals que a través d'una distribució més convencional haguessin estat innecessaris (*imatges 9.18 a 9.21*).



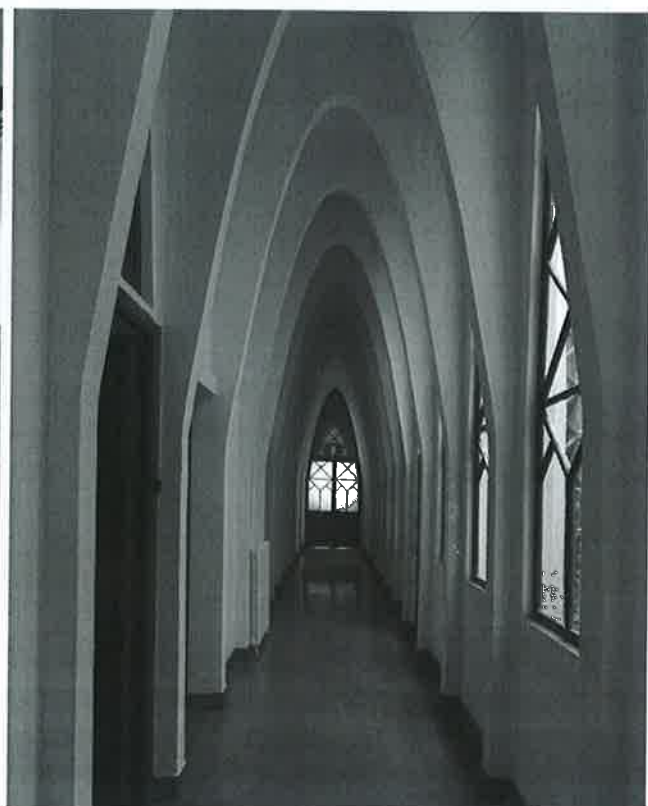
**Imatge 9.18.-** Planta del col·legi de les Teresianes on es mostren les tres crugies estructurals.



**Imatge 9.19.-** Secció on es mostra l'estintolament de la paret en el primer pis.



**Imatge 9.20.-** Paret de càrrega de planta de baixa amb les mènsules que suporten els arcs de la planta superior.



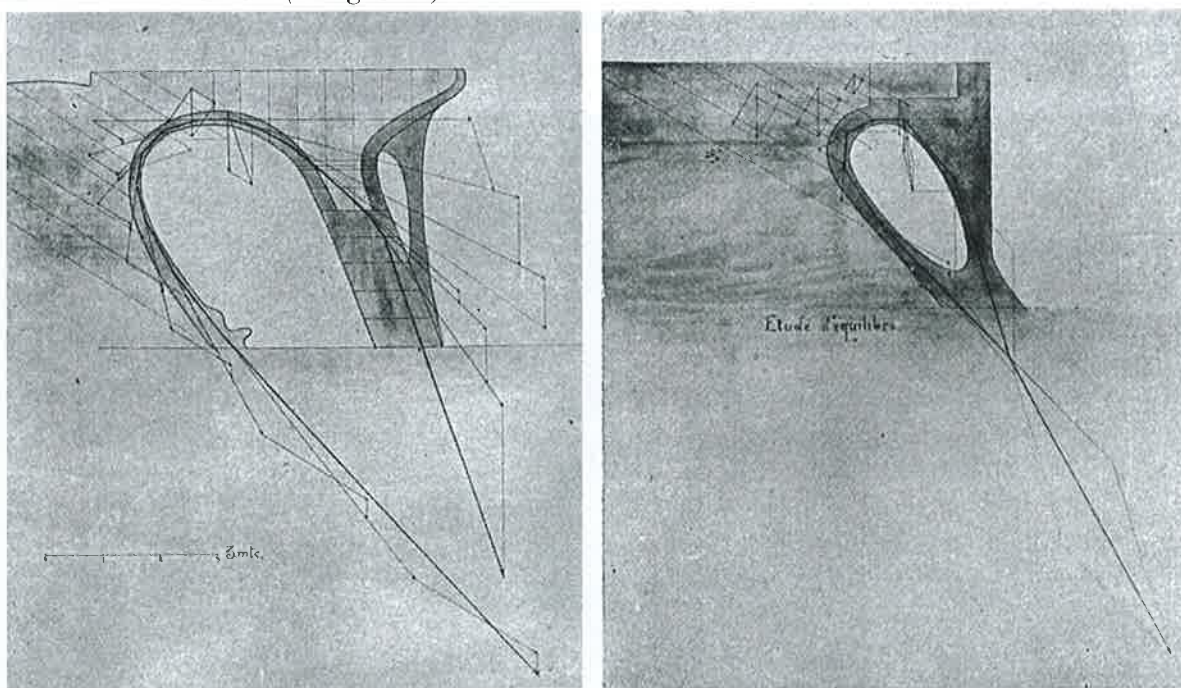
**Imatge 9.21.-** Arcs de la planta primera que estintolen els parets de càrrega superiors.



En el projecte per a les missions Franciscanes de Tànger (1892-1893) Gaudí trenca amb les rígides estructures anteriors i fa un plantejament del tot nou. Les formes equilibrades, que fins aleshores havien sortit a l'exterior de les edificacions en elements puntuals –com la cascada de la casa Vicens, els arcs del Palau Güell o els de les Teresianes– prenen ara una gran rellevància i arriben a definir l'aparença exterior de l'edifici. Això és el que ocorre en aquest projecte, on Gaudí disposa disset torres molt esveltes que estan subjectes a les accions del vent. L'arquitecte no calculava de forma directa l'acció del vent, però sí que la tenia en compte i la contrarestavava col·locant unes grans masses estabilitzants en la zona superior –concentrades en els terminals de les torres– que en proporció, reduïen l'efecte de les accions horitzontals.

Per aquestes torres l'arquitecte busca una secció que tingui la màxima dimensió a la base i es redueixi a la zona superior, i troba el perfil desitjat en les corbes equilibrades, que no es limiten a ser el traçat resistent dins d'una forma preconcebuda –com feia Hübsch– sinó que passen a ser directament la forma exterior. Gaudí aprofitarà aquesta tècnica en el futur i l'emprarà en les torres de la Sagrada Família, que inicialment eren de secció quadrada. Precisament en aquesta època Gaudí planteja el primer projecte monumental del Temple, on resol les naus amb uns grans arcs catenaris, que s'han descrit en l'apartat de geometria i que analitzarem numèricament en el capítol 11 d'aquesta tesi.

Després del projecte de Tànger i de la primera versió de les naus realitzada sota la planta monumental, Gaudí consolidarà la relació entre forma i estructura. Així quedarà reflectit en els viaductes del Park Güell (1900-1914) o en els que realitza per Bellesguard segons el mateix principi. Per a contenir les terres, dissenya uns viaductes molt interessants, la forma dels quals ve definida per l'empenta de les terres, que calcula el seu col·laborador Joan Rubió<sup>20</sup> (imatge 9.22).



**Imatge 9.22.-** Diagrames de càlcul dels viaductes del Park Güell realitzats pel seu ajudant Joan Rubió.

<sup>20</sup> Joan de la Creu Rubió i Bellver, arquitecte titulat l'any 1893. Va ser un col·laborador a sou a l'estudi de Gaudí entre 1893-1900, any en què es va convertir en un col·laborador directe molt important, amb competències destacades en càlcul estructural. Va mantenir la col·laboració amb Gaudí fins l'any 1906 i va participar en les següents obres: Església de la Colònia Güell, Bellesguard, Park Güell, la reforma de la catedral de Mallorca, la casa Batlló i la Sagrada Família.

Per més ampliació sobre el tema vegeu:

Alsina, Claudi - Serrallonga, Jaume: Joan Rubió i Bellver. Article publicat dins el llibre *Els arquitectes de Gaudí*. Barcelona, Col·legi Oficial d'Arquitectes de Catalunya. 2002 p. 50-63.

A les darreres obres urbanes, les cases Batlló (1904-1906) i Milà (1906-1910), Gaudí torna a fer un canvi de plantejament estructural.

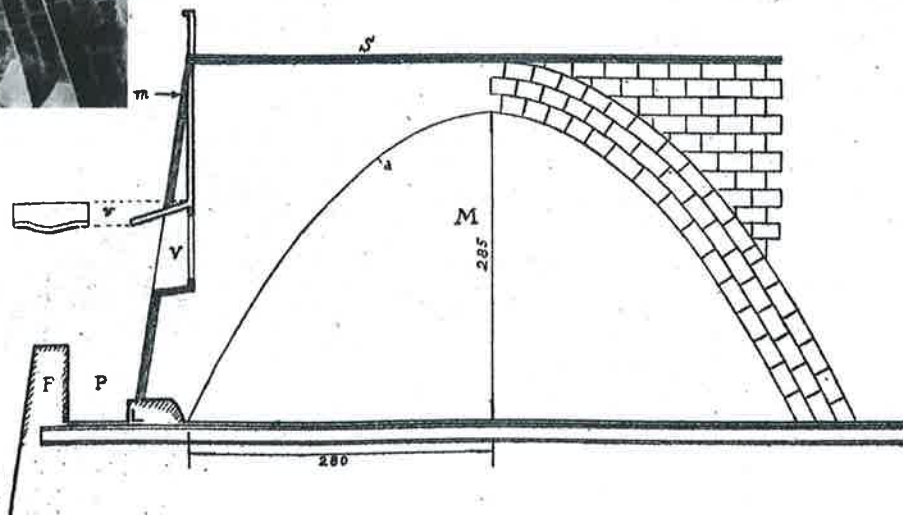
A la primera de les cases, que era una reforma amb remunta, continua amb l'estructura convencional de parets de càrrega i embigat que només altera en la tribuna del pis principal, on va estíntolar la façana i la primera crugia amb unes grans jàsseres metàl·liques, i en la coberta, on va utilitzar una successió d'arcs parabòlics.

A la casa Milà que, a diferència de l'anterior, era de nova planta, Gaudí va plantejar un esquema molt innovador per l'època: una planta totalment lliure suportada per pilars de pedra i maó i un sostre de jàsseres i biguetes metàl·liques<sup>21</sup>. Gaudí va portar el concepte de planta lliure fins i tot a la façana, que no és portant, i està formada per uns grans blocs de pedra que s'ancoren amb elements metàl·lics a l'estructura, com si fos un pesant mur cortina. L'única referència als arcs en aquesta obra queda rellevada a l'espai de les golfes, que l'arquitecte resol amb una successió d'arcs catenaris de maó (*imatges 9.23 i 9.24*). Pel seu traçat Gaudí va fer servir el mètode d'inversió de la forma, que consistia en suspendre una cadena de dos punts, donant-li una longitud determinada per aconseguir una alçada concreta. Un cop fixada, es marcava el perfil sobre la paret i es copiava la forma per construir el cindri, que, en invertir-lo, donava directament la forma de l'arc<sup>22</sup>.

Fins ara hem repassat els càlculs realitzats per Gaudí i els seus col·laboradors en l'obra civil, però hem deixat de banda dos edificis que van tenir una influència notable en la darrera etapa del Temple: la reforma de la catedral de Mallorca i l'església de la Colònia Güell.



**Imatge 9.23.-** Arcs catenaris de maó de les golfes de la casa Milà.



**Imatge 9.24.-** Alçat dels arcs publicats en el llibre de Bergós, que l'autor qualifica de parabòlics.

<sup>21</sup> Els complexos càlculs numèrics d'aquest edifici van ser realitzats pels arquitectes Josep Canaleta i Jaume Bayó Font.

Bassegoda Nonell, Juan. *La Pedrera de Gaudí*. Barcelona. Editores Técnicos Asociados, 1980. p. 26

<sup>22</sup> Aquestes operacions van ser realitzades per l'arquitecte Canaleta i el constructor Jaume Bayó, germà de l'arquitecte responsable dels càlculs.

Bassegoda Nonell, Juan. *Op. cit.* p.34.

### 9.3. Les darreres experimentacions geomètriques de l'obra civil. Cap a un canvi de concepció de les naus del Temple

Arribats a aquest punt, fem un cop d'ull als càlculs elaborats per Gaudí i els seus col·laboradors de dos edificis que van tenir una repercussió remarcable en la darrera etapa del Temple, com són la Catedral de Mallorca i l'església de la Colònia Güell.

El plantejament d'aquestes obres va anar acompanyada d'unes reflexions estructurals que els seus col·laboradors van plasmar en articles i conferències. En aquest apartat ens centrarem en l'anàlisi d'aquestes obres a través de les paraules dels col·laboradors de Gaudí, que mostraven un canvi ideològic envers les estructures dels estils precedents –principalment del gòtic– que l'arquitecte havia començat a aplicar en la primera versió de la planta monumental resolta amb una estructura d'arcs catenaris.

#### 9.3.1. La reforma de la Catedral de Mallorca (1901-1914)

L'any 1898, poc després que projectés la planta monumental de les naus i en resolgués l'estructura amb un nou plantejament estructural, que evitava l'ús de contraforts externs, Gaudí rep la visita del bisbe de Mallorca, Pere Joaquim Campins, que li demana consell sobre la reforma de la Catedral de Palma, que es plantejava des de 1840 i que s'havia executat parcialment. L'any 1901 el bisbe Campins visita de nou l'arquitecte a la Sagrada Família i l'any següent li encarreguen formalment les obres a Gaudí.

Les obres bàsicament consistien en la reforma de l'interior, amb el trasllat del cor, que ocupava la nau central, i altres actuacions secundàries, entre les quals hi ha l'execució de nous vitralls i el baldaquí. Les obres es van dur a terme fins l'any 1914, quan sorgiren discrepàncies amb el successor del bisbe Campins, i Gaudí abandonà l'obra.

Malgrat que els treballs consistien només en una reforma interior, Joan Rubió i Bellver, un dels principals col·laboradors de Gaudí, va estudiar a fons l'estabilitat de les naus, i en va publicar els resultats a l'anuari de l'Associació d'arquitectes de Catalunya de l'any 1912, sota el títol *Conferencia acerca de los conceptos orgánicos, mecánicos y constructivos de la Catedral de Mallorca*.

A priori, la naturalesa de l'encàrrec –una reforma litúrgica– no en justificava el càlcul estructural, però, no obstant i això, a Gaudí i els seus col·laboradors l'encàrrec de la reforma de la seu mallorquina els ofería la possibilitat de verificar una estructura de gran magnitud, amb unes dimensions de les naus similars a les de la Sagrada Família.

Aquesta hipòtesi pren força a mida que es veu el caire que van agafant les reflexions estructurals plasmades per Rubió.

L'escrit de Rubió titulada *Conferencia acerca de los conceptos orgánicos, mecánicos y constructivos de la Catedral de Mallorca*, es compon dels següents apartats:

- I. *Situación de la Catedral de Mallorca dentro de las escuelas constructivas*
- II. *La Catedral de Mallorca es una concepción lombarda*
- III. *La Catedral de Mallorca es una construcción gótica*
- IV. *Crítica de las construcciones góticas. Cualidades negativas*
- V. *Crítica de las construcciones góticas. Cualidades positivas*
- VI. *El equilibrio de la Catedral de Mallorca*
- VII. *La curva de presiones*
- VIII. *Resumen del estudio mecánico*
- IX. *Comparación del organismo constructivo de la Catedral de Mallorca con otras catedrales.*
- X. *Resumen general*
- XI. *Estados de cubicaciones y pesos*

Per a la finalitat d'aquesta tesi ens interessa destacar especialment els següents apartats:

- IV. *Crítica de las construcciones góticas. Cualidades negativas*

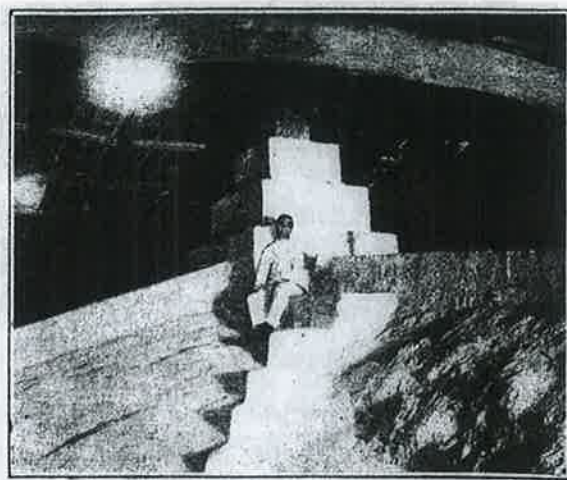
En aquest punt trobem una crítica als arcs i voltes apuntats del gòtic, que considera mecànicament imperfectes perquè el seu traçat s'allunya de les corbes mecàniques i, per tant, necessiten elements accessoris que en garanteixin l'estabilitat (*imatge 9.25*):

*“A medida que las formas aumentan en dimensiones, el desacuerdo entre los trazados geométricos y las curvas mecánicas se hace más patente, y al llegar a las extraordinarias dimensiones de las naves de Mallorca, entonces el desacuerdo es tan grande que se hace absolutamente indispensable el acudir en auxilio de las formas geométricas valiéndose de artificios ocultos, y por tanto, poco aceptables, para que las condiciones de equilibrio puedan verificarse dentro de las formas geométricas preconcebidas.” [.....]*

*“Y los propios aristones, si fuesen trazados por medio de curvas en cuya parte más alta fuera posible poner una tangente horizontal, serían (y son en muchísimas construcciones antiguas) una solución mecánica, geométrica y constructiva mucho mejor que estos aristones ligeramente apuntados que hacen necesarias después esas enormes claves que en la inmensa Catedral de Mallorca se convierten en acumulaciones de materiales.”*

Troblem un altre paràgraf interessant quan parla de les dimensions de les naus de Mallorca que, com hem comentat, no són tan llunyanes de les de la Sagrada Família:

*“A la par que crece el monumento aumentan todas estas diferencias y al traspasar determinadas medidas son muy difíciles de solucionar tantas irregularidades y el monumento es casi imposible”*



Imatge 9.25.- Càrregues afegides a les claus de volta (superior) i arcs torals (inferior) per adaptar la línia de pressions a la forma.

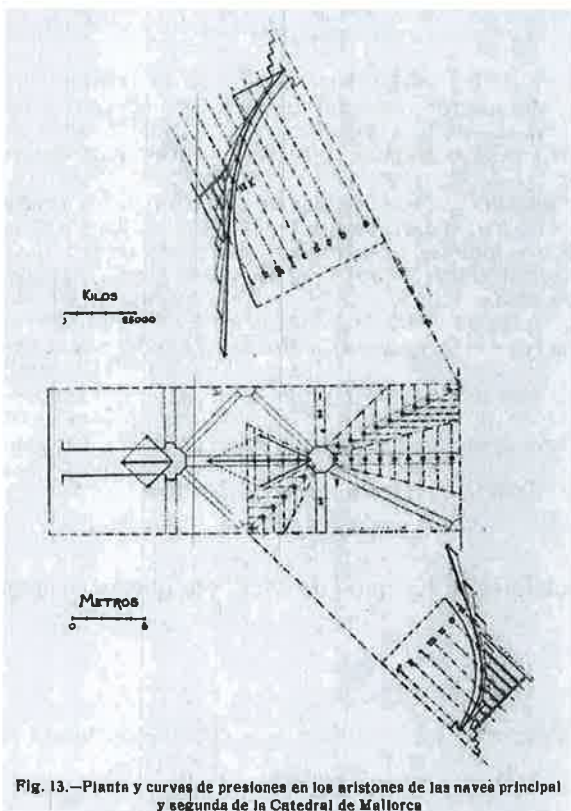
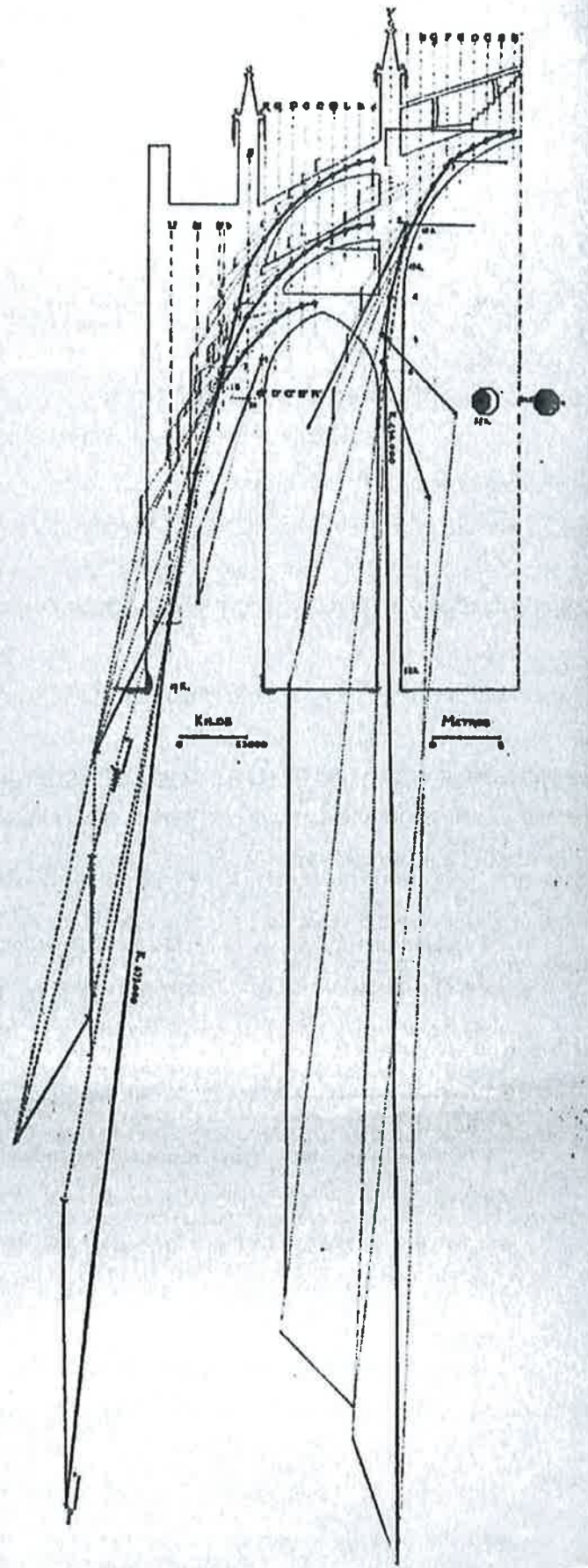


Fig. 13.-Planta y curvas de presiones en los aristones de las naves principal y segunda de la Catedral de Mallorca



Imatge 9.26.- Càlcul funicular de la catedral de Mallorca realitzat per Joan Rubió. Combinació d'arcs en planta (esquerra) i càlcul de la secció principal (dreta).

Un altre apunt destacable el trobem en el següent paràgraf, on esmenta com a tipologia d'arc ideal allò que Gaudí –i segurament ell mateix– han projectat recentment a la primera versió monumental de les naus de la Sagrada Família:

*“El total, el organismo gótico de conjunto, que conviene que sea siempre un organismo en que haya acciones en un sólo sentido y las reacciones estén encargadas a pesos inertes que por ellos mismos tengan estabilidad (porque eso y nada más que eso es la construcción gótica), se convierte en un tejido de acciones y reacciones mutuas en el que es suficiente que por cualquier causa una de ellas falte o ceda, para que el conjunto quede desequilibrado y en peligro. Otra cosa sería si los trazados geométricos y constructivos estuviesen más en armonía con los resultados mecánicos de sus curvas de equilibrio. Las flexiones que siempre ocasiona el no pasar las presiones por los núcleos centrales de resistencia, quedarían anuladas y el sistema trabajaría todo a la compresión pura y simple.”*

En el següent fragment podem afirmar que Rubió concentra el contingut dels anteriors:

*“Este desacuerdo entre las formas geométricas de los arcos, de los aristones y de las bóvedas con los trazados mecánicos de su equilibrio, es uno de los defectos capitales del arte gótico.”*

En definitiva, dels paràgrafs anteriors es desprèn que Gaudí i els seus col·laboradors tenien una visió del gòtic com un estil ple de defectes estructurals a superar. Una de les principals vies que proposen per superar aquest estil és l'adaptació del traçat geomètric dels arcs i les voltes a les corbes mecàniques, tal i com havia fet Gaudí en la primera versió monumental de les naus.

La conferència continua, i en altres articles trobem noves reflexions al voltant d'aspectes i solucions que Gaudí i els seus col·laboradors encara no havien descobert

#### VI. *El equilibrio de la Catedral de Mallorca*

*“En muchas de las catedrales y en la de Mallorca así se verifica, para hacer su cálculo, es preciso suponer que las columnas se han desequilibrado, perdiendo su verticalidad [...]. Si suponemos que la columna ha perdido su verticalidad [...] las cargas muertas que pesan sobre la columna, en la vertical del centro de gravedad de su base, dejan ya de hacerlo así y cargan sobre una de las dos aristas inferiores según sea el desplome. Entonces todo el peso muerto se convierte en peso vivo, carga sobre el vacío y modifica la curva de presiones. Si no se hace así y se supone que la columna queda rígidamente vertical [...] no hay manera que la resultante pase no ya por el eje de la columna, sino ni tan siquiera por dentro de ella. ¡La catedral de Mallorca no debería sostenerse!”*  
*Por otra parte, vista la Catedral y los movimientos de sus columnas, parecióme debía hacer los cálculos partiendo del supuesto de que las columnas se habían desplomado hacia adentro de la nave mayor.”*

Allò que resulta interessant d'aquest paràgraf és que, en analitzar l'estructura de la Catedral de Mallorca, amb unes proporcions esveltíssimes, Rubió troba que l'estructura s'ha deformat complint les seves hipòtesis de càlcul: les columnes s'han inclinat cap a l'interior de la nau central i aquesta ha estat la causa que ha fet possible el seu sosteniment, ja que si haguessin estat perfectament verticals, la resultant no hagués passat per

l'interior de la columna.

Aquesta afirmació segur que no va deixar indiferent a Rubió ni a Gaudí ja que corroborava que el camí d'inclinar les columnes, que estaven analitzant en el model de l'església de la Colònia Güell, era el correcte, perquè en aquest edifici, on s'havien plantejat unes columnes verticals, el temps havia acabat inclinant-les per garantir l'estabilitat de l'edifici.

Els capítols de càlcul (VI, VII, XI) són interessants i ensenyen al detall el procediment de càlcul emprat per Rubió en aquest edifici. Els seus comentaris denoten que va ser un autèntic repte, del que van extreure conclusions importants per al disseny de nous edificis. En el capítol VI trobem els següents fragments que ens ho mostren:

*“A quien no tenga un largo aprendizaje en el estudio de estos juegos de esfuerzos, ha de serle difícil considerar que la solución de este problema, que en los libros y en el encerado se presenta tan llano, cuando se transporta a un edificio como la catedral de Mallorca abarca una complejidad tremenda u encierra unas dificultades casi insuperables. [...] El resultado de este estudio es de una gran enseñanza”*

Per acabar, en el capítol X –“Resumen general”–, Rubió repeteix alguns dels punts que s'han assenyalat abans. Quan posa èmfasi en la dissociació entre forma i les corbes d'equilibri, fa la següent afirmació:

*“En la catedral de Mallorca los medios supletorios para equilibrar la construcción son tan extraordinarios en extremo y, a pesar de esto, el divorcio entre sus formas geométricas y sus curvas de equilibrio, es tan grande, que puede afirmarse que, siguiendo los procedimientos góticos, sería sumamente difícil cubrir una iglesia de tres naves de mayores dimensiones que ella. Por otra parte la historia de la arquitectura gótica lo confirma plenamente”*

Analitzant el text en conjunt, es pot afirmar que l'estudi d'un edifici gòtic d'aquesta magnitud, amb unes naus amb dimensions similars a les de la Sagrada Família, va influir en la variació del projecte del Temple.

Quan Gaudí accepta l'encàrrec de reforma de la Catedral ja havia elaborat la primera proposta de les naus, en un estil neogòtic molt particular. En aquesta proposta ja havia corregit alguna de les observacions després citades per Rubió, principalment l'adaptació geomètrica de les voltes i arcs a les corbes mecàniques.

La proposta de Gaudí, però, encara mantenia les columnes verticals. Les conclusions extretes de l'anàlisi de Rubió, sobre la deformació que havien patit les columnes –i que van estabilitzar les naus– segurament van influir en les versions posteriors del Temple, on Gaudí va acabar inclinant les columnes. Un altre concepte important que Gaudí va extreure d'aquest càlcul, lligat a l'estudi de les columnes, és la consideració de la càrrega superior com a *viva* enlloc de *morta*, tal i com l'explica Rubió, en desplomar les columnes.

Com hem pogut comprovar, l'anàlisi de la Catedral va ser important per Gaudí i els seus col·laboradors a l'hora d'aprendre i perfeccionar els seus coneixements estructurals, però no va ser l'única influència ni tampoc la més important, tal i com explicarem a continuació.

### 9.3.2. Església de la Colònia Güell (1898-1914)

L'any 1898 Eusebi Güell encarrega a Gaudí el projecte d'una església per a la seva colònia tèxtil. Gaudí redacta un projecte que va durar deu anys —entre el 1898 i el 1908—, i que constava d'una església inferior (avui en dia anomenada cripta) i una de principal, que s'havia de situar a sobre.

L'edifici mai va ser enllestit i les obres es van aturar l'any 1914, quan només s'havia construït l'església inferior.

Aquest projecte és una revolució en els aspectes geomètrics i estructurals, i es pot considerar com una autèntica experimentació en la recerca de formes que s'adeqüin al comportament mecànic.

A l'hora de trobar les formes que s'adeqüessin al comportament mecànic, Gaudí dissenya un edifici basant-se en una maqueta funicular, on porta al límit l'estudi de models penjats (*imatges 9.27 a 9.30*).

Per analitzar l'estructura de l'edifici, l'arquitecte va elaborar dos models: un de previ, amb una versió primitiva del projecte; i el definitiu, que és el més conegut. Els models eren una maqueta invertida, i la versió definitiva estava formada per cordills i saquets de perdigons que emulaven el pes de l'edifici, a escala 1/10 per a la geometria i 1/10000 per als pesos.<sup>23</sup>

En l'elaboració del model van col·laborar els arquitectes Francesc Berenguer i Josep Canaleta, (ajudants de Gaudí), l'enginyer alsacià Eduard Goetz Maurer i l'encarregat Juan Munnés. A aquests se'ls van afegir Juan Beltrán, modelista que treballava per Gaudí, i Vicenç Villarrubias, que Güell va contractar per plasmar les maquetes de treball en fotografies, sobre algunes de les quals després Gaudí hi dibuixava per donar l'aspecte final a l'edifici.

El 1913 un grup d'estudiants de l'escola d'enginyers industrials, acompanyats pel professor Félix Cardellach<sup>24</sup>, van visitar les obres de l'església. En arribar-hi, els va rebre Francesc Berenguer, que els va explicar amb detall el projecte i especialment la maqueta. Tenim coneixença d'aquesta visita perquè un alumne va transcriure les explicacions rebudes de Berenguer, que es van publicar a *La Vanguardia* el dia 30 d'abril de 1913:

*“La impresión que recibe el que visita por primera vez esta obra verdaderamente genial, es evidentemente de sorpresa, pues principalmente para el profano, acostumbrado como se está en nuestras iglesias góticas a verlas estructuradas exclusivamente con arcos circulares apoyados en columnas verticales, al observar como precisamente en la estructura considerada acontece lo contrario, pues todos los nervios de la bóveda son arcos catenarios o parabólicos y algunos de doble curvatura, y luego las columnas que sostienen los aristeros son sin excepción inclinadas. [...] La forma gótica (es) muy imperfecta pues como la condición mecánica de equilibrio de los arcos de piedra estriba en que la línea de presiones pase por el interior del mismo y [...] no adopta en ningún caso la forma de arco de círculo, se comprende que, para que el arco aloje en su interior á la línea de*

<sup>23</sup> Aquest model va ser reconstruït per la Universitat d'Stuttgart, sota la direcció de Frei Otto. Jos Tomlow, que era un dels estudiants que hi participava, va fer la tesi doctoral sobre aquest treball.

Tomlow, Jos. IL 34, *Das Modell*. Stuttgart. Institut für Leichte Flächentragwerke, 1989.

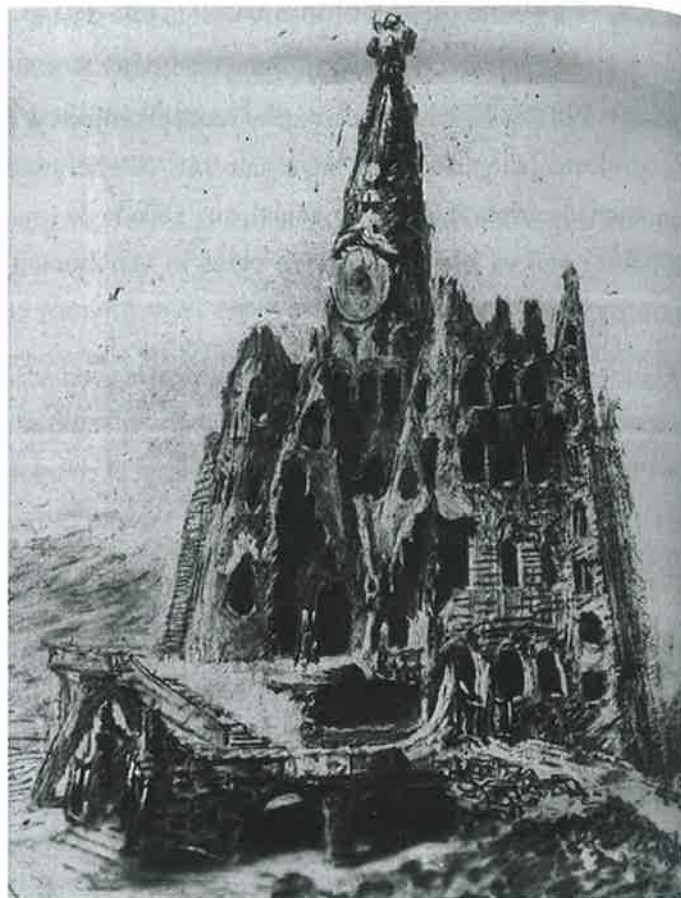
<sup>24</sup> Félix Cardellach i Alivés (Barcelona, 1875-1919). Arquitecte i enginyer industrial. Va ser catedràtic a l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona i professor de l'Escola Elemental de Treball.

És autor del reconegut llibre *Filosofia de las estructuras* (1911), on dedica un capítol a la maqueta funicular de Gaudí.





**Imatge 9.27.-** Maqueta funicular de l'església de la Colònia Güell.



**Imatge 9.28.-** Dibuix exterior de l'església.



**Imatge 9.29.-** Vista interior de la maqueta. La fotografia està invertida respecte la posició original.



**Imatge 9.30.-** La maqueta com a eina projectual. Dibuix de l'interior a sobre d'una fotografia de la maqueta, on encara es poden observar els pesos.

*presiones, es preciso darle un grueso mayor del necesario. Otra falta de racionalidad de la arquitectura gótica estriba en el empleo de los pilares verticales, pues siendo al objeto de los mismos contrarrestar las acciones de los arcos [...] que son en estos casos inclinadas, se comprende que para cumplir aquel objeto ó bien hay que poner cargas sobre los pilares que componiéndose con los empujes de los arcos los verticalicen y hagan que la resultante pase por la base de sustentación de la columna, ó bien hay que poner contrarrestos para evitar el efecto del empuje horizontal.*

En aquest paràgraf trobem, de nou, els defectes que Rubió també atribuïa al gòtic i que segurament els venien marcats per Gaudí en els seus anys de col·laboració. En aquest cas, no es tractava de l'estudi d'un edifici existent, sinó d'un en construcció i aquí es mostra quines correccions es plantejaven a l'església:

*Tanto un defecto como el otro vienen evitados en la arquitectura de la iglesia en construcción, pues los nervios de la bóveda delimitan exactamente la forma de las curvas de presiones y por lo tanto pueden tener el grueso suficiente para su resistencia. Además el inconveniente de las reacciones inclinadas en las columnas, queda evitado con el empleo de columnas también inclinadas.*

En aquests apartats ja apareix el descobriment que fan a la Catedral de Mallorca, la inclinació dels pilars. Per aconseguir-lo, Gaudí va situar els elements estructurals de l'edifici segons el recorregut de la corba de pressions, ajudant-se de la maqueta funicular.

*“El logro de estos dos efectos trae consigo la determinación previa de las líneas de presiones y las direcciones de los empujes de los arcos, cosas ambas, que tratándose de estructuras en el espacio y algo complicadas son sumamente difíciles, consiguiéndose su encuentro con relativa facilidad por el método estereostático”*

Joan Rubió, que aleshores era un dels col·laboradors principals de Gaudí, segurament deuria contribuir en la concepció de la maqueta, que va citar en el seu article “*Dificultats per arribar a la síntesi arquitectònica*” publicat a l'anuari de l'Associació d'Arquitectes de 1913. En aquest article posava de manifest que s'havien de deixar de copiar les tipologies estructurals existents i, segons ells, carregades de defectes, per començar a aplicar els darrers avenços científics en el camp de la mecànica, per variar l'estructura en els nous edificis, adaptant la forma general a les corbes de pressions:

*“Si toda la moderna eflorescència de les ciències mecàniques no ha de servir per netejar la construcció de temples de tota la sèrie innumerable d'adherències i complements que fan (en els estils històrics) possible l'equilibri dels edificis i no s'ha de poder anar a la solució del problema arquitectònic per medi de formes adaptades a la realitat mecànica i a la simplicitat científica, tant valdria declarar a l'arquitectura o pel menys als arquitectes, incapaços d'aprofitar-se del que realment constitueix un progrés científic ben positiu.”*

*“És precis anar a l'execució més o menys encertades de temples fets amb verdadera simplicitat [...] no ja solament des de un punt de vista harmònic, geomètric i constructiu sinó que també i de mode principalíssim des d'un punt de vista mecànic.”*

*“En aquesta disposició general de l'organisme constructiu és on l'influència dels moderns procediments mecànics per a l'estudi i l'adaptació de l'equilibri han de tenir més fonda influència.”*

En alguns paràgrafs de l'article, Rubió defensa que un edifici és molt més que l'estructura però dins d'aquest àmbit, en parlar dels elements sustentants fa les següents puntualitzacions:

*“Però no tot és, ni pot, ni deu ésser mecànica en l'arquitectura. L'esperit necessita esplaïar-se en la visió de formes simples i d'una llei de generació clarament manifestada i que amb claredat expressin tot el seu ofici en l'organisme total.”*

*“La geometria i la mecànica han de ser íntimament agermanades i no han de tenir un desenrotll independent un de l'altre, sinó que foses en una sola cosa han de formar elements constitutius de l'organisme arquitectònic”.*

Per tant, ja en aquest escrit Rubió posa de manifest que geometria i mecànica són dues coses diferents. Tot i que defensa que en els traçats generals vagin de la mà, la materialització del seu aspecte formal i constructiu, el que podríem considerar l'embolcall de les “corbes mecàniques”, és un tema estrictament geomètric.

En l'article Rubió parla dels mètodes de càlcul funicular, classificant-los en dos grans grups, els continguts en un pla, que es poden resoldre de manera gràfica, i les estructures a l'espai, resoltes amb maqueta invertida i on parla concretament del model de l'església de la Colònia Güell:

*“En la pràctica de l'estudi mecànic de l'equilibri en arcs i voltes es presenta a fer, fàcil i planer, quan els esforços que en ell intervenen estan situats tots al mateix pla vertical i el segon, més general i transcendent, quan els esforços a combinar no estan situats tots en el mateix pla”*

*“Per al primer cas, són suficients els medis de càlcul que podem incloure dins del que anomenem estàtica gràfica plana. [...]”*

*El segon sistema consisteix en convertir tots els esforços de compressió que actuen en el sí de les masses constructives, en esforços a la tensió que actuen sobre els funículus penjats. [...] Les càrregues que actuen en voltes, arcs i pilars són substituïdes per pesos penjats dels funículus i en les verticals dels seus centres de gravetat respectius.” El treball és de tempteig, però el nombre de tantejos a fer per arribar a la coincidència de les línies de construcció i a les línies mecàniques funiculars és molt escàs”*

La compilació de les principals conclusions d'aquests dos treballs previs, la catedral de Mallorca i l'església de la colònia Güell, permet demostrar que Gaudí i els seus col·laboradors no parteixen de zero a l'hora d'afrontar un canvi estructural en les naus de la Sagrada Família, i que apliquen els coneixements aquí obtinguts per millorar la primera versió de les naus –amb un particular estil neogòtic d'arcs catenaris– que fins llavors tenien plantejada.

#### 9.4. L'aparició de la nova estructura de les naus del Temple.

##### “La superació dels estils anteriors”

A partir de 1914 Gaudí abandona la seva obra civil i es concentra en perfeccionar el projecte de la Sagrada Família, on l'arquitecte dóna continuïtat a la recerca estructural que havia iniciat en els projectes anteriors.

Per aquesta tasca Gaudí no pot comptar amb els seus col·laboradors anteriors, ja que Rubió va abandonar el despatx del mestre per dedicar-se en exclusiva als seus encàrrecs particulars, i que Francesc Berenguer, l'altre col·laborador principal, va morir el mateix any que Gaudí es va recloure al Temple.

Així, a partir d'aquest any, el 1914, Domènec Sugrañes<sup>25</sup> esdevé el seu principal ajudant i és ell qui assumeix el paper fonamental en el càlcul estructural de les naus. Tenim constància dels càlculs realitzats en la segona i la tercera versió a través dels seus articles publicats, que s'analitzen a continuació.

##### 9.4.1. Segona versió de les naus

L'any 1917 Domènec Sugrañes publica a la revista *Iberia* un article titulat “*La estabilidad de construcción en el Templo de la Sagrada Familia*”.

Aquest article és interessant perquè explica d'una manera breu els motius que han portat a definir l'estructura de la segona versió de les naus. A través de les figures que reproduïx sabem de l'existència dels càlculs d'aquesta versió, encara que no s'expliquen detalladament.

Sugrañes defineix l'estructura del Temple de la Sagrada Família com una superació de les tipologies anteriors, concepte que també defensava Joan Rubió en els seus escrits sobre les estructures de Gaudí<sup>26</sup>.

Sugrañes argumenta el seu discurs sobre tres tipologies de referència, que anomena *Tres tipos maestros*, amb un exemple per a cada una d'elles.

- la tipologia: Planta basilical coberta amb encavallades de fusta. Sant Pau extramurs de Roma (imatge 9.31).

D'aquesta tipologia destaca la lleugeresa de la seva construcció –també visual–, que es deu a la naturalesa de la coberta, formada per encavallades de fusta. En aquest cas els suports són verticals, coincideixen amb les resultants de la teulada i el recorregut de les càrregues fins a la fonamentació és directe. En aquesta solució, però, no tot són avantatges i en crítica la seva escassa durabilitat, agreujada pels incendis que poden ensorrar-la fàcilment.

25 Domènec Sugrañes i Gras (Reus, 1878 - Barcelona, 1938). La seva relació amb Gaudí va començar l'any 1896 i va obtenir el títol d'arquitecte el 1907, a pesar que no el va demanar fins al 1912. Sugrañes era un arquitecte molt tècnic i va ser nomenat professor de l'Escola del Treball l'any 1923. Va publicar els llibres *Enseñanza Técnico Práctica de Albañilería* i *Arquitectura y construcción modernas* (3 vols.).

Va ser nomenat arquitecte director de les obres del Temple després de la mort de Gaudí.

26 Rubió i Bellver, Joan. *Dificultats per arribar a la síntesi arquitectònica*. Barcelona. Anuari de l'Associació d'Arquitectes de Catalunya, 1913.

- 2a tipologia: Església romànica coberta amb volta de canó i arcs faixons. St. Sernín de Tolosa. (imatge 9.32)

Per resoldre els problemes de durabilitat de l'anterior substitueixen la coberta de fusta per una de pètria que, al mateix temps, en necessita una superior de fusta. En qualsevol cas, no es pot considerar que han resolt del tot el problema.

L'inconvenient d'aquesta solució és que la coberta pètria augmenta considerablement la massa, a més de donar resultants inclinades. Per suportar-la es veuen obligats a reduir la llum dels suports i augmentar-ne la seva dimensió. Amb aquesta solució, l'espai interior empitjora i es perd la sensació d'amplitud i lleugeresa de la solució interior.

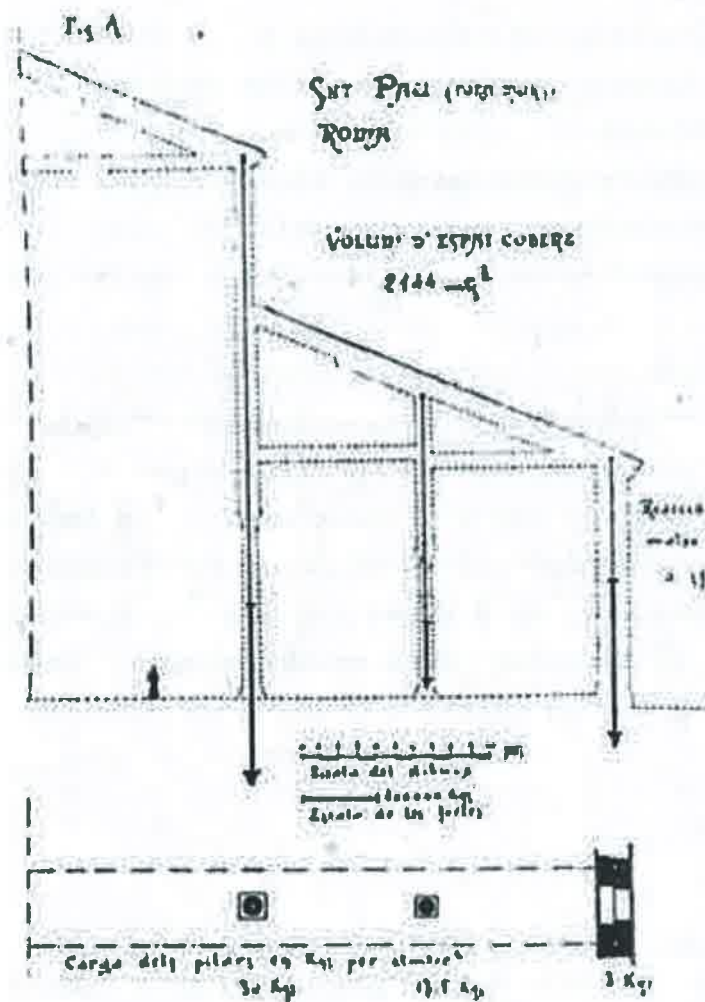


Fig. A

Imatge 9.31.- Imatges publicades en l'article de Sugrañes. Exemple de planta basilical coberta amb encavallades de fusta. (St. Pau extramurs de Roma).

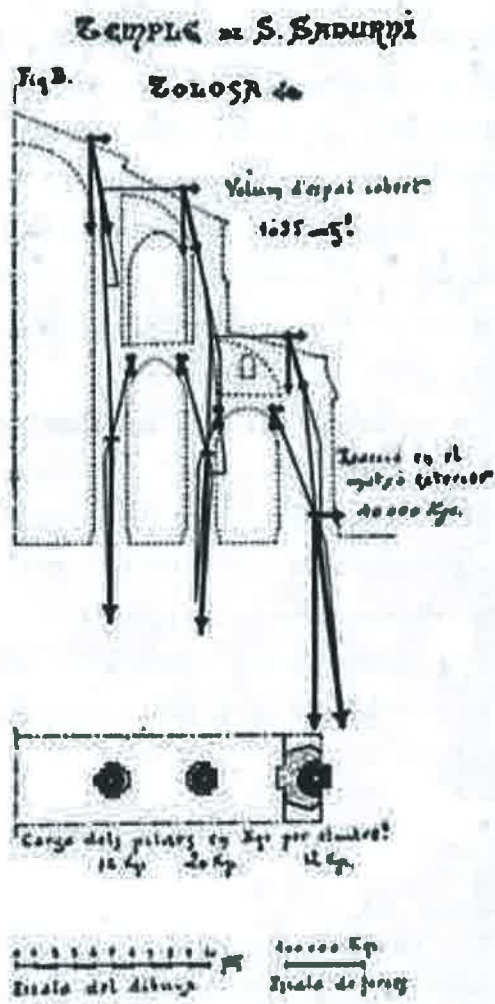


Fig. B

Imatge 9.32.- Imatges publicades en l'article de Sugrañes. Exemple d'església romànica. (St. Sernin de Tolosa).

- 3a tipologia: Construcció gòtica. Catedral de Colònia. (imatge 9.33)

Aquesta tercera tipologia busca guanyar la sensació d'amplitud que s'havia perdut en l'anterior i, per aconseguir-ho concentren les càrregues en punts, cosa que permet alliberar els murs.

Aquesta fórmula genera alguns desavantatges, ja que han de desviar les components inclinades de les voltes a través d'arcs botarells i contraforts, que queden desprotegits a l'exterior.

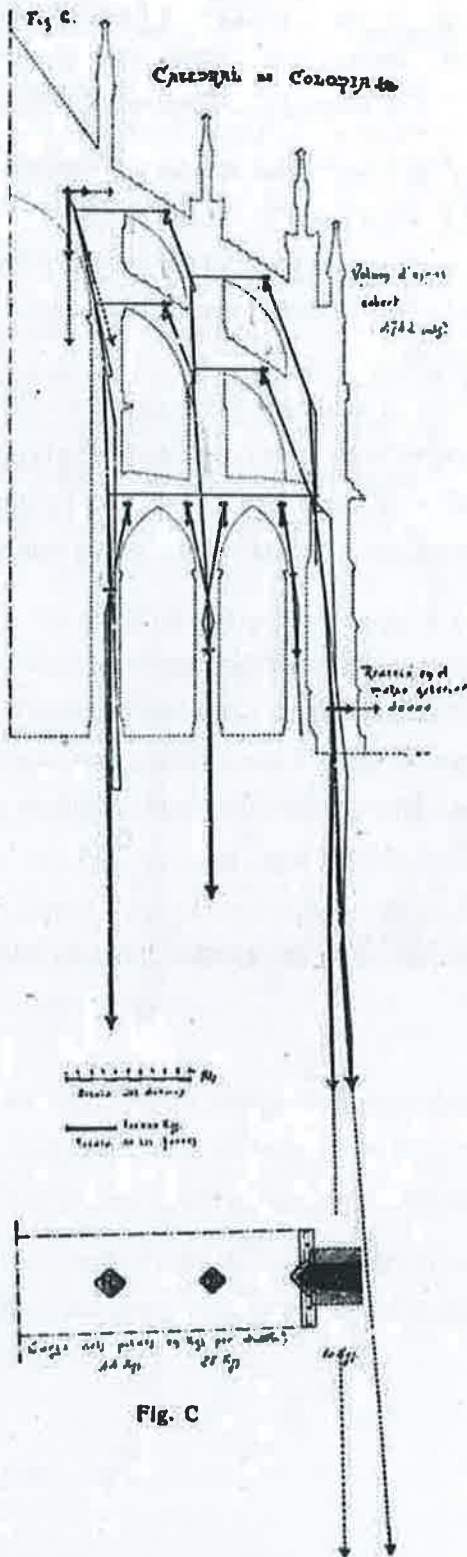


Fig. C

Imatge 9.33.- Imatges publicades en l'article de Sugañes. Exemple de construcció gòtica. (Catedral de Colònia)

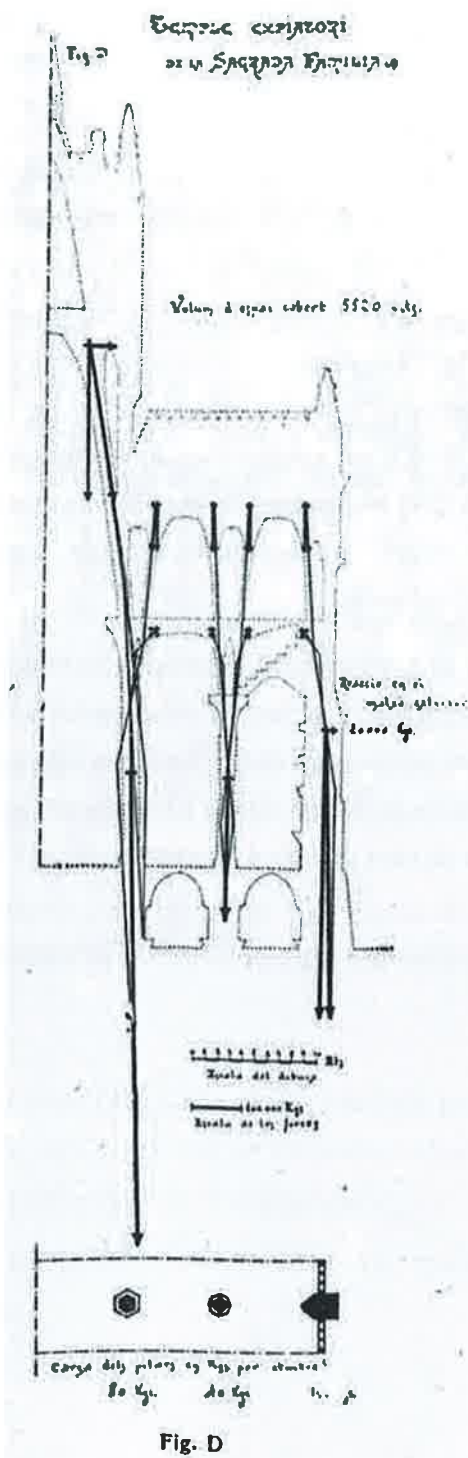


Fig. D

Imatge 9.34.- Imatges publicades en l'article de Sugañes. Cap a una nova tipologia estructural. Segona solució de les naus de la Sagrada Família.

L'objectiu d'analitzar les tres tipologies prèvies, segons Sugrañes, és millorar la tipologia en les naus del nou edifici que han de construir, tal i com es dedueix de les seves paraules:

*“En el Templo de la Sagrada Familia, aprovechando la enseñanzas que se desprenden de todos ellos (tipologías anteriores), se ha procurado salvar los inconvenientes de que adolecen y conservar las ventajas de cada uno sobre los precedentes. Se restituyen al interior los elementos esenciales de la estabilidad a fin que queden debidamente protegidos, se aligeran aquellas masas de construcción que vimos ser necesarias al tipo románico y se vuelve al tipo basilical...”*

L'objectiu fonamental és, doncs, construir una tipologia ideal que reculli les millors enunciades com a resposta als defectes assenyalats en els esquemes precedents.

Per tant, podem inferir que Gaudí busca establir una tipologia nova, que efectui un pas més en l'evolució estructural: el resultat que n'obté és la segona versió de les naus –que posteriorment perfeccionarà– i que Sugrañes explica en el capítol “*Problema resuelto*” del mateix article.

Segons Sugrañes, la nova estructura recupera les virtuts de la basílica, conduint de forma directa les càrregues cap a la fonamentació, i evita els camins tortuosos del gòtic a través d'arbotants i contraforts. Ho fa possible situant columnes inclinades que segueixen la direcció dels esforços, tal i com Gaudí havia fet a l'església de la Colònia Güell. Segons argumenta Sugrañes, aquesta millora comporta, a més, la independència dels suports respecte dels adjacents.

La nova proposta va més enllà d'aprofitar les virtuts de les tipologies anteriors i resol el problema de la coberta, que en les tipologies anteriors no havia quedat del tot solucionada. El nou edifici que s'enuncia disposa d'una doble coberta pètria –que, de fet, ja s'havia assolit en la primera versió– encara que això comporti un augment considerable de la càrrega. El col·laborador de Gaudí afirma que s'ha pogut resoldre aquest problema perquè l'increment de càrrega ja no és inconvenient per a la nova estructura millorada.

Sugrañes publicarà un altre article sobre l'estructura de la Sagrada Família, on ja no parlarà, però, de la mateixa solució.

### 9.4.2. Tercera versió de les naus

L'any 1923 Domènec Sugrañes publica l'article "Disposició estàtica del Temple de la Sagrada Família" a l'anyari de l'Associació d'Arquitectes de Catalunya.

Aquest article és una ampliació de l'anterior però inclou una variant important. En aquest moment Gaudí ja ha definit la darrera versió de les naus i, per tant, la descripció de l'estructura correspon pràcticament a la solució definitiva, tot i que amb unes lleugeres variants que són poc significatives dins del conjunt.

En aquest article segueix el mateix raonament que en l'anterior (1917) i presenta aquesta nova estructura com la superació de les tipologies històriques precedents.

Quan parla de l'estructura de les naus de la Sagrada Família dedica una introducció a la primera versió, resolta totalment l'any 1898 amb un sistema d'arcs catenaris, on justifica els pilars verticals perquè les empentes de les naus central i lateral es compensaven en l'arrencada dels arcs.

En la segona versió –on ja comptava amb els descobriments de Rubió sobre la catedral de Mallorca i les experimentacions de la Colònia Güell– introduïa les columnes inclinades. Ara, en definir la tercera solució, parla clarament dels arbres estructurals, que resolen els conceptes apuntats en la segona: el trasllat de les càrregues directament als fonaments (sense passar per arcbotants i contraforts) i la independència de les columnes respecte les adjacents. Així ho explica Sugrañes en aquest article:

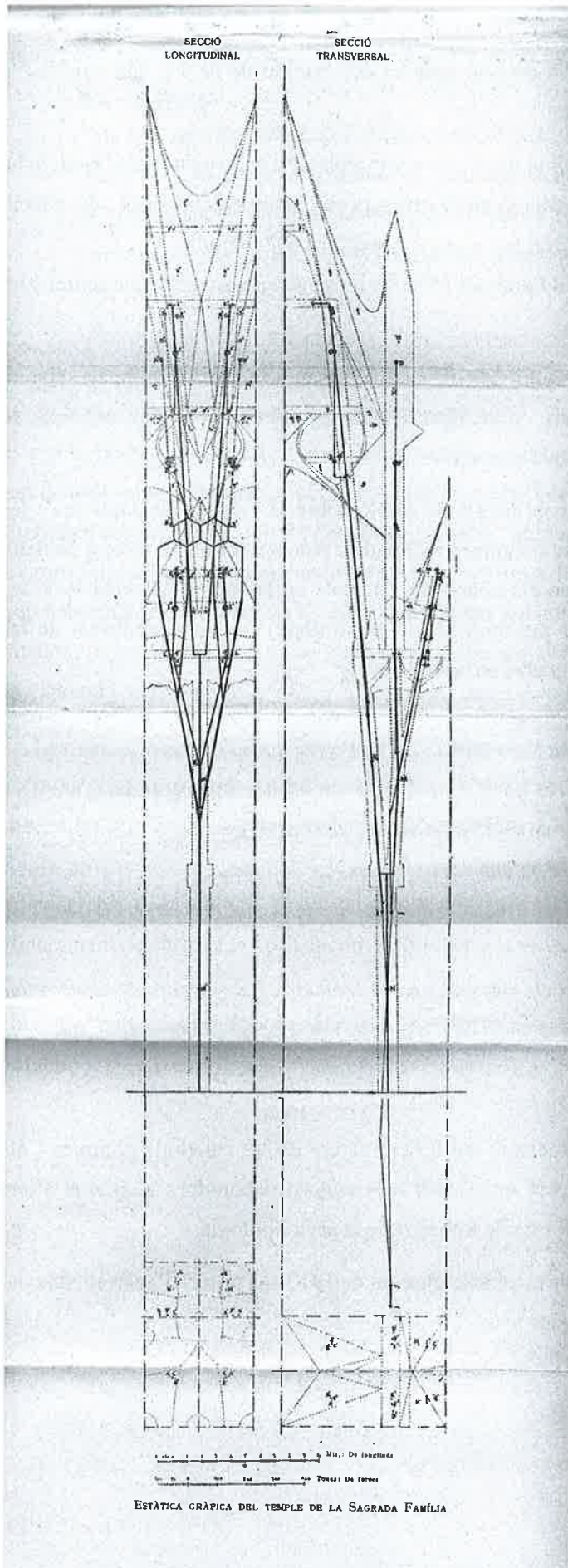
*"En tots els estils arquitectònics la columna s'ha lligat amb l'idea de l'arbre, i s'ha comparat manta vegada, l'interior d'una catedral gòtica, amb els boscos en què els arbres entrellacen llurs brancades, però en realitat aqueixes comparacions, tan sols tenien un cert valor literari, abstracte, puig les columnes i voltes, no tenien essencialment res a veure amb l'arbre, ja que aqueix constitueix una individualitat, que subsisteix independentment dels altres que el circumden sense necessitat d'ajudes ni puntals, tot el contrari del que passa en els pilars i voltes d'una catedral gòtica."*

*Aqueixa individualitat independent que agrupa els elements que la componen i els disposa de manera que s'equilibrin per ells mateixos, és precisament la columna en la disposició estàtica adoptada en el Temple de la Sagrada Família..."*

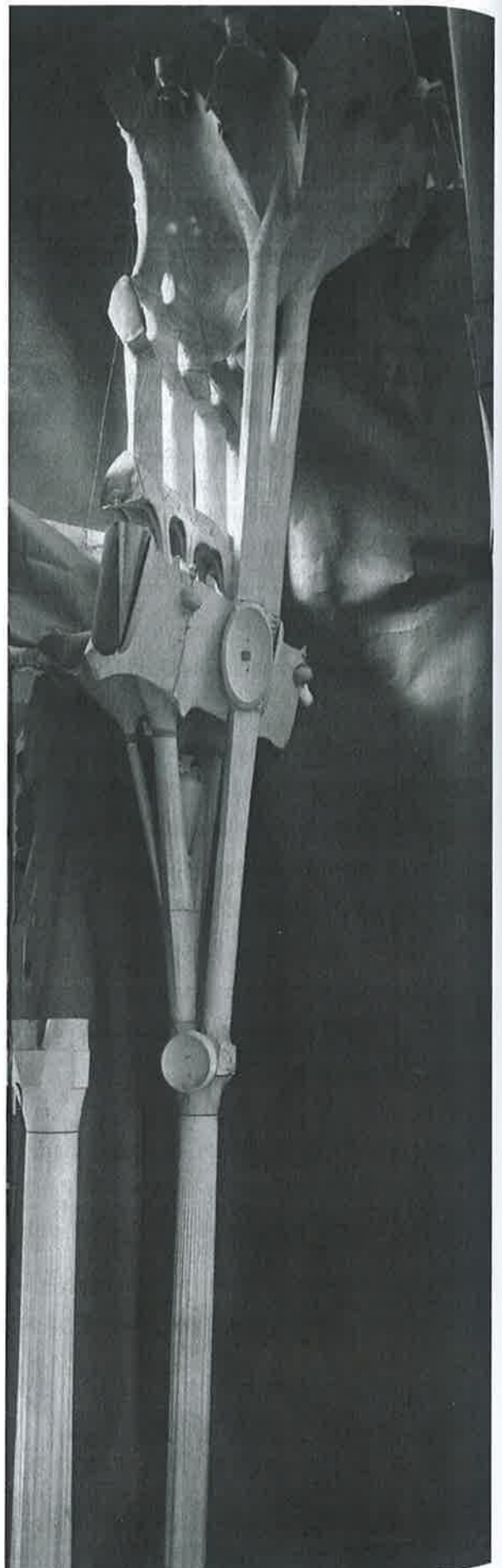
En aquest text trobem, doncs, de forma clara l'associació entre l'estructura de les catedrals gòtiques i els arbres, que ja apareixia en la literatura de l'època, però que Gaudí i els seus col·laboradors adoptaran d'una forma més íntima, vinculant-la directament amb la forma de treballar de la seva tipologia.

El més rellevant de l'article –i que encara no apareixia en el text anterior, de 1917– es troba a l'apartat "*Mostra del sistema projectat*", que és on detalla el càlcul de les naus.





**Imatge 9.35.-** Càlcul de la tercera versió de les naus publicat per Sugañes.



**Imatge 9.36.-** Estat de l'evolució de les naus quan Sugañes presenta l'article. Solució calculada.

Aquesta estructura ja ha abandonat l'idea d'arc, que substitueix per una estructura arborescent que es ramifica fins a sostenir les voltes, suportades directament pel seu centre de gravetat. Per garantir l'èxit del sistema, Sagrañes afirma que el conjunt ha de ser unit i parla per primera vegada de formigó armat per a les voltes:

*“En aquesta disposició, les càrregues es van a sostenir directament per mitjà de columnes que es ramifiquen formant brancatge, a l'objecte d'anar a buscar les masses de construcció en [...] llurs centres de gravetat, per això és precís que aquelles masses de construcció que han de ser sostingudes, formin un conjunt unit [...] han de ser armades.”*

En la seva justificació, Sagrañes no opta pel formigó armat només pensant en l'edifici acabat, sinó que també busca una execució en obra més econòmica al reduir els cindris que es necessitarien en una estructura “tradicional”:

*“Voltes i cobertes especialment, han de ser armades, obtenint així una altra avantatja grandíssima, i és la facilitat i economia en llur construcció, puig queden suprimits els cindris i mulasses que tant la dificulten i tant l'encareixen. En el sistema adoptat, com que les superfícies emprades per a la formació de les voltes i cobertes, són totes elles reglades, hiperboloides i paraboloides hiperbòlics, les generatrius i directrius que han de servir per a la formació de les mateixes, seran a la vegada l'armadura que els donarà unitat i resistència a la flexió...”*

En aquest apartat Sagrañes ensenya el procediment utilitzat pel càlcul de l'estructura i mostra l'arbre central com a exemple (*imatges 9.37 i 9.38*).

El procediment consisteix en dividir les voltes en zones, agrupades al voltant dels caps de les columnes. A partir d'aquí, calcula els pesos que graviten sobre els suports i determina els centres de gravetat, que seran els punts de partida de les branques.

Sagrañes no detalla el càlcul dels centres de gravetat, però sí la part del cubicatge i el procediment de composició de forces fins a la fonamentació.

### 9.5. El càlcul amb estàtica gràfica de la resta del Temple

Fins ara hem explicat el procediment de càlcul gràfic emprat per Gaudí i els seus col·laboradors en les naus, que es conserva documentat a través dels escrits de Sugrañes.

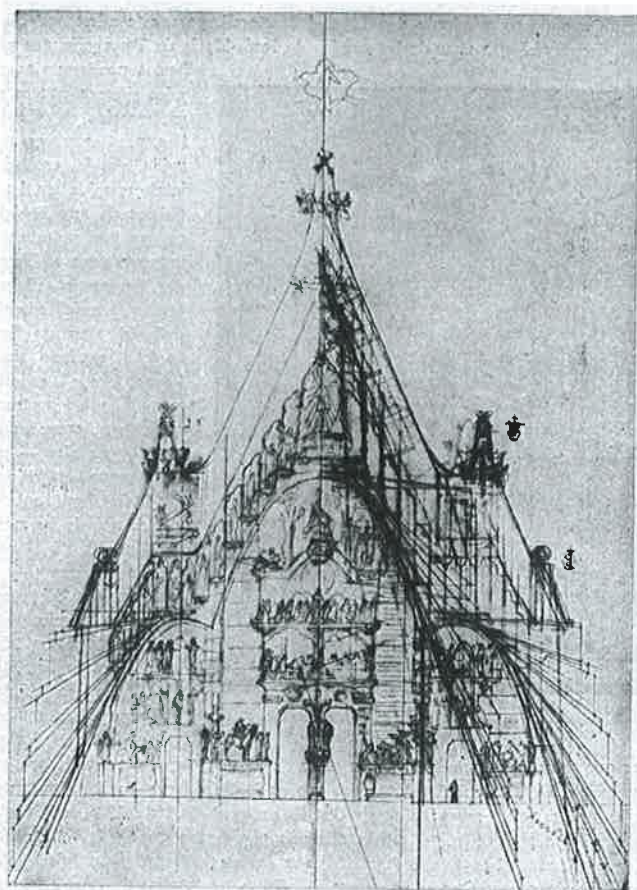
Com hem vist en la primera part de la tesi, on s'ha descrit el conjunt de parts que formen el Temple, aquest és molt més que les naus i, de fet, tenim constància que Gaudí també va utilitzar procediments d'estàtica gràfica per a la resta de l'edifici.

A continuació es mostren la resta de zones de les quals es conserven alguns documents que deixen constància dels càlculs que s'hi van realitzar.

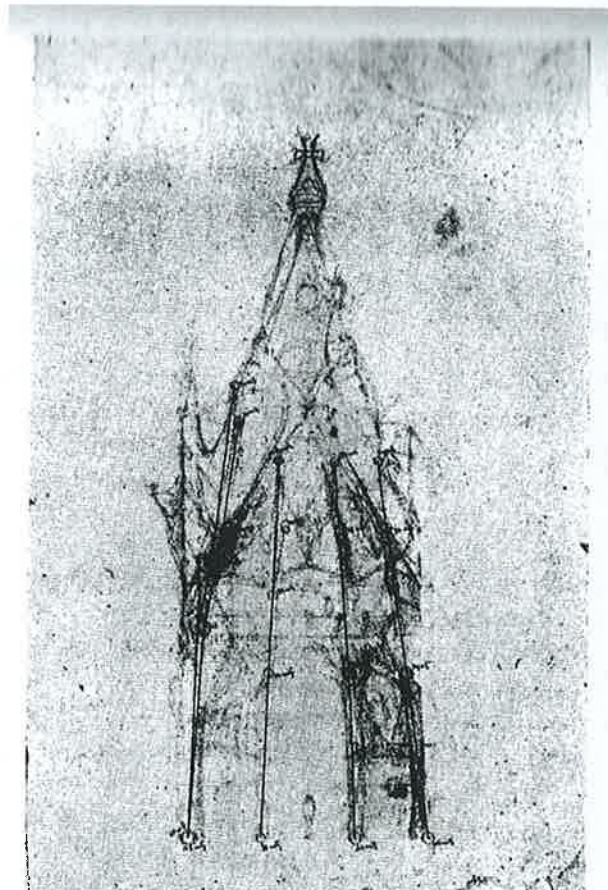
#### Façana de la Passió:

Es conserva un alçat de la primera versió de la façana de la Passió, que es va publicar en el llibre de Ràfols<sup>27</sup> (imatge 9.37).

L'alçat mostra superposat el càlcul dels tres arcs que componien la façana, que segueixen el procediment emprat per Rubió a la catedral de Mallorca.



**Imatge 9.37.-** Alçat de la primera façana de la Passió amb el càlcul gràfic superposat.



**Imatge 9.38.-** Càlcul de la capella de l'Assumpta.

27 Ràfols i Fontanals, Josep Francesc. *Gaudí*. Barcelona. Editorial Canosa. 1928 (en català) i 1929 (en castellà). p. 207

Capella de l'Assumpta:

Es conserva un esquema de càlcul de la capella de l'Assumpta que va ser publicat en el llibre de Puig Boada<sup>28</sup> (imatge 9.38).

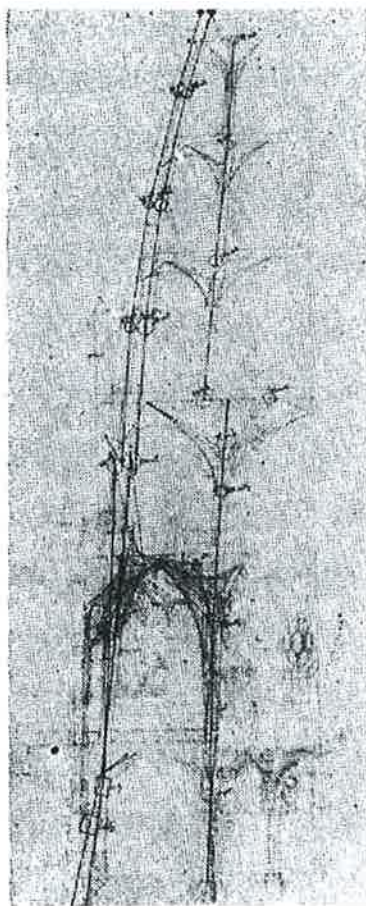
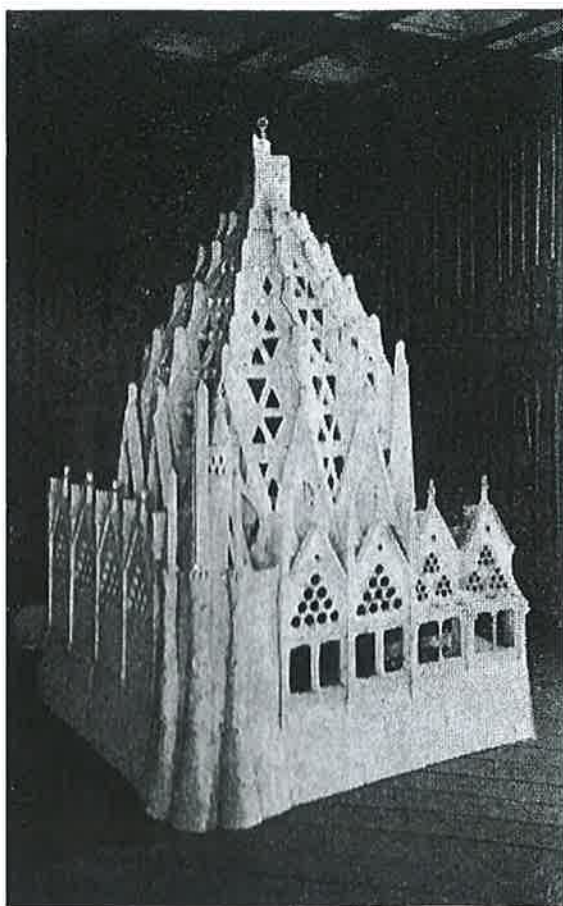
Malgrat que el dibuix es publica a petita escala, es pot intuir un mètode de càlcul diferent de l'utilitzat a la Façana de la Passió.

Sembla que en aquest edifici, que és posterior, es va utilitzar el mateix mètode que a les darreres solucions de les naus, basat en determinar el centre de gravetat dels elements sustentats i buscar una inclinació adequada pel descens de càrregues cap a la fonamentació.

Sagristia:

El llibre de Puig Boada també mostra una secció amb el càlcul de la darrera versió de les sagristies<sup>29</sup>. (imatge 9.39)

El procediment és semblant a l'utilitzat per la capella de l'Assumpta i es poden identificar les línies de pressions de la façana i les de les columnes interiors.



Imatge 9.39.- Maqueta de la darrera versió de la Sagristia i secció amb el càlcul gràfic.

28 Puig i Boada, Isidre. *El Temple de la Sagrada Família*. 1a edició. Barcelona. Ed. Barcino. Col·lecció Sant Jordi. Làmina XXX.

29 Puig i Boada, Isidre. *Op. cit.* Làmina XXIX.

Torres:

No es conserva la reproducció de cap element original de les torres, però Cèsar Martinell va recollir en el seu llibre les explicacions rebudes per Gaudí al respecte<sup>30</sup>. (imatge 9.40)

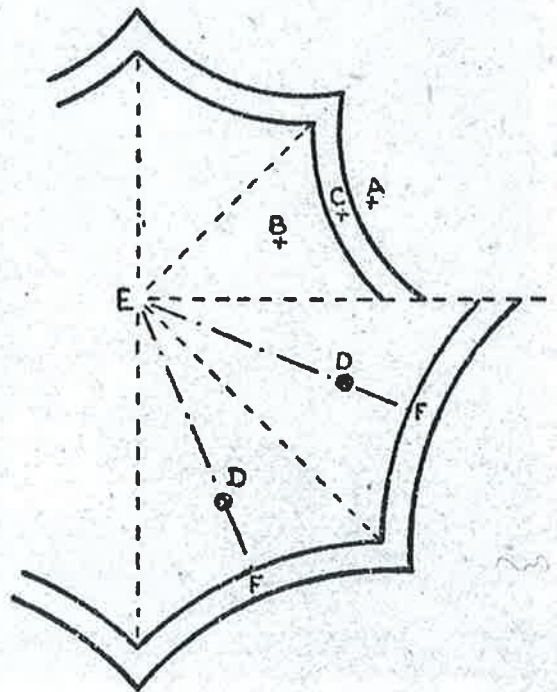
Gaudí explica que les torres estaran formades per uns grans paraboloides hiperbòlics, que tenen el centre de gravetat per l'exterior. L'estabilitat del conjunt es garanteix amb les voltes, que tenen el seu centre en l'interior de la torre, fet que permet quadrar la resultant del conjunt per l'interior de la pell. L'arquitecte també cita la torre de Jesucrist, molt més gran que les anteriors, que comptarà amb unes columnes internes per reduir l'empenta de les voltes.

De les explicacions transcrites per Martinell es desprèn que correspon al mateix mètode de càlcul que utilitza a la capella de l'Assumpta i la darrera versió de les Sagristies.

Martinell data les explicacions de Gaudí el 7 de febrer de 1915 i, per tant, el mètode concordaria amb l'utilitzat en la segona versió de les naus, que és el mateix que el de la darrera.

D'aquesta data podem treure encara una altra conclusió: Gaudí ja havia decidit que les torres serien uns grans paraboloides abans de definir les Sagristies, que no es presenten com a resoltes a *El Propagador* fins l'any 1922.

Aquests dos elements, sagristies i torres, que estan íntimament lligats, són una bon exemple que ens ensenya com Gaudí vincula geometria i estructura. La geometria no es limita només a donar un ordre formal a l'edifici ni a resoldre els petits elements de detall, sinó que juga un paper regulador de base i contribueix de forma decisiva a l'optimització de l'estructura, tal i com mostra de forma inequívoca Martinell mitjançant el dibuix on plasma les explicacions rebudes de Gaudí i que hem adjuntat en aquest text. (imatge 9.40).



**Imatge 9.40.-** Esquema de les torres amb la situació dels centres de gravetat publicat per Martinell.

30 Martinell i Brunet, Cèsar. *Gaudí i la Sagrada Família comentada per ell mateix*. 1a edició. Barcelona. Editorial Aymà, 1951. p. 62.

**10. EL PROCÉS DE CÀLCUL DE LES  
NAUS DE LA SAGRADA FAMÍLIA**



En el capítol anterior hem vist la proliferació dels mètodes gràfics aplicats al càlcul d'estructures en l'època de Gaudí. Amb aquestes eines els arquitectes van poder abandonar les regles empíriques i analitzar el comportament de noves estructures abans de construir-les.

Aquestes eines els van fer replantejar les tipologies precedents i, més enllà d'un canvi tècnic, per alguns arquitectes, com Gaudí, acaben suposant un canvi ideològic de la forma d'entendre les estructures.

Hem vist, a través dels escrits dels seus col·laboradors, com Gaudí adopta inicialment l'ús de les corbes mecàniques –que fins el moment gairebé només es plantejaven en el món de l'enginyeria–, tot i que al cap d'uns anys, quan abandona la seva obra civil, evoluciona el mètode de càlcul cap a d'altres procediments basats en la composició de vectors que traslladen directament les càrregues cap a la fonamentació.

Fins ara només tenim coneixement dels mètodes que utilitzava a través dels textos dels seus col·laboradors i d'alguna imatge original dels càlculs que es va salvar a través de les reproduccions dels llibres.

L'objectiu d'aquest capítol és restituir el càlcul que va realitzar en les tres versions fonamentals de les naus i veure com aquest va influir en el procés de canvi del temple. Com que en els textos de Sugrañes no es descriu tot el procediment ni es justifiquen tots els valors de càlcul adoptats, es recorre a treballs posteriors efectuats per altres col·laboradors i deixebles de Gaudí.

Des d'un punt de vista operatiu, avui en dia seria pràcticament impensable refer el càlcul només a partir de mitjans manuals. Per fer-ho adoptarem el procediment descrit pels col·laboradors de Gaudí, però ens auxiliarem de la informàtica per agilitzar totes les tasques repetitives, amb l'ajuda dels mateixos programes de dibuix que han permès refer la geometria de les naus.



### 10.1. Càlculs posteriors de les naus realitzats per deixebles de Gaudí

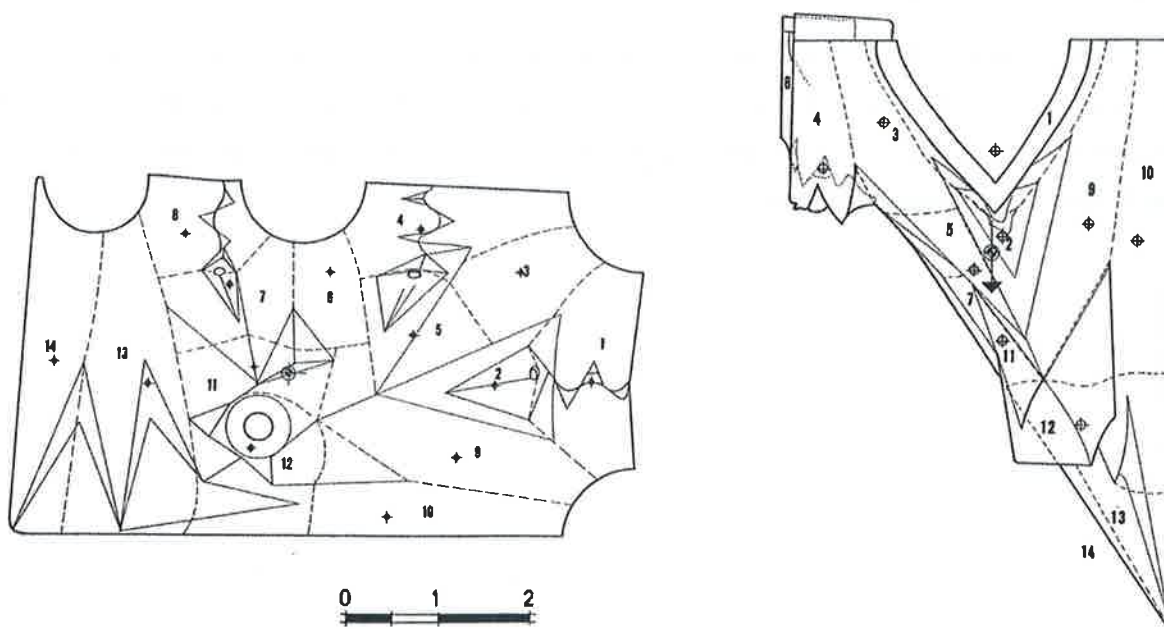
L'any 1965 Joan Bergós, deixeble de Gaudí, va publicar el llibre *Tabicados Huecos. Bases para las dimensiones de las bóvedas y cubiertas del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia*.

Aquest llibre és un recull de la història i el càlcul de les voltes de maó de pla, encaminat cap al disseny de les solucions constructives que permetessin resoldre les voltes i cobertes de la darrera solució de les naus del temple.

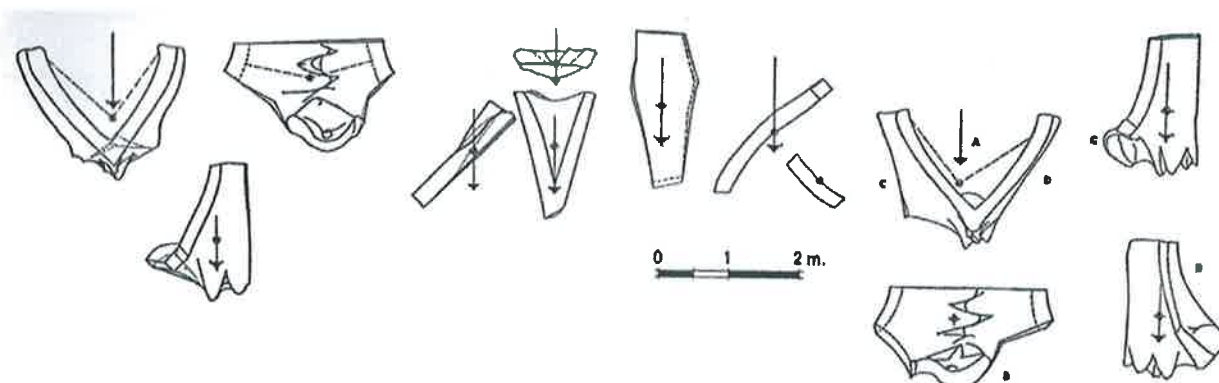
En el llibre es mostren els resultats de multitud d'assajos amb diferents tipus de maons i solucions constructives i es pot considerar que és un banc de proves per a la construcció de la zona superior de les naus.

A la tercera part de la publicació, titulada "*Tabicados huecos para el templo gaudiniano*", explica les solucions adoptades a cada zona de les voltes i cobertes, justificades pels assajos que es mostren al llarg del llibre.

Un dels aspectes més rellevants del llibre, a part del seu contingut teòric, és que mostra d'una manera molt gràfica les divisions d'un dels trams de volta estudiats i el càlcul dels seus volums i centres de gravetat a través de mitjans experimentals (imatges 10.1 a 10.4). Aquest apartat complementa els articles de Sugrañes, que també va haver de realitzar aquests càlculs abans d'afrontar l'estabilitat global, però que no va mostrar-los.



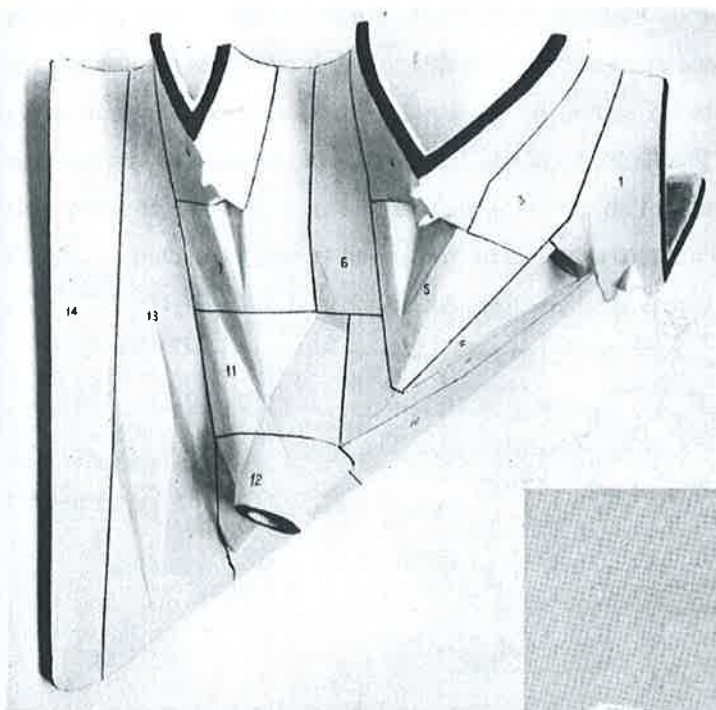
Imatge 10.1.- Espequejament de les voltes de la nau central segons Bergós (1965), en planta i secció.



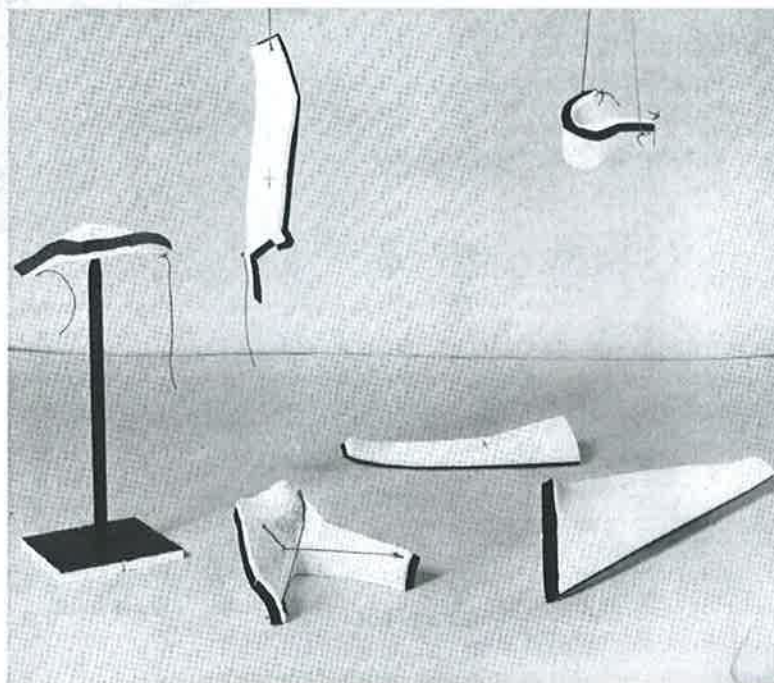
Imatge 10.2.- Dibuix de diversos fragments de les voltes, amb la situació del seu centre de gravetat.

Per trobar els valors de longitud de les lluernes dels hiperboloides, Bergós va recórrer al mètode de Guldin<sup>1</sup>. La superfície i el volum de les voltes les va obtenir a través d'un procediment experimental, mitjançant la construcció d'una maqueta de guix a escala reduïda, amb un gruix proporcional<sup>1</sup>al que s'havien de construir les voltes reals (*imatge 10.3*). La maqueta es va especejar en parts més petites que es van pesar en una balança de precisió, fet que permetia obtenir el volum de forma senzilla. Els centres de gravetat de cada element també es van trobar per mitjans experimentals, suspent les voltes per dos o més punts (*imatge 10.4*).

El mètode que mostra Bergós és molt interessant i ens permet entendre el procediment laboriós de càlcul que havien de realitzar abans d'emprendre el càlcul vectorial de composició de forces. Amb l'aparició de la informàtica aquest mètode ha quedat desfasat i, per tant, no el farem servir pel càlcul de les naus.



**Imatge 10.3.-** Model de guix de les voltes de la nau central amb indicació de l'especejament.



**Imatge 10.4.-** Model especejat amb els cordills de suspensió per determinar el centre de gravetat de cada peça.

<sup>1</sup> Bergós es refereix al teorema de Pappus-Guldin, que relaciona superfícies i volums de sòlids de revolució. Aquest teorema el van formular Pappus d'Alexandria, que va ser un important matemàtic grec entre els segles III - IV, i el matemàtic i astrònom suís Paul Guldin (1577 - 1643).

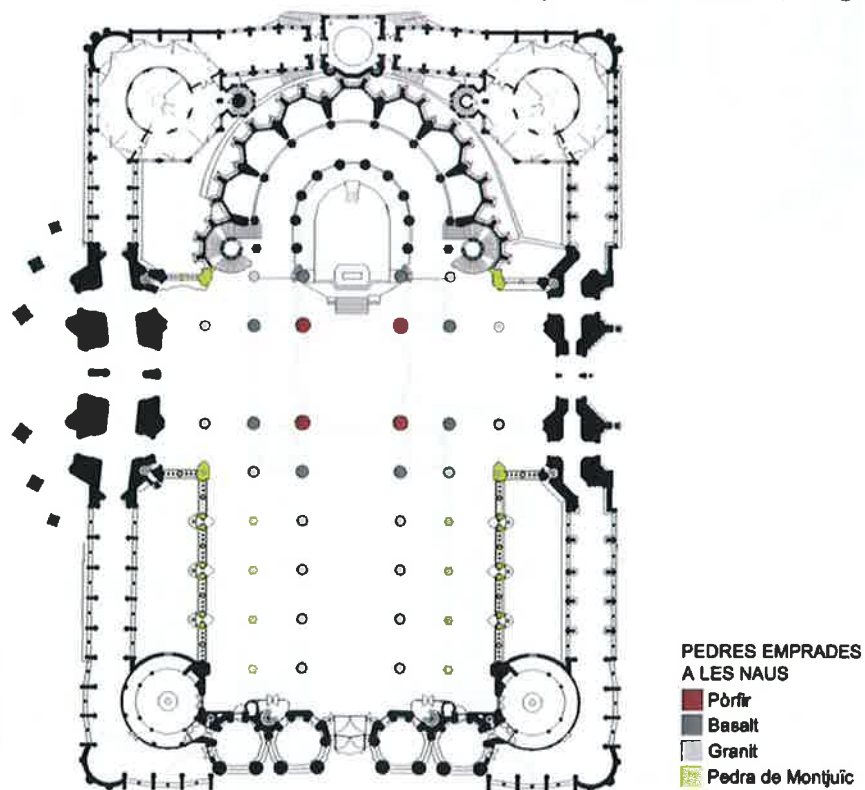
## 10.2. Obtenció dels materials i dels valors de càlcul utilitzats

Al llarg dels apartats anteriors s'han explicat els càlculs realitzats per Gaudí i els seus col·laboradors. Els mètodes que empraven –funiculars i maquetes– no es limitaven només a la verificació d'una estructura preconcebuda, sinó que eren una eina que intervenia en el disseny. El màxim exponent d'aquesta manera de treballar el trobem a la maqueta de l'església de la Colònia Güell, on disseny i càlcul anaven de la mà.

L'elecció dels diversos materials constructius era l'element que completava el càlcul i, en el cas d'aquestes obres –a diferència de Mallorca, que era la verificació d'un edifici existent–, intervenien des del principi. Per tant, a partir d'una hipòtesi de partida, en la qual els materials aportaven una densitat i una resistència, s'havia de fer un procés iteratiu que convergís cap a la solució desitjada.

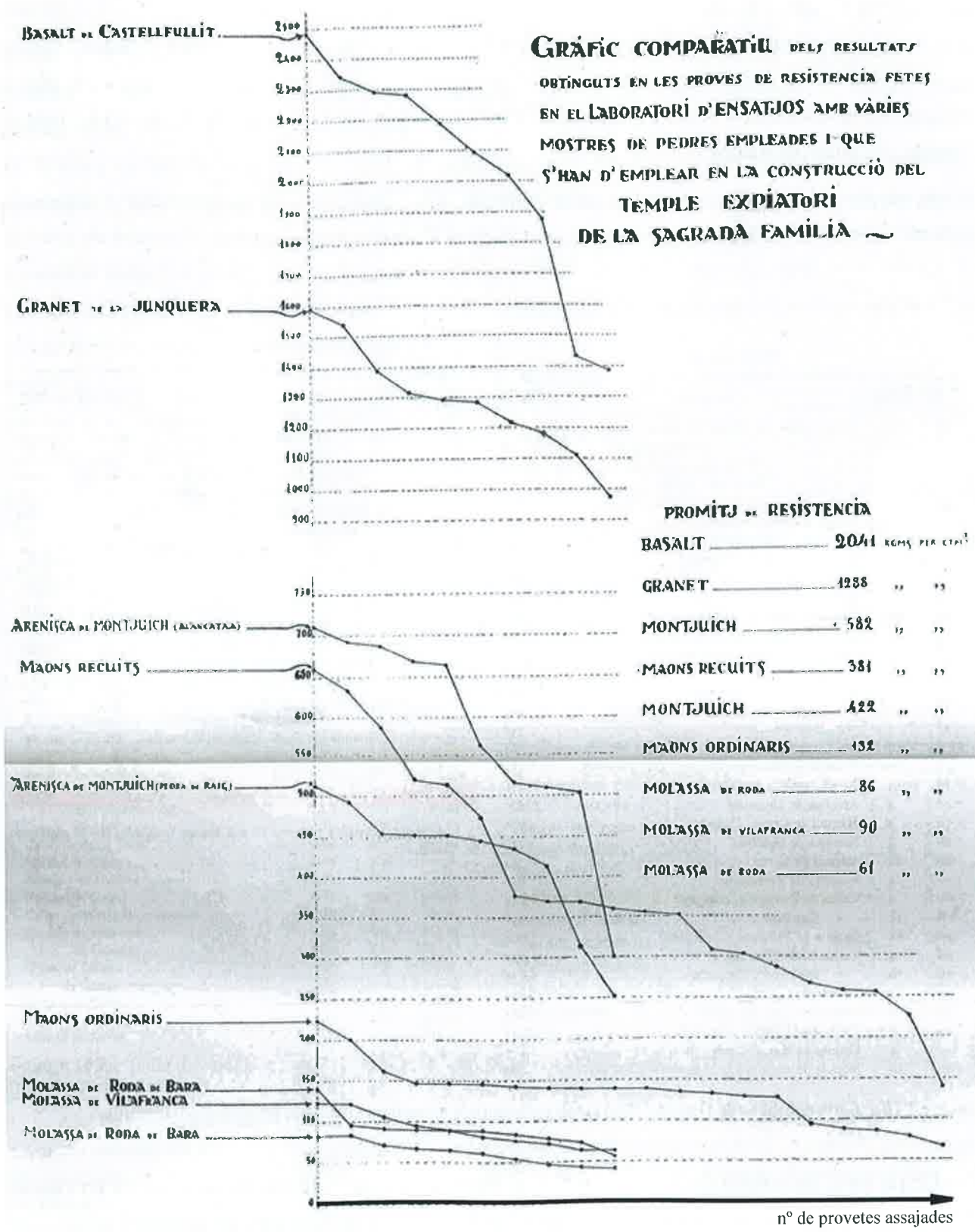
Gaudí, com tots els tècnics, triava els materials estructurals en funció de la seva resistència, però, alhora, en treia un profit estètic. L'exemple més significatiu el trobem a les columnes del Temple de la Sagrada Família, que estan formades per diferents tipus de pedra en funció de la càrrega a suportar (*imatge 10.5*).

Quan Gaudí s'allunya de les tipologies estructurals existents i en planteja unes de noves per al Temple –d'unes dimensions i esveltesa considerables–, necessita verificar la resistència dels materials perquè no es té experiència del seu comportament en edificis similars. Gaudí va fer assajar les pedres i els maons emprats per la Sagrada Família en el laboratori de materials de l'Escola Industrial de Barcelona, i els resultats es van publicar a l'anuari de l'Associació d'Arquitectes de Catalunya l'any 1916. A la taula resum publicada s'enumeren els materials assajats i, fins i tot, es poden comptar el número de provetes que es van trencar de cada un d'ells. El gràfic es completa amb una llista que ens mostra la resistència mitjana dels materials<sup>2</sup> (*imatge 10.6*).



**Imatge 10.5.-** Planta del Temple amb indicació del tipus de pedra de cada columna.

2 Avui en dia no fem servir la resistència mitjana per determinar el valor de càlcul, que estadísticament només ens garanteix que el 50% dels materials assajats compleixen amb el valor fixat. Actualment s'utilitza el concepte de resistència característica, que té en compte la dispersió.



Imatge 10.6.- Taula amb la resistència dels materials assajats per la Sagrada Família publicada en l'Anuari de l'Associació d'Arquitectes de Catalunya de l'any 1916.

Les dades que apareixen a l'anuari no són suficients per completar el càlcul de les naus. Per completar-les recorrem al llibre que Joan Bergós, deixeble de Gaudí, va publicar l'any 1953: *Materiales y elementos de construcción. Estudio experimental*.

A la introducció, Bergós explica la metodologia per trobar la resistència a través de les provetes i explica el concepte actual de resistència característica malgrat que a la resta del llibre acaba utilitzant la resistència mitjana<sup>3</sup>. El fet d'utilitzar el mateix tipus de resistència suposa una correlació directa entre els materials de l'anuari i les taules de Bergós.

A continuació s'assenyalen en groc els materials que coincideixen amb l'anuari. Bergós va fer un aclariment en les taules i especifica els resultats facilitats per Gaudí amb una (G) (*imatge 10.7*).

PEDRAS NATURALES				25	MATERIALES Y ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN			
Longitud arista	Número pruebas	Clase piedra	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Longitud arista	Número pruebas	Clase piedra	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	
10	10	Toba caliza de Roda de Bará, piedra Píera (Tarragona) (G)	86	4-10	12	Granito de Alforja (Tarragona)	1.211	
10	4	» » de Calafell, dura (Tarragona)	98	10	4	» de Caldas de Montbuy	1.237	
10	4	» » de Lérida, blanda	107	10	4	» de Cabrera	1.260	
10	4	Piedra de yeso de Alcampel (Huesca)	174	10	4	Basalto de Colmenar (Madrid)	1.287	
10	4	Caliza de Lérida, escogida	238	4,3	10	Granito de La Junquera (Gerona) (G)	1.288	
10	11	» » Floresta (Lérida)	270	10	4	Pórfido de Argentona	1.293	
7,9	9	» » Amorquí (Alicante)	272	10	4	Arenisca de San Quirico	1.337	
7,8	8	» » Novelda (Alicante)	323	7	4	Granito de Riudecañas (Tarragona)	1.386	
15		Arenisca de Folgaroles, azul (G)	341,5	10	4	Pórfido de Cabrera	1.400	
10	10	Caliza de Vinaixa (Lérida)	396	10	4	» de Cabriels	1.410	
6	11	Arenisca de Montjuic, de raig (G)	421	—	4	Caliza de Palma de Mallorca	1.435	
10	4	» Almorquí (Alicante)	430	—	4	» de Son Calone (Mallorca)	1.456	
10	4	Caliza de Manresa	440	—	4	» de Son Riera (Mallorca)	1.461	
15	4	Arenisca de Folgaroles, còdol	504	10	4	Basalto de Las Planas (Gerona)	1.519	
10	4	» de Alicante, bateig blava	547	15	8	Granito La Llobatera (Gerona)	1.617	
17	5	Margas de Torelló	558	10	4	Pórfido de Gerona	1.680	
7	10	» de Gracia	565	10	4	» de Riudecols (Tarragona)	1.994	
6	10	Arenisca de Montjuic, blancaixa (G)	582	—	4	Granito de Santa María de Martorelles	2.020	
10	4	Caliza Santa Tecla (Tarragona)	676	10	4	Basalto de Castellfullit (Gerona) (G)	2.041	
10	4	Arenisca de Monistrol	680	—	4	Granito de Teyá	2.076	
10	9	Mármol de Carrara (Italia)	720	10	4	Pórfido de Borjas del Campo (Tarragona)	2.315	
10	4	Arenisca de Manlleu	730					
10	11	Mármol de Garraf	794					
—	4	Arenisca de Tavernoles	840					
10	4	Caliza de Tarragona, compacta	855					
—	11	» Can Bató	991					
4-8	11	Granito de Vilaplana (Tarragona)	1.005					
10	4	Caliza Llísos (Tarragona)	1.010					
10	10	» de Gerona, compacta	1.036					
10	2	Granito de Caldas	1.050					
10	9	Mármol de Llers (Gerona)	1.084					
10	4	Caliza de Almandoz (Navarra)	1.135					
—	4	Granito de Marsá (Tarragona)	1.167					
10	10	Mármol de Aviñonet de Puigventós (Gerona)	1.200					

Los datos señalados con una G nos fueron facilitados por el arquitecto Sr. Gaudí.

Imatge 10.7.- Taula del llibre de Bergós (1953) amb indicació de les pedres emprades en la Sagrada Família.

En aquesta taula, en vermell s'indica el pòrfir –la pedra més resistent– que encara no apareixia en l'anuari de 1916. Gaudí el va incorporar en la darrera versió de les naus per unificar totes les columnes interiors del Temple en pedra.

3 En l'actualitat ens sorprèn l'ús de la resistència mitjana en lloc de la característica, que té en compte la dispersió. Per a valors que presentin molta dispersió, tal i com succeïa a la majoria dels materials publicats en l'anuari de 1916, el resultat varia notablement, sent molt més restrictiva la resistència característica.

Quan Gaudí va realitzar les dues primeres versions de les naus encara no havia trobat una pedra tan resistent i els quatre suports del creuer, que són els més carregats, eren columnes circulars de fosa pintades de color daurat<sup>4</sup>.

En unes altres taules Bergós amplia els resultats i afegeix el concepte de resistència corregida, que té en compte la influència de les proporcions de la proveta en l'assaig de ruptura. La taula es reproduïx en aquesta pàgina (*imatge 10.8*).

Els valors que s'han mostrat a les taules anteriors encara no són els de càlcul. Gaudí i Bergós empraven el càlcul determinista, que només aplicava un coeficient de seguretat sobre el material, minorant la seva resistència. El valor de minoració també el trobem en el llibre de Bergós i correspon a una dècima part del valor de la resistència mitjana a ruptura, que coincideix amb el que utilitzava Gaudí<sup>5</sup>. Per tant, podem considerar que tot i que utilitzaven el valor de la resistència mitjana –i no pas la característica–, aplicaven un coeficient de seguretat sobre el material molt conservador.

PIEDRAS NATURALES

Clase piedra	Coefficiente	Resistencia experimental	Resistencia corregida
Caliza de Calafell, blanda . . . . .	0,89	45	40,05
» » Vilaseca . . . . .	0,89	59	52,51
» » Roda de Barà (pedra Marcell) . . . . .	0,89	61	54,29
» » Vilafranca . . . . .	0,89	80	71,2
» » Roda de Barà (pedra Piera) . . . . .	0,89	86	76,54
» » Calafell, dura . . . . .	0,89	98	87,22
» » Lèrida, blanca . . . . .	0,89	107	95,23
Piedra de yeso de Alcampel . . . . .	0,89	174	154,86
Caliza de Lèrida, escogida . . . . .	0,89	238	211,82
» » Almorquí . . . . .	0,84	272	228,48
» » Floresta . . . . .	0,89	270	240,3
» » Novelda . . . . .	0,84	323	271,32
Arenisca de Montjuic, <i>de raig</i> . . . . .	0,81	421	341,01
» de Folgaroles, azul . . . . .	1,01	341,5	344,915
Caliza de Vinaixa . . . . .	0,89	396	346,01
Arenisca de Almorquí . . . . .	0,89	430	382,7
Caliza de Manresa . . . . .	0,89	440	391,6
Margas de Gracia . . . . .	0,82	565	463,3
» de Torelló . . . . .	0,8	558	466,4
Arenisca de Montjuic, <i>blancaixa</i> . . . . .	0,81	582	471,42
» de Alicante . . . . .	0,89	547	486,83
» de Folgaroles, <i>cdol</i> . . . . .	1,01	504	509,04
» de Monistrol . . . . .	0,8	680	544
Caliza de Santa Tecla . . . . .	0,89	676	601,64
Màrmol de Carrara . . . . .	0,89	720	640,8
Arenisca de Manlleu . . . . .	0,89	730	649,7
Màrmol de Garraf . . . . .	0,89	794	706,66
Caliza de Tarragona, compacta . . . . .	0,89	855	760,95
Granito de Vilaplana . . . . .	0,81	1.005	814,05
» de Cabrera . . . . .	0,89	950	845,5
Caliza de Lisós . . . . .	0,89	1.010	898,9
» de Gerona, compacta . . . . .	0,89	1.036	922,04
Granito de Caldas . . . . .	0,89	1.050	934,5
Màrmol de Llers . . . . .	0,89	1.084	964,75
Granito de Alforja . . . . .	0,82	1.211	993,02

MATERIALES Y ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN

Clase piedra	Coefficiente	Resistencia experimental	Resistencia corregida
Caliza de Almazoz . . . . .	0,89	1.135	1.010,15
Granito de La Junquera . . . . .	0,81	1.288	1.043,28
Màrmol de Aviñonet de Puigventós . . . . .	0,89	1.200	1.068
Granito de Caldas de Montbuy . . . . .	0,89	1.237	1.100,93
» de Cabrera . . . . .	0,89	1.260	1.121,4
» de Riudecañas . . . . .	0,81	1.396	1.130,76
Basalto de Colmenar . . . . .	0,89	1.287	1.145,43
Pòrfido de Argentona . . . . .	0,89	1.293	1.150,77
Arenisca de San Quirico . . . . .	0,89	1.337	1.189,93
Pòrfido de Cabrera . . . . .	0,89	1.400	1.246
Porfirita de Cabriels . . . . .	0,89	1.410	1.254,9
Basalto de Las Planas . . . . .	0,89	1.519	1.358,9
Granito La Llobatera . . . . .	0,89	1.617	1.439,13
Pòrfido de Gerona . . . . .	0,89	1.680	1.495,2
Basalto de Castellfullit . . . . .	0,8	2.041	1.632,8
Pòrfido de Riudecols . . . . .	0,89	1.994	1.774,66
» de Borjas del Campo . . . . .	0,8	2.315	1.852

Material	Tracelón	Compresión	Flexión	Cortadura y torsión
Acero laminado . . . . .	4	4	4	4
Hierro laminado . . . . .	4	4	4	5
Hierro fundido . . . . .	5	7	6	6
Maderas al hilo . . . . .	7	6	7	6
Piedras naturales . . . . .	—	10	—	—
Piedras artificiales . . . . .	—	10	—	—
Hormigón en masa . . . . .	—	9	—	—
Hormigón armado . . . . .	—	3	—	—
Hormigón pretensado . . . . .	—	2,5	—	—
Fibrocemento . . . . .	—	—	10	—
Vidrio . . . . .	—	—	6	—

**Imatge 10.8.-** Taula del llibre de Bergós (1953) amb la resistència corregida i taula amb el coeficient de minoració de la resistència dels materials.

4 Així ho va explicar Gaudí a Cèsar Martinell el 7 de febrer i el 21 de març de 1915, quan encara no havia trobat una pedra resistent com el pòrfir: *“Les quatre columnes sustentants del cimbori seran de ferro, a causa del gran pes que hauran de sostenir. Si fossin de pedra ocuparien massa espai, precisament al centre del temple. Aquests quatre peus drets de ferro aniran sense revestir d’altre material i probablement pintats d’or.”*

Martinell i Brunet, Cèsar. *Gaudí i la Sagrada Família comentada per ell mateix*. 1a edició. Barcelona, Editorial Aymà, 1951, p. 59.

5 Coneixem el coeficient de minoració del material que utilitzava Gaudí, que Martinell va transcriure en una conversa amb l'arquitecte: *“Explica amb profusió de dades i coeficients el resultat dels experiments realitzats per ell al laboratori de la Universitat Industrial. Diu que, tots els materials, els fa treballar a una desena part del coeficient de fractura.”*

Martinell i Brunet, Cèsar. *Op. cit.*, p. 59.

El darrer paràmetre que necessitem conèixer per reproduir els càlculs és la densitat. El podem extreure directament de l'article de Sugrañes "Disposició estàtica del Temple de la Sagrada Família", de l'any 1923.

El text cita explícitament la situació i densitat dels següents materials:

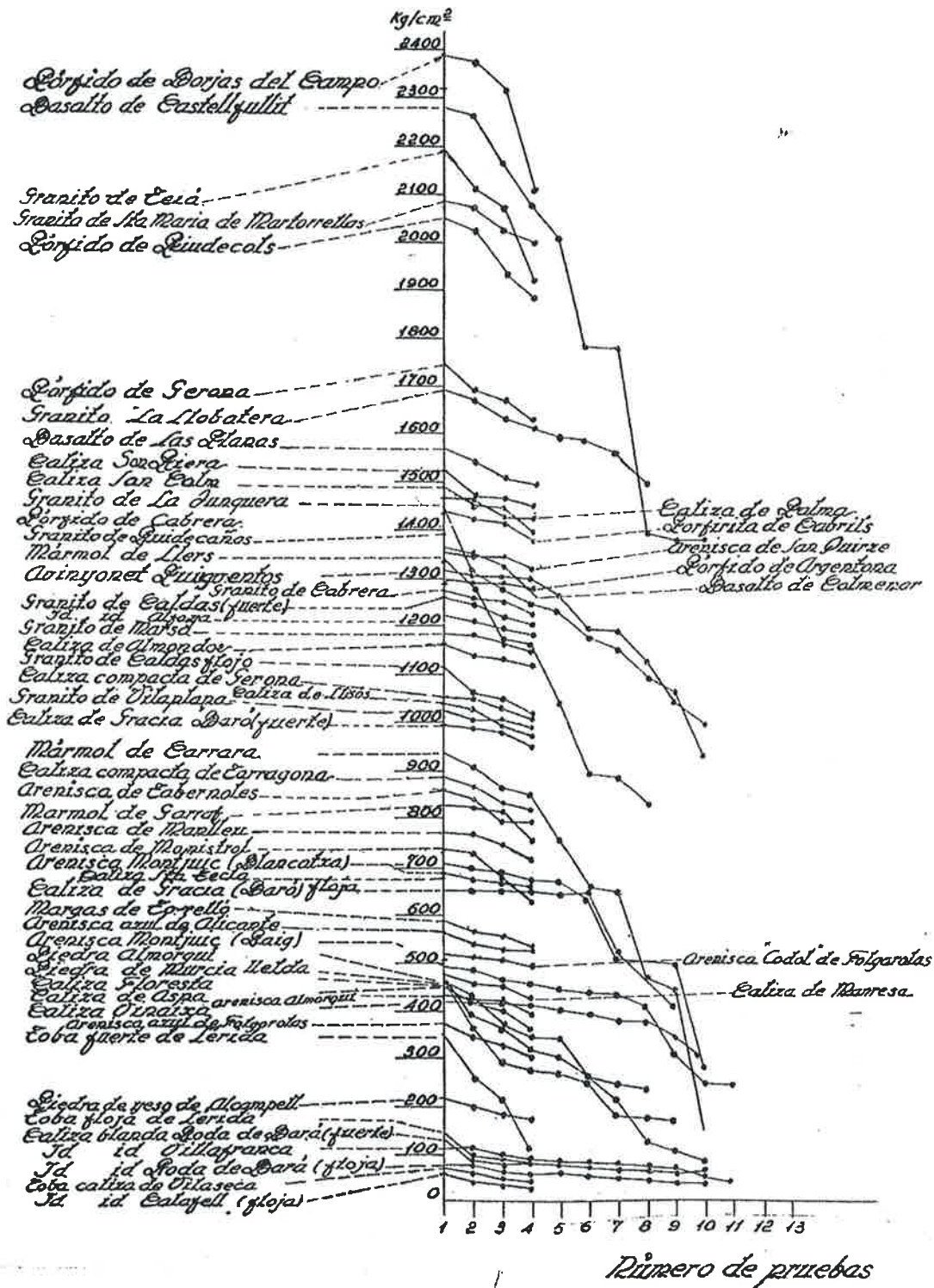
Columnes de la nau central:	2700 kg/m <sup>3</sup>	granit
Columnes de la nau lateral:	2400 kg/m <sup>3</sup>	pedra de Montjuïc
Pilars de sosteniment de la coberta	1800 kg/m <sup>3</sup>	maó

En la resta d'elements estructurals només cita la densitat, però a partir d'aquesta dada i amb l'ajut de la bibliografia podem deduir la resta de materials:

Frontó i finestrals	2400 kg/m <sup>3</sup>	pedra de Montjuïc
Voltes de la nau central	2000 kg/m <sup>3</sup>	ceràmica i formigó (Sugrañes, 1923)
Sostres interiors (de la coberta)	2100 kg/m <sup>3</sup>	ceràmica i formigó (Sugrañes, 1923)
Paraboloides de coberta	2000 kg/m <sup>3</sup>	pedra i ceràmica (Puig Boada, 1929)

A continuació es mostra la taula resum dels materials que utilitzarem per refer el càlcul de les naus:

Tipus de pedra	Procedència	Nº de provetes	Resistència mitja (Rm) kg/cm <sup>2</sup>	coef. corrector
Pòrfir	Les Borges del Camp (Tarragona)	4	2315	0,8
Basalt	Castelfollit de la Roca (Girona)	10 (anuari) 4 (Bergós)	2041	0,8
Granit	La Jonquera (Girona)	10	1288	0,8
Montjuïc (Blancatge)	Barcelona	10	582	0,8
Montjuïc (de Raig)	Barcelona	11	422	0,8



Imatge 10.9.- Taula amb la resistència de materials publicada al llibre de Bergós (1953).

Resistència corregida (R'm) kg/cm2	coef. minoració	Resistència de càlcul kg/cm2	Densitat kg/m3	Localització al Temple
1852,00	10	185,20	2660	Columnes del Creuer (12)
1632,80		163,28	2700	Columnes del Creuer (10)
1043,28		104,33	2700	Columnes de la nau Central (8)
471,42		47,14	2400	Columnes de la nau lateral (6)
341,82		34,18	2400	Finestrals i frontons





### 10.3. Aplicacions informàtiques basades en els mètodes originals

En aquest apartat s'explica el procediment de càlcul que es farà servir per verificar l'estructura de les naus de les diverses versions que Gaudí va realitzar. Els mètodes es basen en els procediments originals, però adaptats a les noves eines informàtiques que eviten la realització de feines repetitives i augmenten considerablement la potència de càlcul.

Les aplicacions informàtiques s'han elaborat amb el programa de modelat en 3D Rhinoceros i el seu "plug-in" paramètric Grasshopper, que s'han descrit en l'apartat 6.4, on s'ha tractat el procés de modelat en 3D de la segona versió de les naus.

Per al càlcul de les naus s'han elaborat tres tipus d'aplicacions:

#### - Divisió del conjunt i càlcul dels centres de gravetat.

Aquestes aplicacions serveixen per determinar el punt d'aplicació i la magnitud de les càrregues que posteriorment s'utilitzaran per calcular el traçat de la corba de pressions. D'aquest tipus s'han realitzat dues funcions:

- *centroides\_gp\_01.ghx*
- *centroides\_vector\_01.ghx*

#### - Càlcul d'arcs.

Aquestes aplicacions calculen el traçat de la corba de pressions en els arcs i serviran per verificar l'estabilitat de la primera versió de les naus. D'aquest tipus s'han realitzat funcions per arcs simètrics i asimètrics:

- *arc\_simetric\_8v\_02.ghx*
- *arc\_no\_simetric\_01.ghx*

#### - Composició de vectors segons el mètode de Sugrañes:

Aquesta funció reproduïx el mètode de càlcul que Sugrañes mostra en la conferència publicada en l'Anuari de l'Associació d'Arquitectes de l'any 1923, i servirà per verificar l'estabilitat de les dues darreres versions de les naus. La funció que s'ha preparat rep el nom de:

- *comp\_vectors\_01.ghx*

Un cop que s'han enunciat les funcions que s'han elaborat i que serviran per al posterior càlcul de les naus, passem a descriure-les amb deteniment:

### 10.3.1. Divisió del conjunt i càlcul dels centres de gravetat

Un cop que s'ha modelat el conjunt de les naus, el primer pas del càlcul consisteix a assignar els materials a cada zona de les naus i dividir-les en fragments al voltant de cada branca estructural. Posteriorment es procedirà al càlcul del centre de gravetat de cada porció i determinar el seu pes.

Conceptualment, aquestes operacions segueixen el mètode realitzat per Bergós<sup>6</sup>, però amb la potència dels programes informàtics actuals no és necessari subdividir-les en porcions elementals per determinar el centroid del conjunt que gravita sobre la ramificació de la columna. El càlcul dels centres de gravetat i del volum s'ha realitzat directament amb les ordres *Volume* i *Volume centroid* del programa Rhinoceros, que només necessiten un volum tancat.

El següent pas consisteix a calcular el pes de cada volum, operació que és immediata a través de la seva densitat.

Un cop s'han trobat els pesos dels diferents volums que graviten sobre la columna s'han de composar per trobar la resultant. Rhinoceros admet la possibilitat de calcular els paràmetres d'un conjunt de volums –encara que no siguin adjacents– però en el nostre cas no ens és útil si, com és habitual, aquests volums tenen densitats diferents.

Per tant, per trobar el centroid i el pes d'un conjunt de volums amb diferents materials, primer hem de calcular els vectors de cada un d'ells per separat i, després, composar-los. Per simplificar aquest treball s'ha elaborat una aplicació amb Grasshopper que efectua directament aquesta operació.

#### *centroides\_gp\_01.ghx*

Aquesta aplicació calcula directament la resultant de volums amb diferents materials sense necessitat de calcular prèviament el centroid i els pesos de cada volum per separat (*imatges 10.10 i 10.12*).

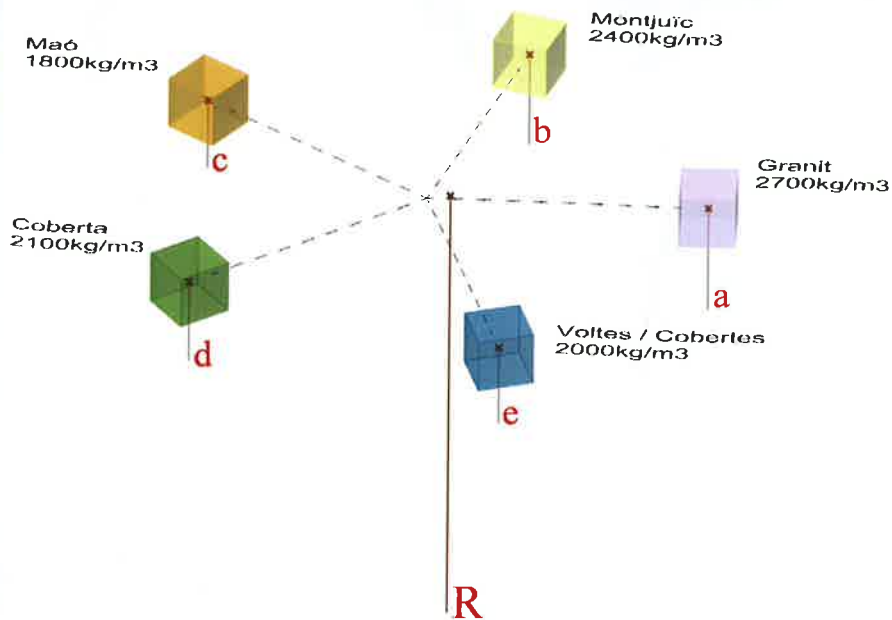
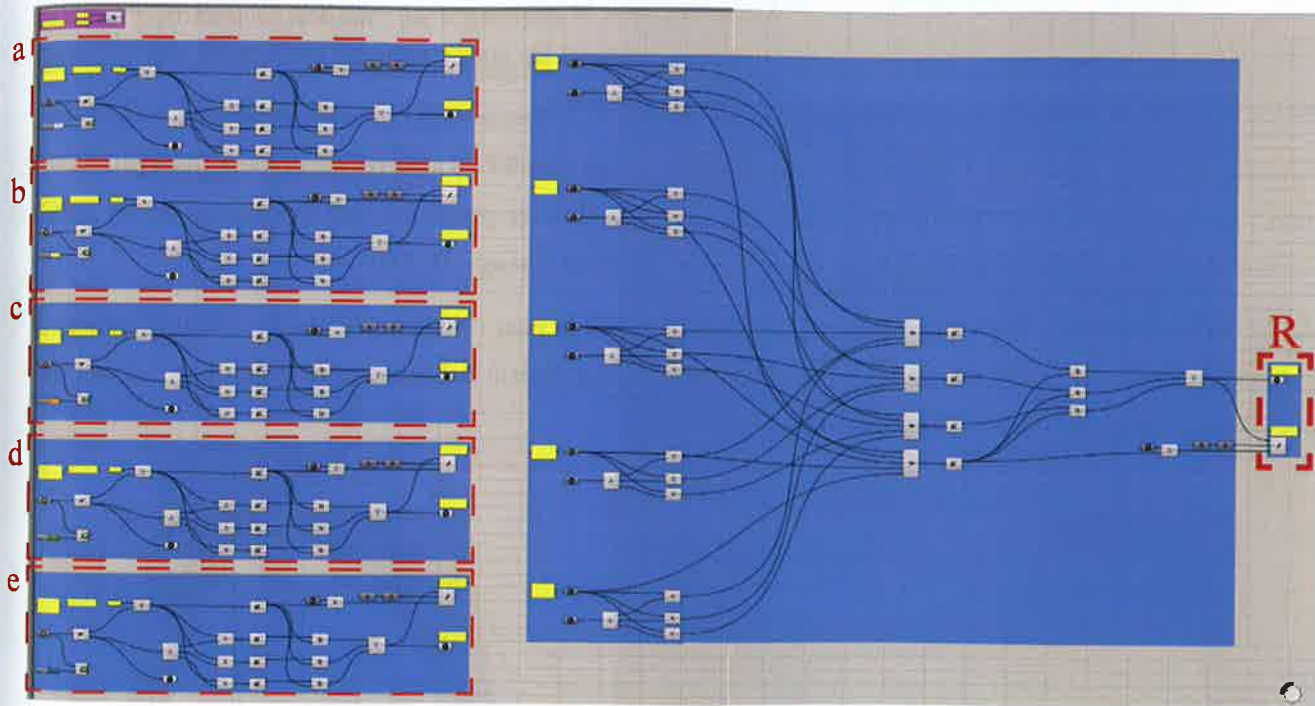
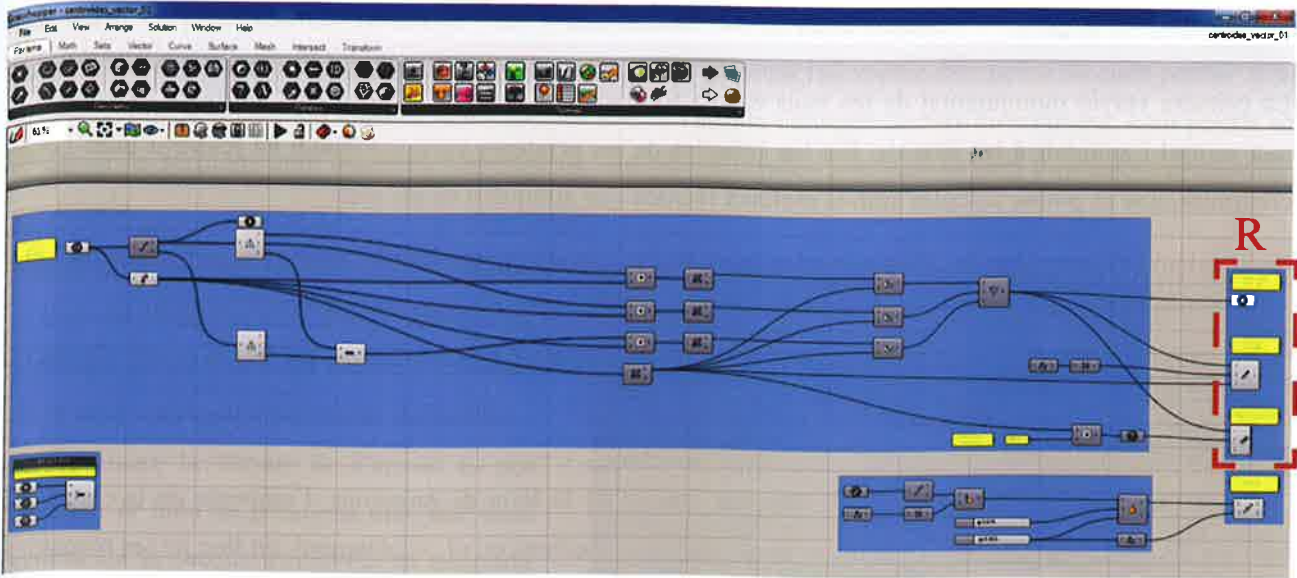
Permet la càrrega de fins a cinc materials diferents (granit, pedra de Montjuïc, maó, coberta –mitjana de pedra i ceràmica– i voltes –mitjana de ceràmica i formigó–), fàcilment ampliables gràcies a la versatilitat del programa.

Els resultats són un punt (centre de gravetat) i una línia (resultant) que es pot escalar a la pantalla de dades per adaptar-la a l'escala gràfica de forces (per defecte 1/10000).

#### *centroides\_vector\_01.ghx*

Aquesta senzilla aplicació calcula el pes i el centre de gravetat resultant a partir d'un conjunt de vectors i s'ha dissenyat per realitzar el càlcul en les situacions on es volen mantenir els passos intermedis del procés de càlcul (*imatges 10.11 i 10.12*).

6 Bergós i Massó, Joan. *Tabicados Huecos. Bases para las dimensiones de las bóvedas y cubiertas del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia*. 1a edició. Barcelona, Col·legi Oficial d'Arquitectes de Catalunya i Balears, 1965.



**Imatge 10.10.-** (Superior)  
 Funció *centroides*  
*vector\_01.gfx* realitzada amb  
*Grasshopper*.

**Imatge 10.11.-** (Centre)  
 Funció *centroides\_gp\_01.gfx*  
 realitzada amb *Grasshopper*.

**Imatge 10.12.-** (Inferior)  
 Aplicació pràctica de les  
 dues funcions anteriors.

### 10.3.2. Càlcul d'arcs

La primera versió monumental de les naus estava formada per una successió d'arcs, de perfil catenari a la nau central i apuntats a les laterals. Per les cobertes de les primeres versions Gaudí va realitzar unes voltes contínues, que es poden calcular amb la mateixa tècnica que apliquem en els arcs.

En el càlcul dels arcs hem de diferenciar dos casos bàsics: els simètrics –tant de geometria com d'accions, que es poden resoldre amb un mètode simplificat– i els asimètrics, que són més complexes de resoldre.

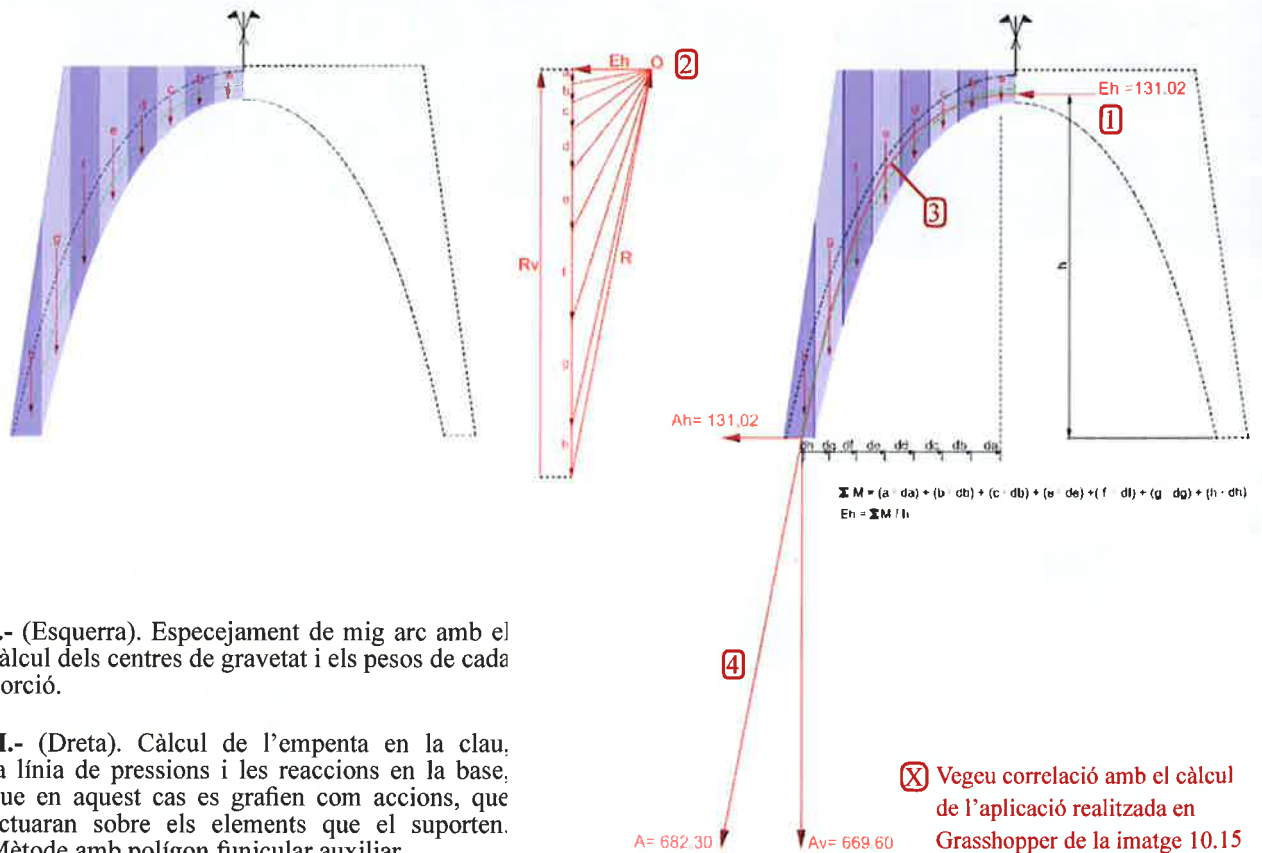
A continuació es detallen les funcions que s'han preparat pels dos casos i, alhora, s'explica el procés de càlcul.

#### *arc\_simetric\_8v\_02.ghx*

Aquesta funció calcula arcs simètrics i dona el resultat de la línia de pressions, l'empenta en la clau i les accions de l'arc en el seu suport. S'ha optat per donar les accions en el recolzament en lloc de les reaccions perquè en els casos a calcular no hi ha arcs en contacte amb la fonamentació, sinó que sempre descarreguen sobre altres elements i, d'aquesta manera, s'obtenen directament les accions que els carregaran, que es poden entrar com a dades directament en una altra aplicació paramètrica.

Aquesta aplicació segueix el procediment gràfic que utilitzaven Gaudí i els seus col·laboradors (*imatge 10.14*), amb l'excepció de la composició dels vectors que donen la línia de pressions, que es calculen en un gràfic auxiliar en lloc de sobreposar-los damunt l'element a comprovar (*imatge 10.13*).

Al ser un arc simètric sabem que l'empenta és horitzontal en la clau i podem calcular-la matemàticament a partir del sumatori de moments de les càrregues aplicades. La divisió del moment resultant per l'alçada del punt d'aplicació ens donarà el valor de l'empenta.



I.- (Esquerra). Espejament de mig arc amb el càlcul dels centres de gravetat i els pesos de cada porció.

II.- (Dreta). Càlcul de l'empenta en la clau, la línia de pressions i les reaccions en la base, que actuaran sobre els elements que el suporten. Mètode amb polígon funicular auxiliar.

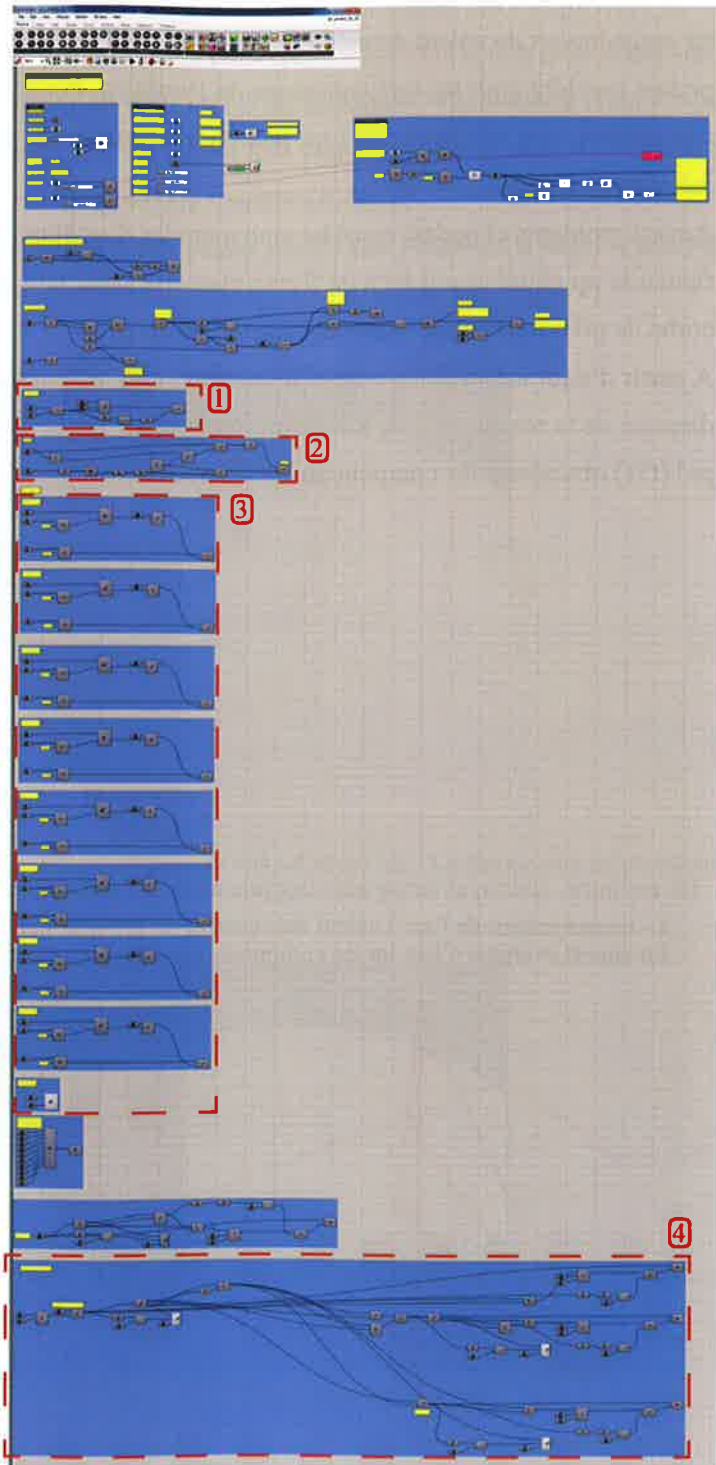
Imatge 10.13.- Càlcul d'un arc simètric.

Les dades de partida són el volum de l'arc a calcular, dividit en parts definides per l'usuari, la densitat del material i l'escala gràfica. L'aplicació calcula el centre de gravetat i el vector dels pesos de cada porció. S'ha dissenyat una segona via d'entrada pels casos en què es vulguin carregar vectors directament, com podria ser el càlcul de seccions amb materials heterogenis, que es realitzarien prèviament amb l'aplicació *centroides\_gp\_01.ghx*.

L'aplicació (*imatge 10.15*) permet calcular la línia de pressions dins d'un àmbit acotat, restringit per una recta en la clau i una altra en la base, que també són dades de partida. Es verificarà la bondat de l'arc si es pot encaixar la línia de pressions dins del nucli central de la secció. Per evitar el tempteig manual i millorar el resultat s'ha incorporat un procés iteratiu convergent –“plug-in” *Galápagos* incorporat dins de *Grasshopper*– que calcula la posició més propera a l'eix de l'arc.



**Imatge 10.14.-** Cas anterior amb el mètode de Gaudí, que superposa la composició de vectors sobre l'arc.



- ① Empenta horitzontal Eh
- ② Polígon auxiliar
- ③ Corba de pressions
- ④ Accions en els suports

**Imatge 10.15.-** Aplicació paramètrica *arc\_simetric\_8v\_02.ghx* realitzada amb *Grasshopper*.

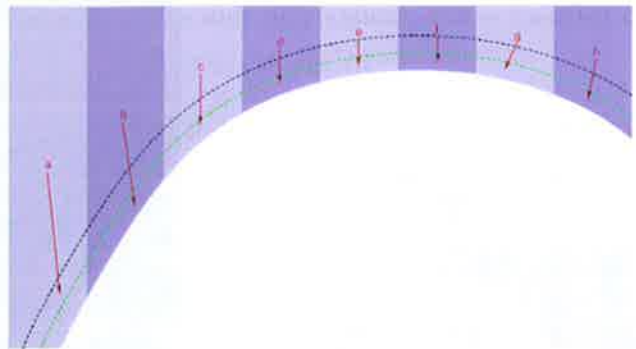
*arc\_no\_simetric\_01.gfx*

Aquesta aplicació calcula les reaccions i la corba de pressions d'un arc no simètric amb càrregues verticals i inclinades, i es basa en el procediment de càlcul gràfic que utilitzaven Gaudí i els seus col·laboradors. Aquest mètode els permetia estudiar sistemàticament els arcs per càrregues no uniformes ni simètriques, un aspecte de vital importància per encarar estructures d'unes dimensions considerables.

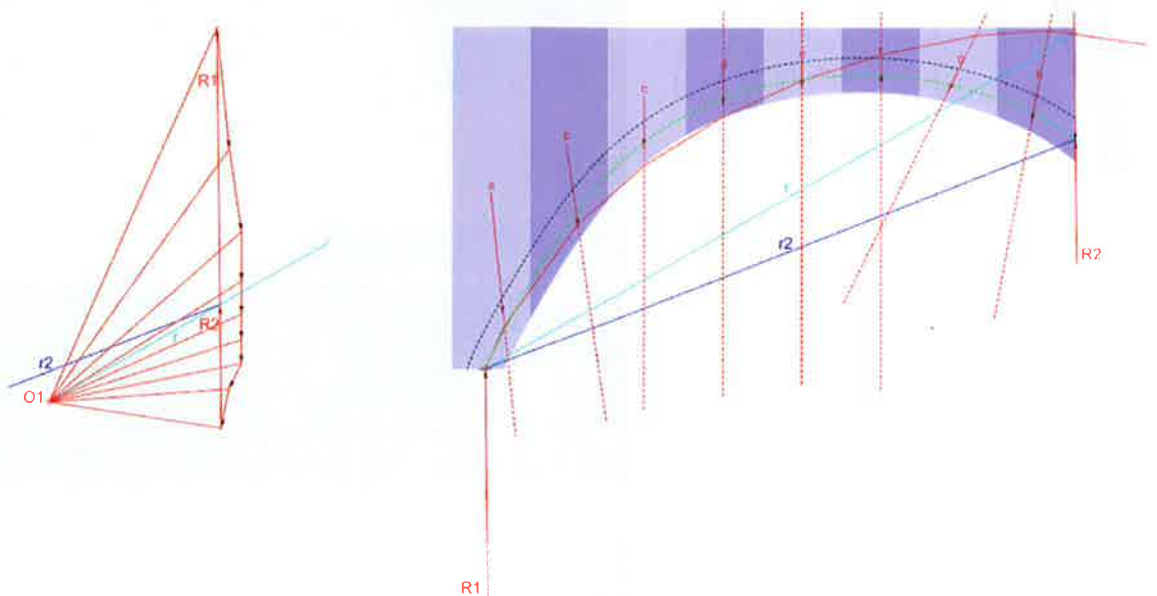
El procediment de càlcul és més complex que en l'arc simètric perquè és un problema indeterminat que no podem resoldre amb les tres equacions de l'estàtica. Per desfer la indeterminació apliquem el mètode de les tres ròtules –dos recolzaments i un punt de pas intermedi– en les quals imposem punts de moment nul en el recorregut de l'arc.

Aquest problema el podem resoldre amb mètodes d'estàtica gràfica en diversos passos. Es parteix d'un polígon funicular on el pol es col·loca de forma aleatòria i, per tant, amb aquesta situació només garantim el pas de la corba de pressions pel punt inicial (*imatge 10.16.I*).

A partir d'aquí imposem la correcció perquè passi pel punt final a través de la intersecció de la corba amb la direcció de la reacció inicial R2. Si unim els punts inicial i final d'aquest polígon (recta r) i la fem passar pel pol (O1) obtindrem les components de les dues reaccions.



**I.-** Especejament de l'arc i càlcul dels centres de gravetat i els pesos de cada porció. En aquest exemple s'han inclòs components inclinades en alguns elements.



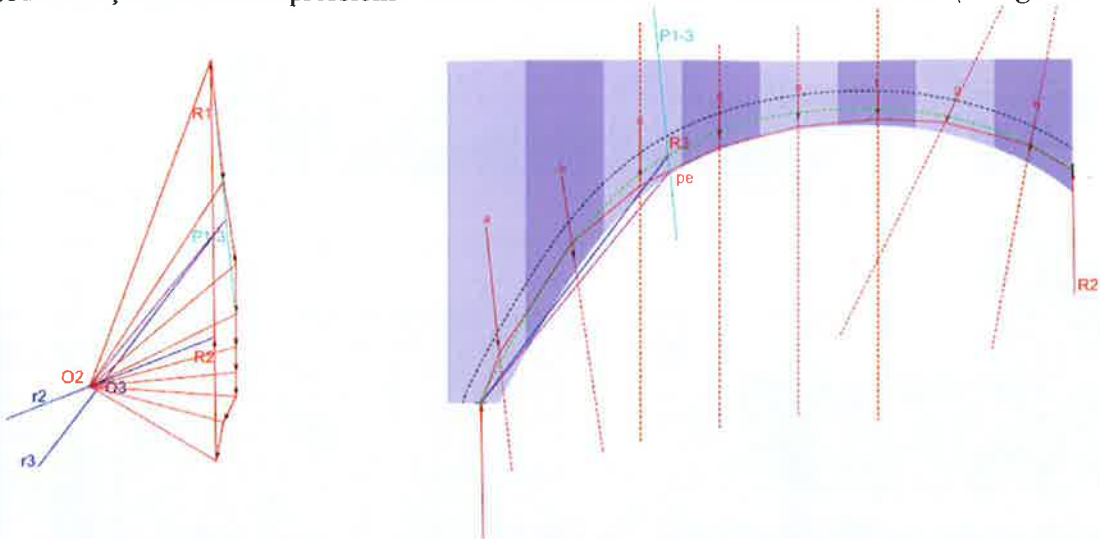
**II.-** Primer tempteig del polígon funicular amb un pol aleatori (O1), que donarà el valor i la direcció de les components dels suports. S'imposarà la correcció perquè la corba de pressions passi pel suport dret, a través de les rectes (r,r2), que donaran la recta d'aplicació sobre la que situar el pol del següent pas.

**Imatge 10.16.-** Procés de càlcul d'un arc no simètric.

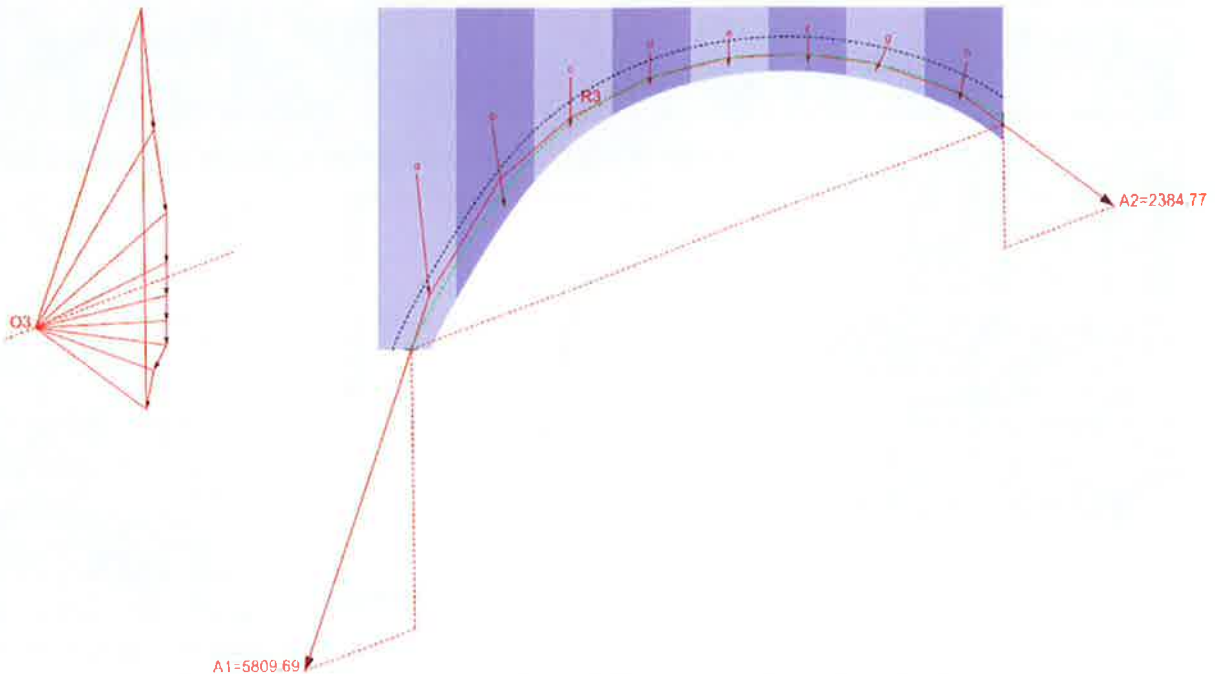
per trobar la primera direcció que ens indiqui la posició del pol final hem de traçar la recta que uneix les dues ròtules extremes (recta r2) i passar-la pel punt determinat per la intersecció de la resultant i la recta r1. Sobre qualsevol punt d'aquesta recta podem situar un pol (O2) i el polígon resultant sempre passarà per les ròtules extremes, però no per la ròtula intermèdia (R3) que hem de fixar per desfer la indeterminació (imatge 10.16.II).

Un vegada hem fixat la ròtula hem de calcular la resultant a una de les bandes (en aquest cas l'esquerra) i fer-la passar per aquest punt (R3). Aquesta recta tallarà el polígon en un punt (pe) i si unim la ròtula intermèdia amb aquest punt amb el punt del suport esquerre obtindrem les dues rectes de tancament. Passarem la recta R1-pe pel pol (O2) fins a tallar la resultant parcial esquerra, i des d'aquest nou punt traçarem la recta R1-R3 fins a tallar la recta r2, que ens donarà la posició definitiva del pol (O3) (imatge 10.16.III).

El nou pol és la solució única que obliga la corba de pressions a passar per les tres ròtules) i, a partir d'aquí, ja podem traçar la corba de pressions i obtenir les reaccions inclinades dels extrems (imatge 10.16.IV).



III.- Segon tempteig del polígon funicular amb un pol (O2) situat sobre la recta d'acció (r2). La nova corba de pressions passa pels suports però no per la ròtula central (R3). S'imposarà una nova correcció per trobar la posició definitiva del pol (O3), de forma anàloga a com s'ha fet en el pas anterior.

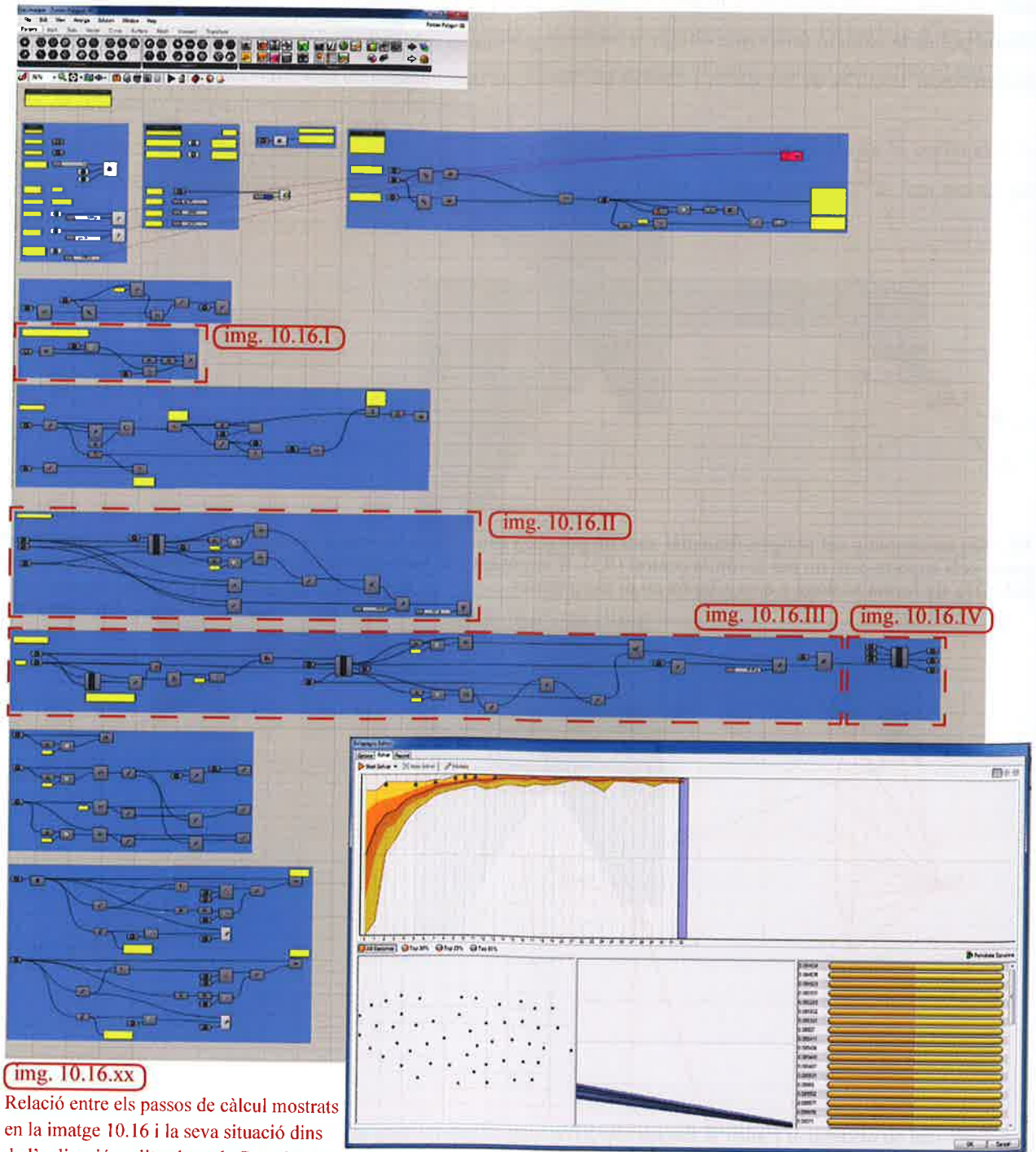


IV.- Darrera operació del càlcul de l'arc, amb el pol definitiu (O3) que garanteix que la corba de pressions passa pels tres punts designats. En aquest procés s'obtenen els valors de les reaccions, amb la seva inclinació i magnitud correctes.



Després de realitzar tots aquests passos imposam que la corba passi pels tres punts fixats però no podem assegurar que aquesta es mantingui dins del nucli central en tot el seu recorregut. Si el resultat no és satisfactori s'ha de repetir tot el procés i variar la posició dels tres punts fins trobar la posició de mínima distància entre l'eix teòric de l'arc i la corba de pressions.

La funció no es limita a calcular en temps real la corba final i les resultants, sinó que també s'ha programat perquè detecti la posició idònia de les tres ròtules. Aquesta tasca es fa a través d'un càlcul iteratiu convergent amb el "plug-in" *Galápagos*, al qual es demana que obtingui el mínim valor de la desviació estàndard calculat a partir de la distància entre l'eix ideal de l'arc i la corba de pressions obtinguda, mesurades sobre les rectes d'acció dels vectors de forces (*imatge 10.17*).



img. 10.16.xx

Relació entre els passos de càlcul mostrats en la imatge 10.16 i la seva situació dins de l'aplicació realitzada amb *Grasshopper*.

**Imatge 10.17.-** Funció *arc\_no\_simetric\_01.gfx* realitzada amb *Grasshopper* i vista del càlcul iteratiu amb *Galápagos*, que determina la posició idònia de les tres ròtules.

### 10.3.3. Composició de vectors segons el mètode de Sugrañes

Per les dues últimes versions del temple Gaudí proposa una estructura que no es basa en arcs i segueix els principis de càlcul que Sugrañes va publicar en l'Anuari de 1923.

A continuació es descriu el mètode i s'explica la funció paramètrica que s'ha elaborat per reproduir el càlcul.

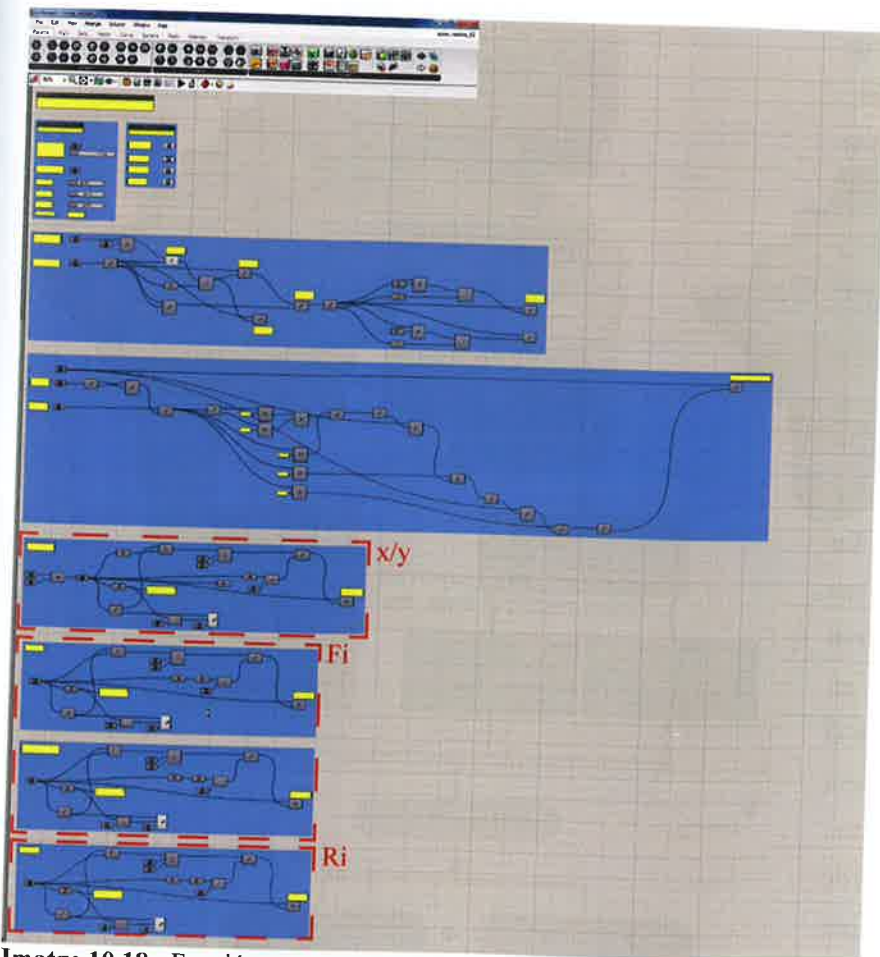
#### *comp\_vectors\_01.ghx*

Aquest mètode de càlcul és més simple que el dels arcs i consisteix en combinar una sèrie de vectors –que representen les diverses masses dels elements superiors, voltes i cobertes– i trobar la seva resultant després de fixar un punt de pas (*imatge 10.19*).

El punt de pas es col·loca sobre l'eix de la columna inferior i les forces resultants inclinades determinen –en el cas de Sugrañes– o han de quedar inscrites –en el cas de la comprovació a posteriori– dins del terç central de les branques superiors.

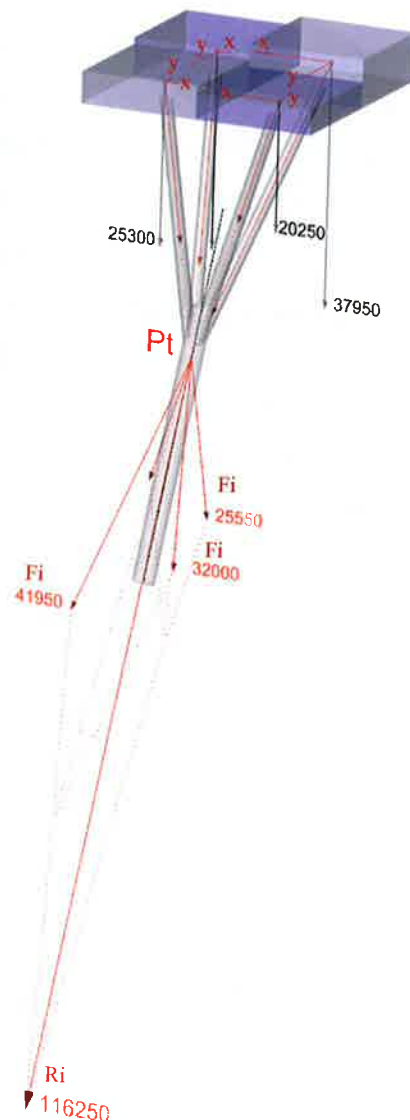
L'aplicació (*imatge 10.18*) calcula els vectors horitzontals en sentit X i Y que apareixen a conseqüència d'inclinar la força gravitatòria –que s'hauran de compensar amb els elements estructurals adjacents– i el valor de la força inclinada ( $F_i$ ), que servirà per verificar la bondat de la secció de la branca existent.

Per últim, la funció calcula el valor i la inclinació de la resultant de totes les forces inclinades que conflueixen en el punt fixat ( $R_i$ ) i que serviran per verificar si el pendent i la secció de les columnes que s'analitzen són correctes.



**Imatge 10.18.-** Funció *comp\_vectors\_01.ghx* realitzada amb Grasshopper.

**Imatge 10.19.-** Aplicació pràctica de la funció. Es mostren els valors de partida en color negre (pesos dels elements a suportar i eix de la columna a sobre d'on es fixarà el punt de concurrència) i els resultats en vermell (components horitzontals i forces compostades).



### 10.4. Aplicació dels mètodes originals als models 3D de les naus

En l'apartat anterior hem descrit per separat les diverses aplicacions que s'han realitzat per refer els càlculs de les naus. En aquest punt mostrarem l'aplicació pràctica sobre un parell de casos concrets de la segona versió: la cantoria i el tram de la nau lateral, on veurem com es combinen les diverses aplicacions que s'han descrit. L'ús de les aplicacions es pot fer per separat, prenent com a dada de partida els resultats del càlcul anterior, o combinant-les entre elles (*imatge 10.20*), aprofitant que la versatilitat del *Grasshopper* ens permet encadenar funcions d'una forma simple.

#### 10.4.1. Càlcul d'un element en arc: la cantoria

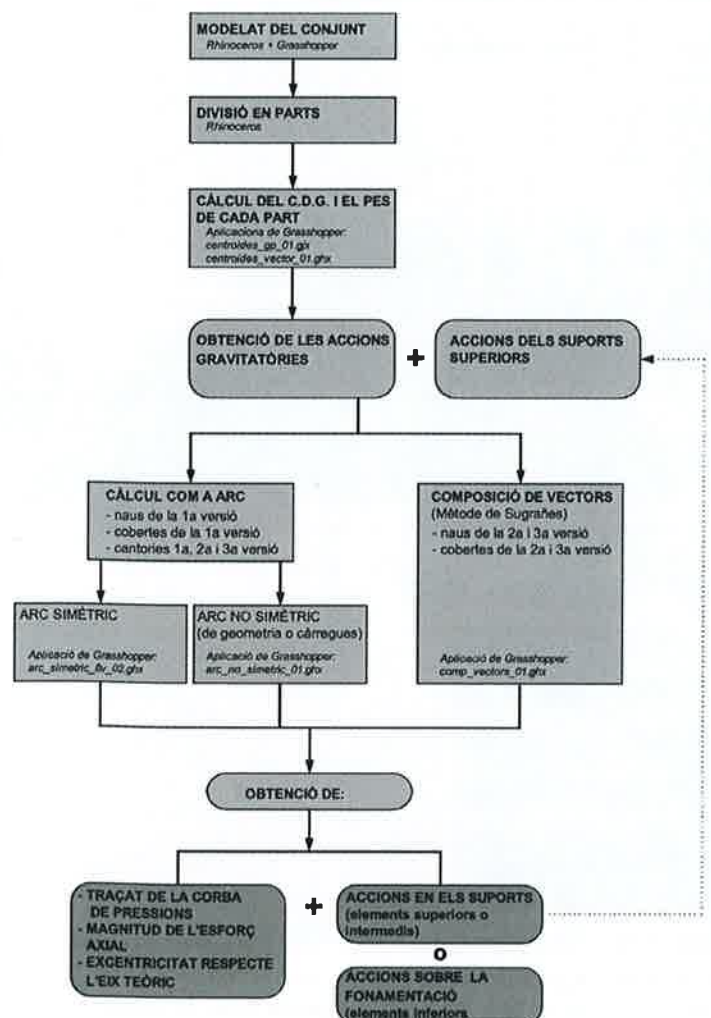
S'ha escollit la cantoria per explicar el càlcul atesa la seva senzillesa i perquè aquest element influeix en l'estabilitat del mòdul de la nau lateral, que s'explicarà en el següent punt.

La cantoria es compon de l'intercolumni (peça R-003), del contrafort posterior (R-097) –que formen un nervi de reforç apuntat– i de la graderia, que es recolza sobre aquests elements (*imatge 10.21.I*).

El primer pas consisteix en dividir aquests elements en un nombre finit de parts, distribuïdes al llarg del traçat de l'arc, i aleshores calcular els seus centres de gravetat i pesos (*imatge 10.21.II*). Aquest càlcul s'ha realitzat amb la funció *centroides\_gp\_01.ghx*.

A continuació, s'agrupen els vectors de cada tram (amb la funció *centroides\_vector\_01.ghx*) que serviran per calcular la corba de pressions (*imatge 10.21.III*).

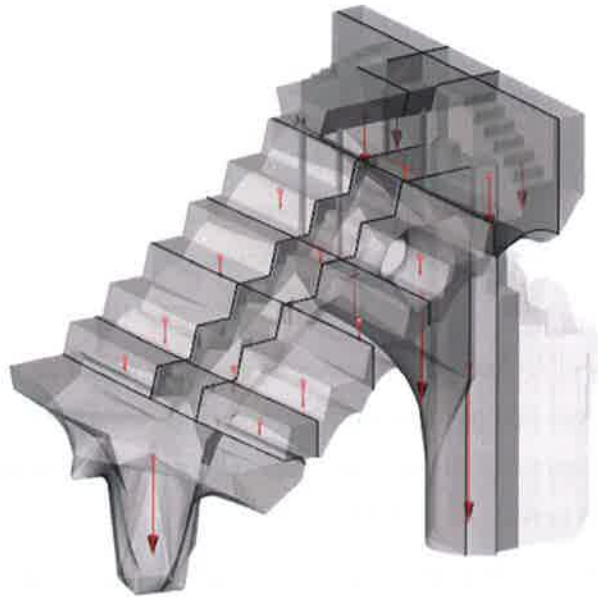
Aquest arc no és simètric i, per tant, es calcula amb el procediment descrit en la funció *arc\_no\_simetric\_01.ghx*. A través del procés iteratiu podem determinar la posició idònia de les tres ròtules perquè el seu traçat s'adapti al màxim a la línia central de l'arc (*imatge 10.21.IV*). En aquest element, a diferència del cas teòric, les reaccions de l'arc influiran en els elements que el suporten i, en conseqüència, s'haurà de comprovar si són compatibles amb el comportament de l'estructura inferior o si, per contra, s'haurà de buscar un traçat de la corba de pressions estable però menys idoni per tal de comptabilitzar el comportament global de l'estructura.



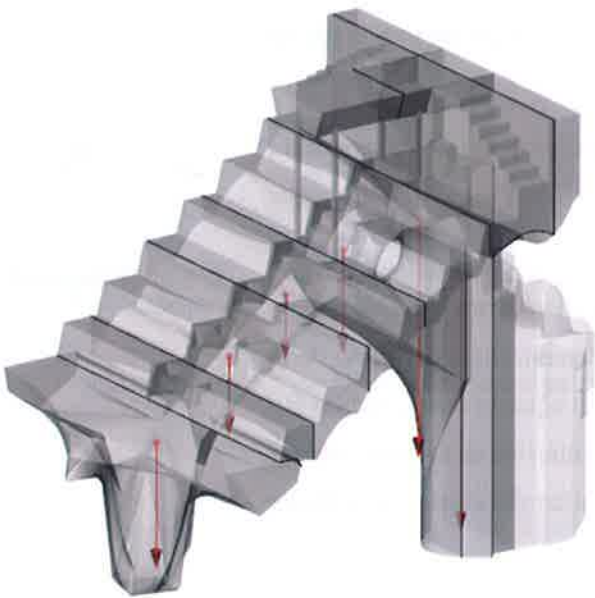
**Imatge 10.20.-** Diagrama de fluxe. Relació entre les aplicacions realitzades amb Grasshopper per al càlcul de les naus.



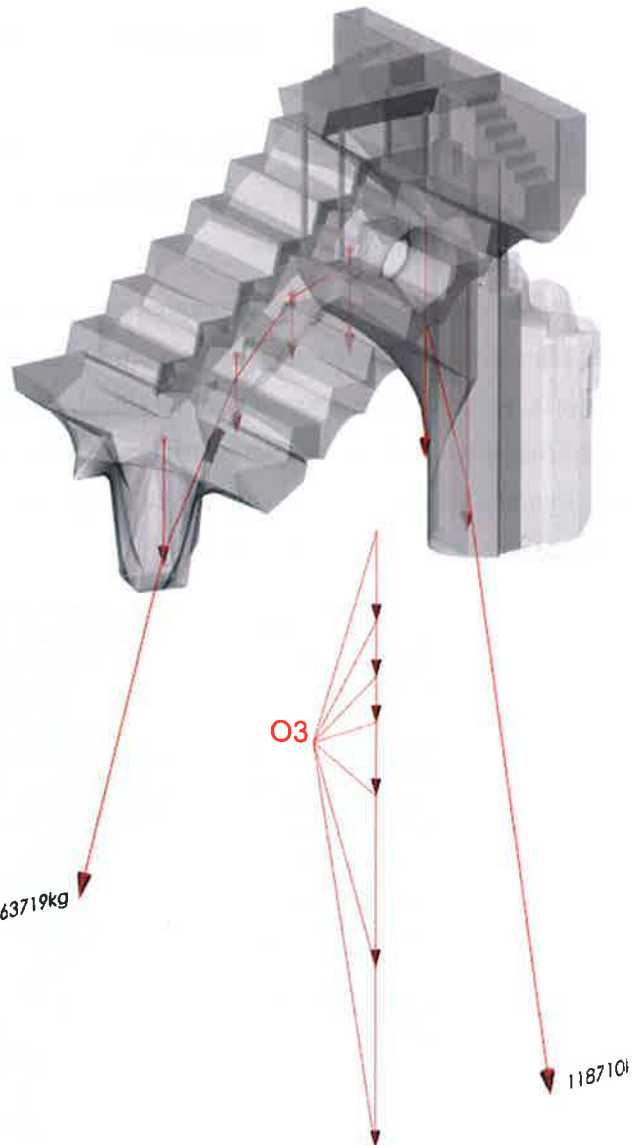
I.- Element a calcular.



II.- Especejament del conjunt i determinació dels centres de gravetat i el pes de cada fragment.



III.- Agrupació dels diversos fragments en bandes distribuïdes al llarg del traçat de l'arc, amb la determinació dels seus vectors conjunts.



IV.- Càlcul de l'arc amb les seves accions a la base que afectaran als elements que el sustenten. Vista del polígon auxiliar de càlcul.

Imatge 10.21.- Procés de càlcul de la cantoria, amb el suport de les aplicacions paramètriques descrites.

### 10.4.2. Composició de vectors: el mòdul de la nau lateral

En aquest apartat mostrarem el càlcul del mòdul lateral de la segona versió de les naus, que és on s'han utilitzat les aplicacions informàtiques descrites.

El primer pas consisteix en dividir l'estructura prenent com a referència els diversos suports (branques). A continuació, es calcula el seu centre de gravetat i pes, separat pels diversos elements (cobertes, voltes, columnes...), que generalment corresponen a materials –i, per tant, densitats– diferents (*imatge 10.23.I*).

En el següent pas Sugrañes agrupava la massa de les diverses zones de cada branca, començant pel tram superior, on agrupa les cobertes, voltes i les petites columnes que les suporten (*imatge 10.23.II*) (Càlcul realitzat amb les funcions *centroides\_gp\_01.ghx* i *centroides\_vector\_01.ghx*).

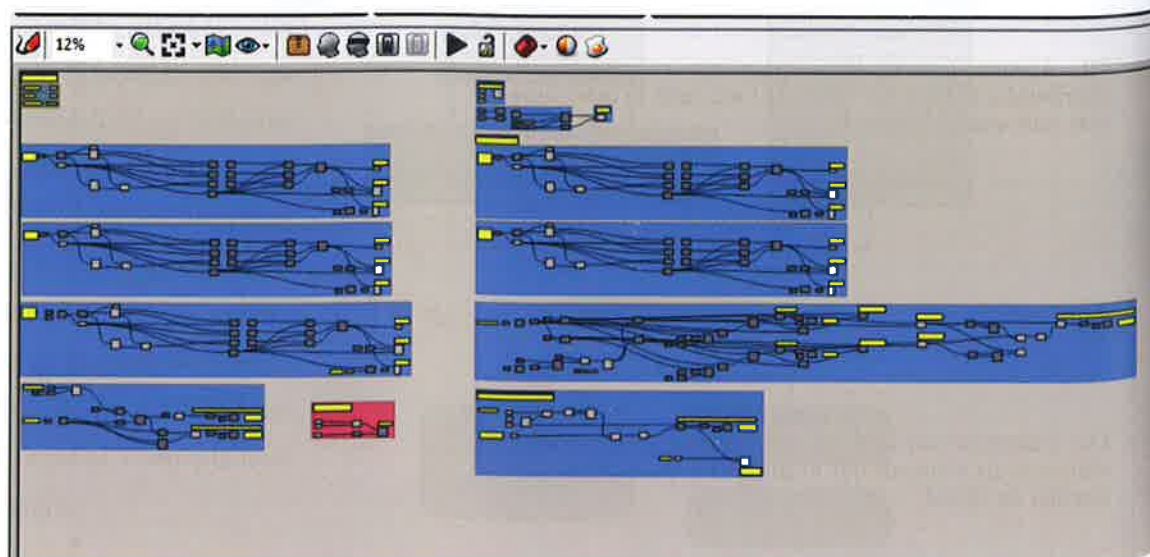
Una vegada composades les masses s'ha de definir el punt de pas on concorreran les forces dels diversos suports i que definiran la inclinació i la component horitzontal deguda a la desviació respecte el sentit gravitatori (*imatge 10.23.III*). Aquestes forces es componen sobre el punt de concurrència i determinaran l'orientació i el valor de l'acció que ha de suportar la columna (*imatge 10.23.IV*) (Càlcul realitzat amb la funció *comp\_vectors\_01.ghx*).

Per últim, en aquest cas, s'ha d'afegir l'acció inclinada que proporciona la cantoria i el pes propi de la columna de suport, que donaran la inclinació i l'acció definitiva que actua a la base (*imatge 10.23.V*).

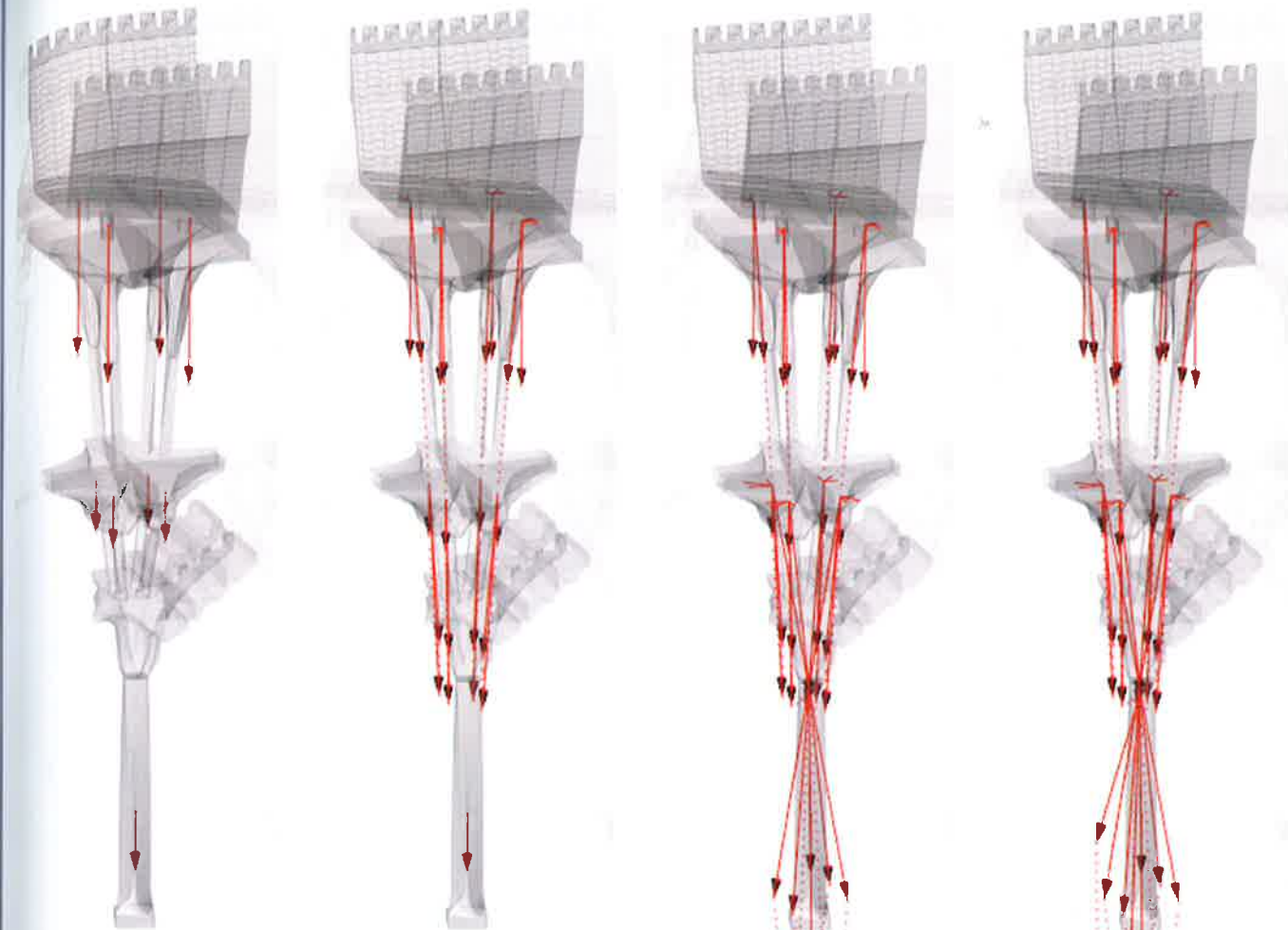
El càlcul d'aquesta zona és més complex que els exemples que s'havien mostrat fins ara, i la variació d'alguns paràmetres, com els punts de concurrència o l'acció de la cantoria, poden obligar a repetir part del càlcul. Per això, en aquests casos, resulta útil encadenar diverses funcions paramètriques –en lloc d'executar-les en diversos passos per separat–, fet que permet modificar en temps real el resultat del càlcul fins a poder determinar el traçat ideal dels vectors.



I.- Especejament del conjunt.



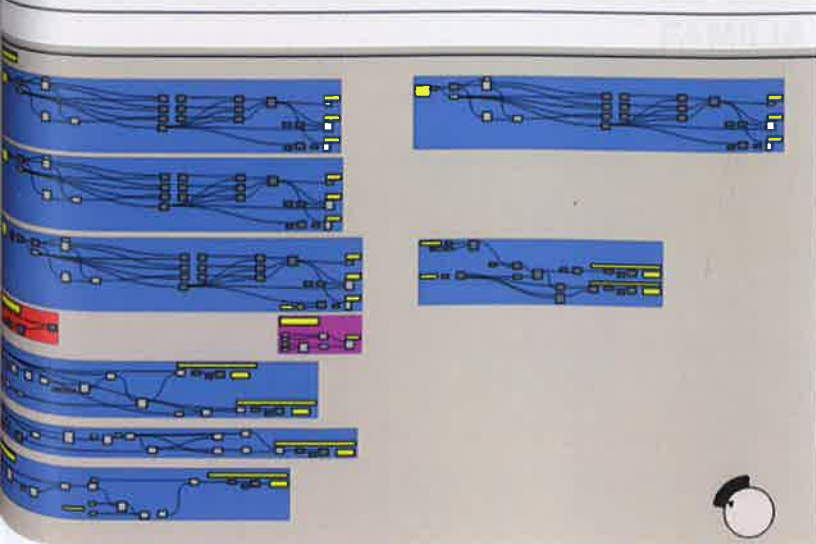
Imatge 10.22.- Aplicació de *Grasshopper* per calcular un mòdul de la nau.



II.- Agrupació dels pesos a suportar per les branques.

III.- Determinació del punt de concurrència i càlcul dels vectors inclinats.

Figura 10.23.- Procés de càlcul d'un mòdul de la nau lateral de la Sagrada Família.



IV.- Composició de vectors.

V.- Addició de l'empenta de la cantoria i el pes de la columna.



**11. LA VERIFICACIÓ DE L'ESTRUCTURA  
DE LES NAUS DE LA SAGRADA  
FAMILIA**





En aquest capítol mostrarem els aspectes més rellevants del càlcul sobre les tres versions de les naus de la Sagrada Família que s'han realitzat segons els procediments que utilitzaven Gaudí i els seus col·laboradors i que hem descrit en el capítol anterior.

El procediment consistirà en:

- Determinar els centres de gravetat i els pesos dels elements a sustentar.
- Verificar el traçat dels arcs o la inclinació de les columnes.
- Analitzar de forma simplificada si la secció projectada ve determinada directament pel càlcul.

A continuació ampliarem el contingut dels punts que hem descrit:

***Determinar els centres de gravetat i els pesos dels elements a sustentar.***

Les accions es calcularan a partir del pes propi dels diversos elements que componen les naus, sense tenir en compte cap sobrecàrrega ni l'acció del vent.

Gaudí i els seus col·laboradors no tenien en compte les sobrecàrregues d'ús perquè consideraven que la seva acció era insignificant respecte el pes de l'edifici. Això es reforça quan observem que la sobrecàrrega deguda al públic es concentra al Pla de Temple, que està en contacte directe amb el terreny o parcialment sobre les voltes de la cripta. Per a la resta de l'estructura principal de l'edifici, a excepció de la limitada zona de les cantories, la sobrecàrrega d'ús es exclusivament de manteniment i per tant de poca magnitud.

Per al vent van utilitzar un plantejament similar a l'emprat per les sobrecàrregues d'ús. Tot i que aquesta acció no és tan menyspreable com l'anterior—degut a la seva magnitud i direcció—, Gaudí i els seus col·laboradors no la van tenir en compte de forma explícita en el càlcul numèric, però sí en el disseny de l'estructura. Aquest fet s'observa de forma clara a través de les grans masses que varen disposar en les parts altes de l'edifici, com els terminals de les torres, les pesades cobertes o els grans frontons dels finestrals—com veurem més endavant— que tenien com a missió minimitzar les accions horitzontals del vent enfront les càrregues estabilitzants degudes al pes propi.

Al prendre aquestes consideracions l'equip de Gaudí podia calcular l'edifici només tenint en compte una sola hipòtesi, basada en el pes propi, on no aplicaven cap tipus de majoració sobre les accions. Aquesta decisió els permetia simplificar de forma considerable els càlculs d'aquest gran edifici. Hem de tenir en compte que aquesta tasca de simplificació era imprescindible per a poder realitzar els càlculs d'aquest gran edifici, sobre tot tenint en compte els escassos mitjans de que disposaven.

L'objectiu fonamental d'aquest treball no és realitzar un exhaustiu anàlisi numèric, sinó determinar com el procés de càlcul influïa en el disseny de l'estructura. Per tant ens limitarem a calcular l'edifici només tenint en compte les accions gravitatòries degudes al pes propi de l'edifici, reproduint el procediment original de càlcul.

***Verificar el traçat dels arcs o la inclinació de les columnes***

Un cop que hem determinat les accions, en aquest apartat verificarem si el traçat dels arcs que va proposar Gaudí s'adeqüen a la corba de pressions que s'obté del càlcul. Per determinar-ho utilitzarem els mètodes de l'arc simètric o de l'arc asimètric (de geometria o càrregues), en funció de l'element a calcular. Aquests mètodes els utilitzarem en la primera versió de les naus (incloses les cobertes), i les cantories.

Per determinar la inclinació de les columnes que Gaudí va plantejar en les dues darreres solucions de les naus utilitzarem el mètode de composició de vectors que va descriure Domènec Sugrañes en la conferència de l'any 1923, on analitzava el càlcul de la darrera solució del Temple.

Tots els mètodes que hem comentat ens donen el traçat i la magnitud dels esforços i es basen en trobar almenys una posició de la línia de pressions on aquesta estigui continguda dins del nucli central de les seccions a analitzar, el que comporta la inexistència de tensions de tracció. En el pitjor dels casos, quan no sigui possible obtenir el traçat ideal que passaria per dins del nucli central, es mirarà d'encabir la corba de pressions almenys per dins de les seccions a estudiar, tot i que en aquest cas això comporti l'aparició de tensions de tracció.

***Analitzar de forma simplificada si la secció projectada ve determinada directament pel càlcul.***

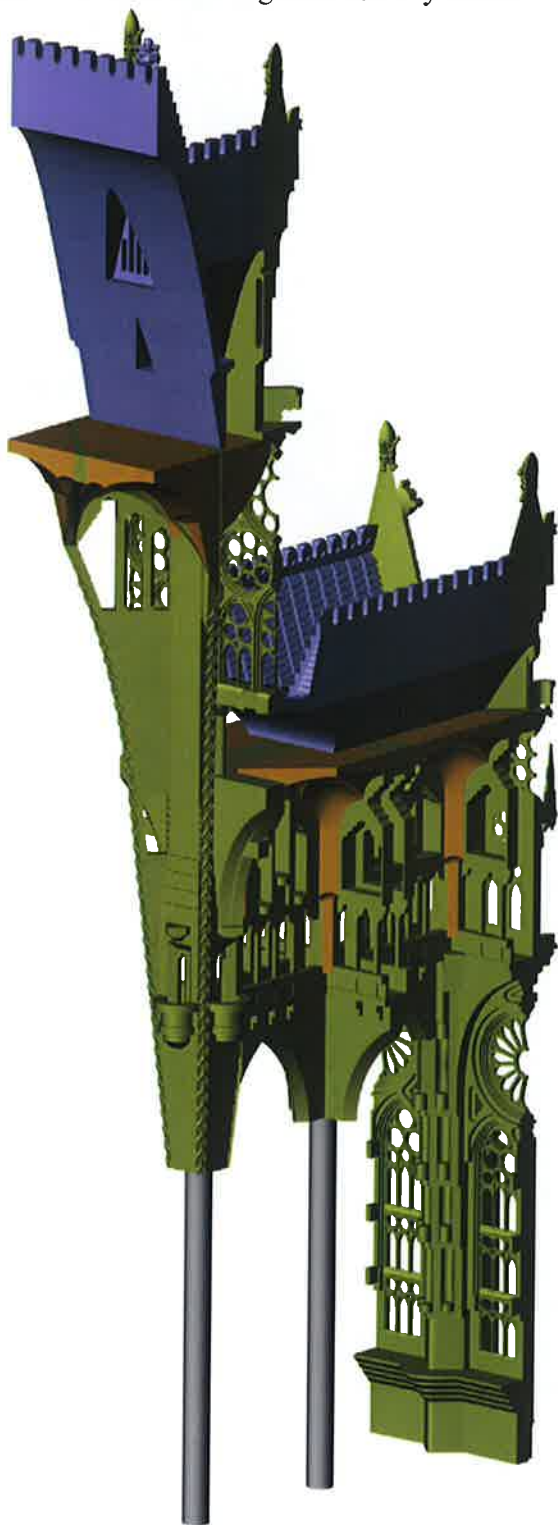
En aquest apartat establirem si les seccions dels diversos elements que componen les naus (columnes, capitells, contraforts..) venien determinades directament pel càlcul. Per comprovar-ho es prendrà l'esforç axial que s'ha obtingut en l'apartat anterior i es dividirà per l'àrea de la secció estudiada. Es comprovarà la bondat de la secció si la tensió obtinguda –sense aplicar cap tipus de majoració– és inferior a la tensió admissible del material. S'emprarà la tensió admissible establerta per Gaudí, que consistia en una desena part del valor de ruptura, tal i com hem establert en l'apartat 10.2 del capítol anterior.

En aquest punt no es tindrà en compte els efectes produïts per l'excentricitat, partint del concepte que en el càlcul de Gaudí i els seus col·laboradors el traçat seguia estrictament el diagrama de càlcul. El principal objectiu d'aquest capítol no és realitzar un anàlisi tensional exhaustiu, sinó determinar com els mètodes de càlcul van influir en el disseny de les naus. Per això es verificarà la bondat dels tres passos descrits –per separat– i es continuarà amb el càlcul, encara que es detectin algunes errades, per veure si la resta del procediment ens dóna més pistes que ens mostrin la influència del càlcul en el resultat final.

També s'ha de tenir en compte que els resultats entre els càlculs originals i els que ara realitzem –sobretot en el cas del mòdul central de la darrera versió, que és el que es troba més ben documentat– poden variar degut a les diferents eines de càlcul utilitzades. L'equip de Gaudí calculava els centres de gravetat i els pesos de formes complexes a través de fórmules simplifiades o processos experimentals. Ara, en canvi, comptem amb la potència de les actuals aplicacions informàtiques, molt més precises.

### 11.1. La primera versió de les naus

Un cop definit el model, el primer pas consisteix en assignar els materials a les diverses zones que componen l'edifici. Si ho mirem des d'un punt de vista formal, la primera versió de les naus és la més diferent de les tres i, per tant, la determinació dels materials no és immediata, com sí succeeix en la tercera, on vénen directament definits en el text de Sugañes de l'any 1923.



- Granit
- Pedra de Montjuïc
- Maó
- Ceràmica i pedra (cobertes)
- Ceràmica i reblert en massa (sostres interiors)
- Ceràmica i reblert en massa (voltes nau)

**Imatge 11.1.-** Materials assignats en la primera versió de les naus.

Per assignar-los ens auxiliem de la part construïda segons aquesta versió –l'interior de la façana del Naixement, que conté l'arrencada dels arcs principals del transsepte– i aquesta informació es complementa amb la dels textos ja citats que tracten aspectes estàtics del Temple.

S'ha seleccionat la pedra de Montjuïc per a la majoria de parts que componen les naus (*imatge 11.1*) perquè és la predominant en la part construïda i a més la trobem en l'arrencada dels arcs del transsepte. Aquesta pedra, segons els textos i els assajos, és la que dóna els valors més baixos de resistència.

En els elements més esvelts, que són les columnes inferiors, s'ha triat el granit, que és una pedra més resistent i és la que Gaudí va escollir per als suports de la nau central de la darrera versió.

Per a la resta de zones s'han fet servir els valors que es troben en el text de Sugañes (1923): un valor que determina la densitat mitjana de les cobertes –formades per un conjunt de ceràmica i pedra– i un altre per a les voltes, formades per ceràmica i formigó, que en aquest cas hem d'entendre com un reblert en massa, sense armar. No tenim constància, en aquesta versió, que Gaudí hagués fet les voltes amb acabat petri, però en cas de ser així s'empraria el mateix valor –que és el més respectuós amb els textos existents–, destinant una part a l'aplatat petri i una altra a un reblert lleuger.

A continuació es descriu l'anàlisi dels elements que componen les naus, que hem desglossat en:

- Cobertes de la nau central
- Cobertes de la nau lateral
- Nau central
- Naus laterals
- Suports verticals i contraforts

### ***Cobertes de la nau central***

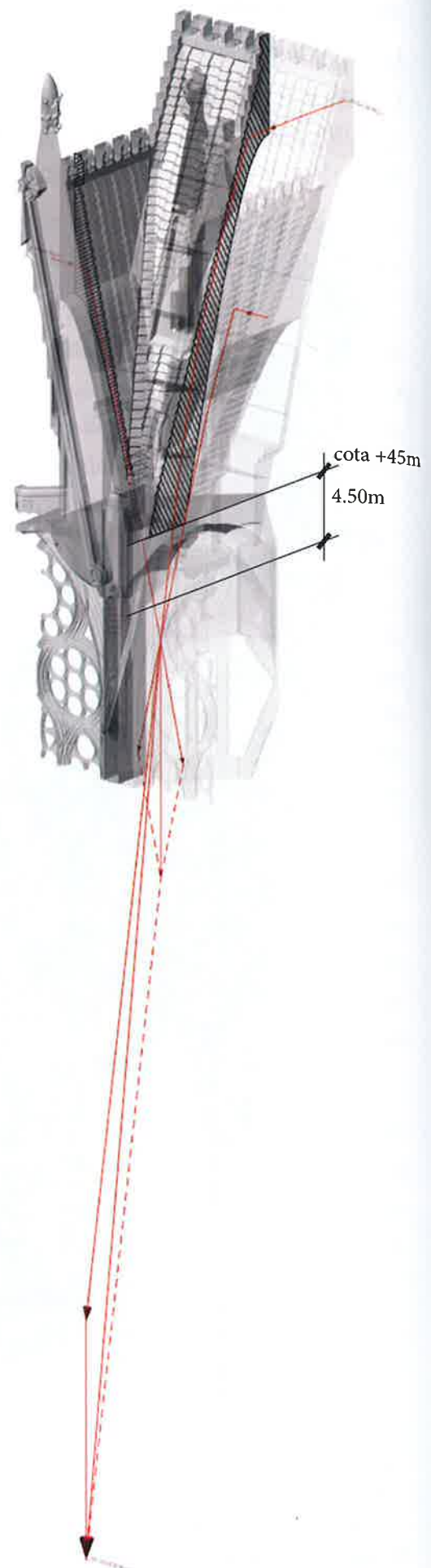
Gaudí col·loca unes cobertes molt pesades a la nau central, formades per una gran volta en sentit longitudinal sobre la qual intersequen unes altres, disposades perpendiculars a aquesta i amagades darrere dels grans frontons dels finestrals. Els dos tipus de volta descansen sobre la plataforma del sostre de 45 metres d'alçada i els seus recolzaments principals es troben darrere les pilastres –situades entre els finestrals– que també suporten els pes dels frontons, que, alhora, actuen com uns grans contrapesos i serveixen per compensar les empentes (*imatge 11.2*).

Les cobertes perpendiculars s'han analitzat com un arc simètric i els resultats han estat satisfactoris al trobar una corba de pressions que s'adapta al traçat de la volta. Les seves reaccions inclinades es compensen amb les dels mòduls adjacents i, per tant, només descarreguen la seva component vertical sobre les voltes.

El cas de la coberta longitudinal és diferent. Aquesta també s'ha analitzat com un arc simètric, però la corba de pressions es desvia lleugerament cap a l'exterior en la zona del frontó secundari –col·locat directament sobre la coberta, enmig dels principals– degut al pes d'aquest element.

Degut a la desviació entre el traçat ideal i la corba de pressions resultant, en el càlcul no ha estat possible trobar una situació on l'acció de descàrrega de l'arc passi per dins del gruix de les voltes que el suporten –amb un cantell proper a 4,50m en el recolzament– sense que la corba surti de la secció de la coberta.

**Imatge 11.2.-** Càlcul de la coberta central on es mostren les incidències detectades en el cos principal.



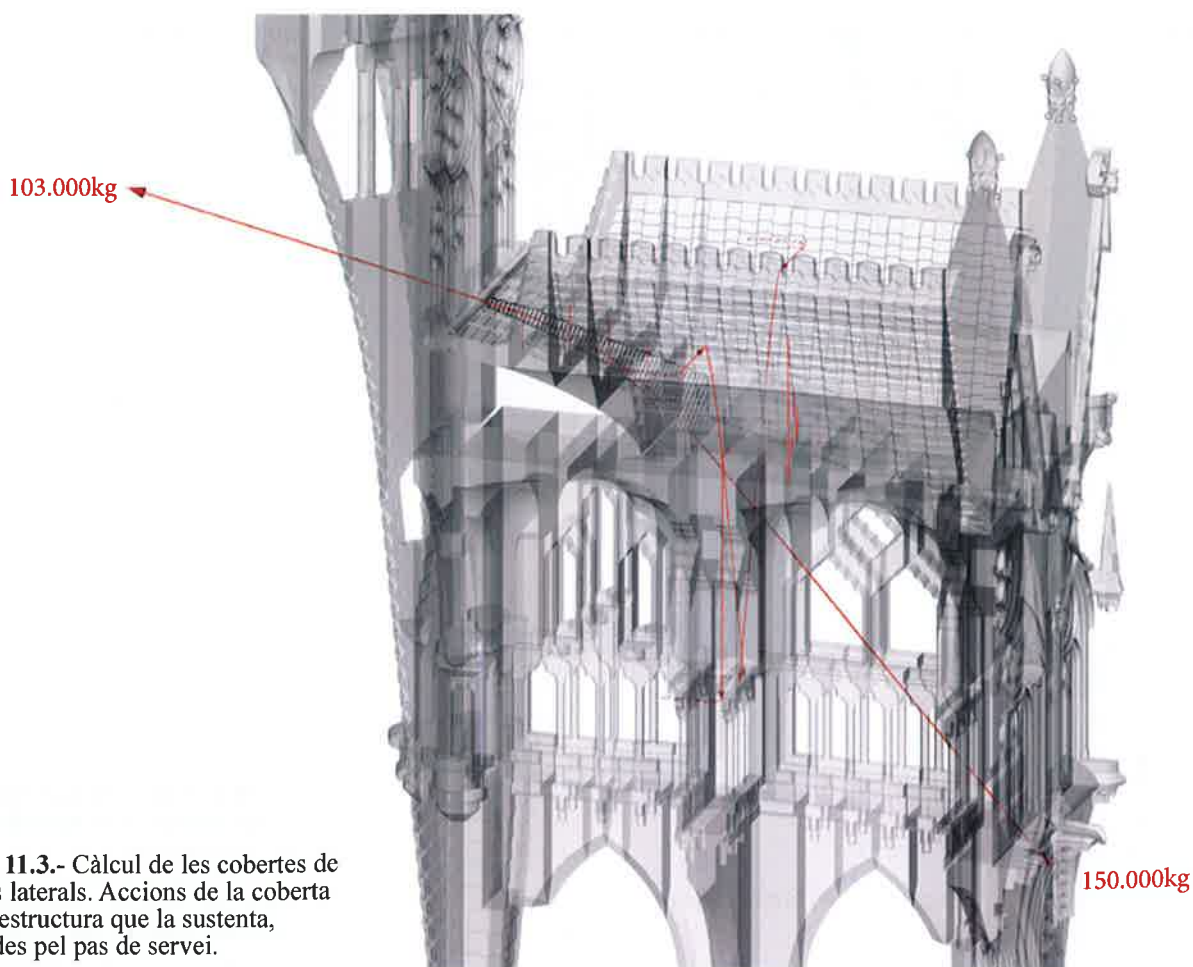
**Cobertes de la nau lateral**

Les cobertes de la nau lateral també es componen de dues zones: un pendent suau, que descendeix cap a la façana lateral, i uns cossos perpendiculars a tres vessants, de fort pendent, que es repeteixen a cada mòdul.

En el cas dels cossos perpendiculars, el càlcul, que s'ha realitzat amb el mètode de l'arc simètric, no presenta cap problema –com succeïa en la coberta central– i es troba fàcilment una corba de pressions que s'adapta al perfil de la volta. L'acció inclinada que provoquen en el seu recolzament es pot encabir sense problema dins del gruix de les voltes de la nau lateral. Com que els mòduls són repetitius, les accions es combinen entre elles i només transmeten la seva component vertical sobre els murs que sustenten el sostre.

En canvi, el cas del pendent uniforme és diferent. En aquesta zona Gaudí dissenya una volta rebaixada de cinc metres de llum per crear un pas sota els finestrals de la nau central (*imatge 11.3*). Aquesta volta sustenta part del propi pendent i la zona posterior dels cossos perpendiculars, que són molt pesats. La volta es sustenta sobre el sostre de trenta metres en el recolzament inferior i contra la part baixa dels finestrals i les pilastres de la nau central en el recolzament superior.

Tot i que, en aparença, aquesta petita volta té un paper marginal dins el conjunt, els càlculs realitzats posen de manifest que té uns efectes devastadors sobre la resta de l'estructura. El pes que suporta aquesta volta no és menyspreable (aproximadament 73.000 kg per mòdul) i el seu traçat rebaixat provoca una gran empenta (103.000 kg) sobre les pilastres i els arcs de la nau central. El recolzament no està en millors condicions i envia una acció obliqua (150.000 kg) sobre els murs extraordinàriament calats que suporten les voltes de la nau central, que són incapaços de resistir-la.



**Imatge 11.3.-** Càlcul de les cobertes de les naus laterals. Accions de la coberta sobre l'estructura que la sustenta, motivades pel pas de servei.

**Nau central**

En aquest punt analitzarem l'estabilitat de la nau central. Aquest mòdul rep les accions de la coberta, dels frontons, de la pilastra i dels finestrals de la pròpia nau central. A més, aquest tipus d'estructura depèn de les accions que li transmet la nau lateral, entre les que podem destacar els arcs apuntats inferiors, que sostenen el mur calat i, per tant, les voltes, i l'acció obliqua de les cobertes laterals, que com hem vist tenen un efecte desestabilitzador notable.

En aquesta versió Gaudí va idear unes esveltes columnes circulars, que eren verticals i tenien una alçada de 14,40 metres. Per tant, la principal dificultat del càlcul d'aquest mòdul consisteix en veure com es poden combinar totes les accions per obtenir una resultant que passi per dins del nucli de la columna.

En una primera hipòtesi es combinen les accions estabilitzadores dels frontons, finestrals i pilastra central amb l'empenta cap a l'exterior de la seva coberta i l'acció obliqua de signe contrari que proporcionen les teulades laterals, mentre que per una altra banda es calcula el gran arc central amb les càrregues gravitatòries del seu propi pes i el de les voltes.

En el càlcul de l'arc no ha estat possible definir un traçat de les corbes de pressions que s'adeqüi al nucli central, tot i que s'ha trobat una solució que es pot encabir dins de la secció total (*imatge 11.4*). Gaudí va calar els ronyons d'aquest element resistent i va deixar dues zones, bastant distanciades entre elles, amb l'arc nu –de 45cm de cantell–, que pràcticament no permeten la mobilitat de la corba de pressions. Aquest fet, lligat al tipus de recolzament amb la columna, on l'arc arrenca lleugerament volat, fan que sigui complicat acostar-se del tot al traçat ideal, tot i que conceptualment la solució trobada –només per a càrregues gravitatòries– s'hi apropa bastant, però passa pràcticament tangent a l'intradós per la perforació superior i quasi tangent al trasdós per la inferior, amb unes excentricitats que farien aparèixer traccions –i, per tant, esquerdes– en l'arc.

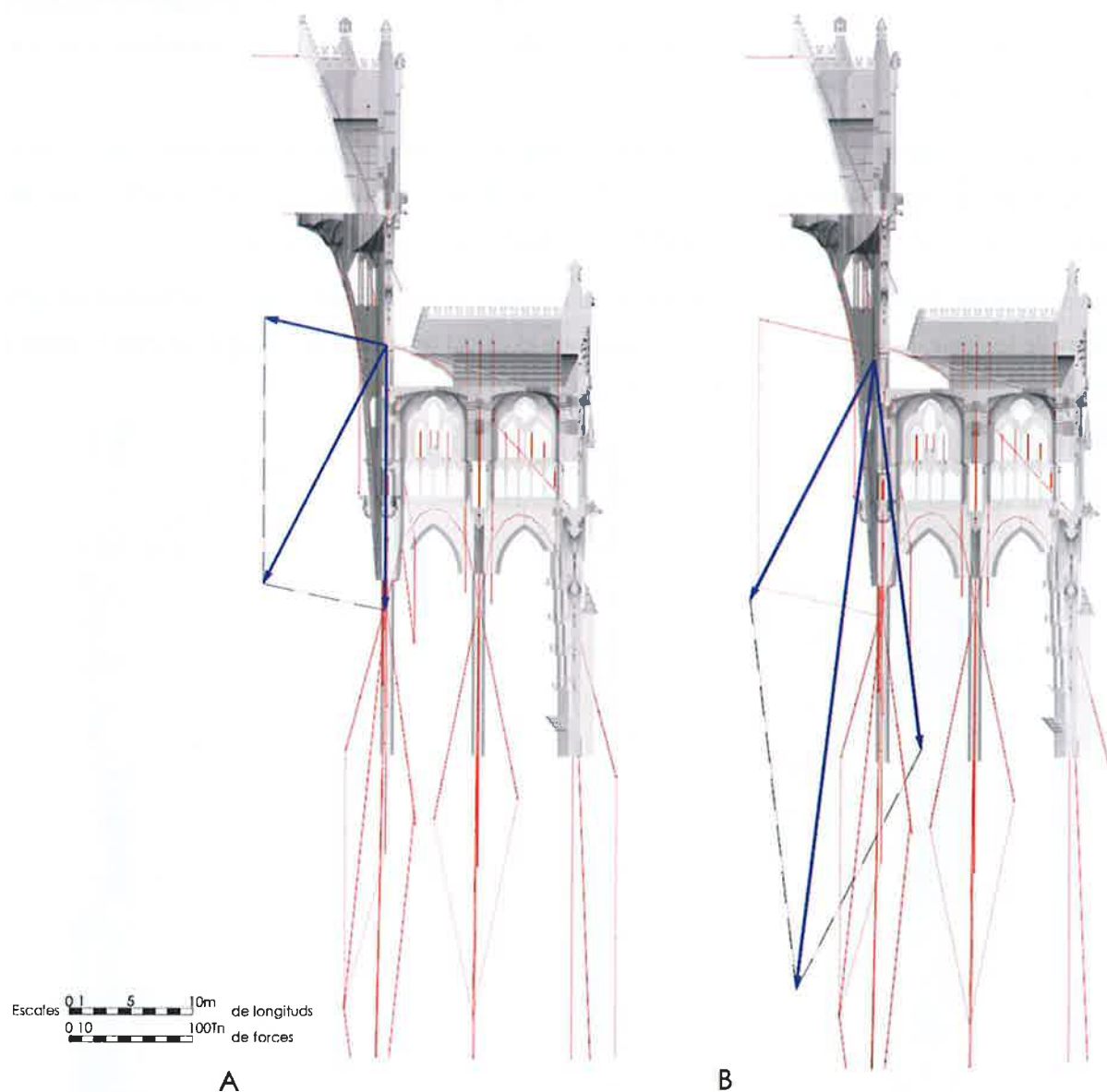


**Imatge 11.4.-** Càlcul de l'arc principal de les naus només tenint en compte les accions gravitatòries. Efecte de les perforacions en els ronyons i recolzament volat sobre la columna, que dificulta obtenir un traçat satisfactori.

Com que el motiu d'aquest capítol no és establir un càlcul purament numèric de tots els elements, sinó de veure com aquest influïa en el procés de disseny de les naus, s'ha procedit a calcular la tensió en el punt inferior suposant que la càrrega passés centrada, que seria la premissa que Gaudí fixaria en el seu càlcul i disseny ideals. La tensió obtinguda és de  $47 \text{ kg/cm}^2$  ( $89.0000\text{kg} / 1.900\text{cm}^2$ ), que és pròpera a la resistència de càlcul fixada per l'arquitecte i els seus col·laboradors per la pedra de Montjuïc ( $58,2\text{kg/cm}^2$  per la resistència mitjana i  $47,17$  per la corregida).

En canvi, quan mirem de trobar una situació estable a les pilastres de la façana, aquesta resulta impossible atesa l'empenta que provoca el pas de les cobertes laterals. La gran massa estabilitzant (frontons, finestral i pilastra) no resulta suficient per desviar l'empenta cap a l'interior de la pilastra, ni tan sols quan s'hi suma l'acció contrària que provoquen les cobertes centrals (*imatge 11.5*). Fins i tot, en aquest darrer cas, la resultant empeny al buit, cap a l'interior de la nau, on només s'hi poden oposar els arcs principals, que vénen girats a  $45^\circ$  respecte aquesta acció.

Els càlculs demostren que amb aquesta hipòtesi de partida –que seria la natural– no es pot garantir l'estabilitat de la nau central.



**Imatge 11.5.-** Efecte de l'acció obliqua de la coberta lateral sobre el mòdul central de l'estructura.  
 A.- Combinació coberta nau lateral + pesos estabilitzants nau central.  
 B.- Combinació A + acció inclinada de la coberta central.



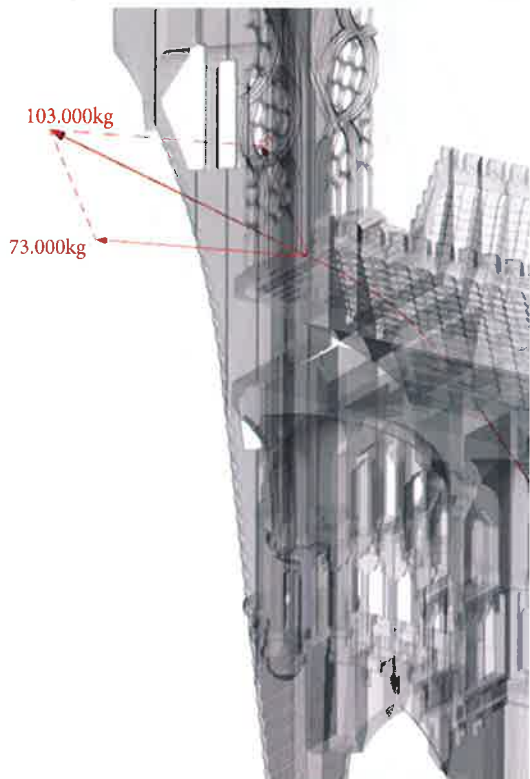
A mode d'experiment, es prova una segona hipòtesi per veure si es pot trobar una altra combinació d'accions que garanteixi l'estabilitat de l'edifici. En aquest nou anàlisi es mantenen les accions gravitatòries estabilitzants superiors (finestrals, frontons) i l'empenta de la coberta central sobre la pilastra de la façana, mentre que la component obliqua de les cobertes laterals (103.000 kg) es descompon en la direcció dels arcs principals (girats a 45°) i s'inclouen en el càlcul d'aquest element (*imatge 11.6*).

La nova acció que s'incorpora a l'arc (73.000 kg) és molt superior a la resta d'accions gravitatòries (que oscil·len entre els 3.000 i 4.500 kg) i modifiquen totalment el traçat de la corba de pressions, que encara s'allunya més de la forma projectada. El nou traçat es pot arribar a encabir dins del conjunt de l'arc i els paraments dels ronyons (tot i que per molt poc), però envaeix l'espai del calat i les excentricitats provoquen un estat tensional impossible que provocaria la fallida de l'element resistent (*imatge 11.7*). A més, les accions en la base s'inclinen cap a l'interior de la nau en el mateix sentit que les empentes dels arcs laterals, i, per tant, no es pot encabir la resultant dins les columnes verticals de suport.

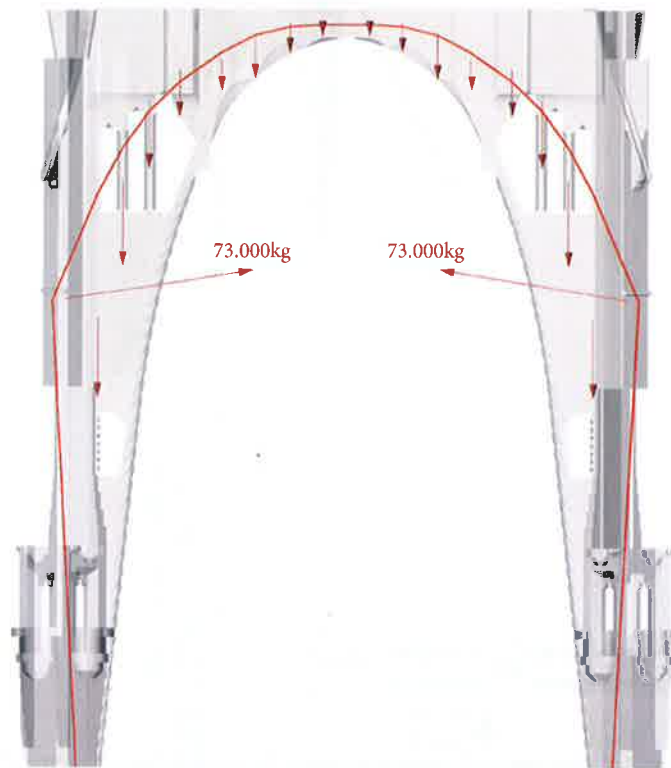
Queda demostrat, doncs, que aquesta hipòtesi tampoc compleix, ja que provoca la fallida de tots els elements, i que qualsevol combinació que intenti fer col·laborar els arcs centrals per contrarestar les empentes horitzontals tampoc serà satisfactòria per un doble motiu: el col·lapse de l'element principal i la desestabilització dels elements que el suporten.

Fins ara no es pot considerar que el comportament estructural de la primera versió sigui satisfactori, però la principal causa que provoca la seva fallida es pot atribuir a un element secundari dins del conjunt –el pas de servei de la coberta lateral– que amb uns petits ajustos de traçat es podria arribar a corregir.

Com ja s'ha comentat, l'objectiu no és establir un càlcul tensional complet, sinó veure com el càlcul influeix en el disseny de les naus, i per això s'opta per continuar amb el càlcul de la resta de l'edifici, obviant l'element defectuós, i esbrinar si la resta dels traçats proposats per Gaudí eren correctes.



**Imatge 11.6.-** Descomposició de l'acció obliqua segons les direccions dels arcs principals.



**Imatge 11.7.-** Prova de càlcul dels arcs centrals amb la component de la coberta lateral.

### Naus laterals

Les naus laterals es suporten sobre unes columnes cilíndriques verticals –la pròpia de la nau i la del mòdul central– i sobre el contrafort de la façana.

A sobre d'aquests elements Gaudí va disposar uns robustos arcs apuntats que suporten dos murs molt calats que entremig contenen un passadís i que són disposats segons la retícula del mòdul base del temple (7,50 x 7,50m). Sobre aquests murs es situen les voltes, que s'hi recolzen directament. Les cobertes, que estaven formades de dues zones –el pendent suau i els cossos perpendiculars– descansen directament sobre les voltes, i en els cas dels cossos perpendiculars, que es repeteixen a cada mòdul, les seves accions es compensen i només transmeten càrregues verticals sobre els murs.

S'han verificat les esveltes columnetes dels murs calats –que són similars a les construïdes a la façana del Naixement– i donen tensions acceptables per a la pedra de Montjuïc (aprox. 32kg/cm<sup>2</sup>).

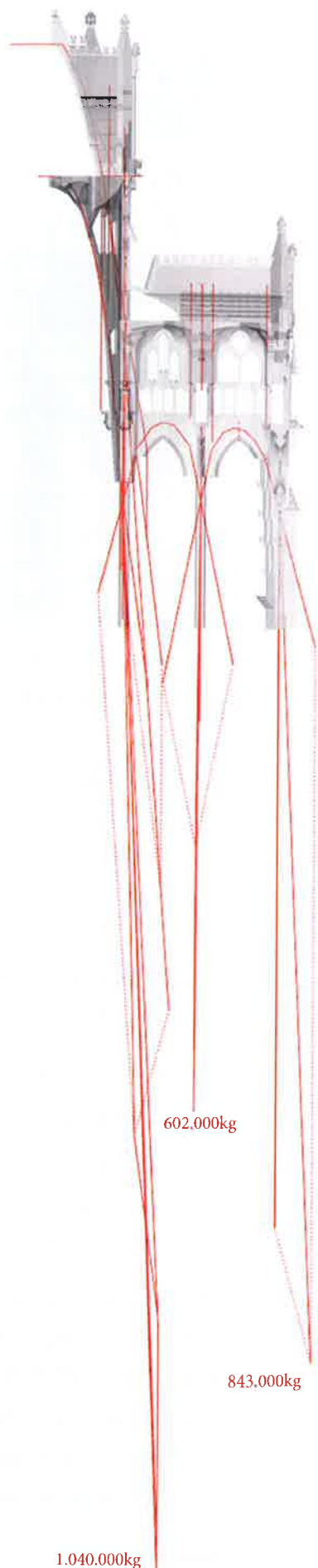
Els arcs apuntats inferiors pràcticament són simètrics quant a geometria, però no ho són les seves càrregues, degut a la distribució en pendent de la coberta. S'han calculat amb el mètode de l'arc asimètric i no ha suposat cap problema trobar una corba de pressions que s'adeqüi al seu traçat atesa la seva gran secció (de 80cm de base i un cantell mínim d'1,70m).

### Suports verticals i contraforts

En aquest apartat ens centrarem en l'anàlisi de les columnes inferiors i del contrafort de la nau lateral.

En el cas de la columna de la nau central s'ha de comprovar si la resultant de totes les càrregues que suporta passa per dins de la seva secció. En aquest càlcul s'ha obviat l'empenta de la coberta lateral, que era el principal error estructural comès per Gaudí en aquesta versió.

Per una banda es componen els pesos superiors: els estabilitzants (frontons, finestrals i la pilastra superior) i les accions inclinades de la coberta central (cap a l'exterior) que, combinades, passen per dins la secció de la pilastra. En el nivell inferior aquesta resultant es combina amb l'empenta que provoca l'arc de la nau lateral –cap a l'interior– que desvia la resultant cap al centre de l'edifici (*imatge 11.8*).



**Imatge 11.8.-** Alçat lateral del càlcul sense l'acció de les cobertes laterals.

En la zona alta de la columna aquestes accions es combinen amb l'empenta de l'arc central i el pes del propi suport, i la resultant final és inclinada cap a l'exterior de les naus i es manté dins de la secció en tota la seva longitud, però no dins del nucli central.

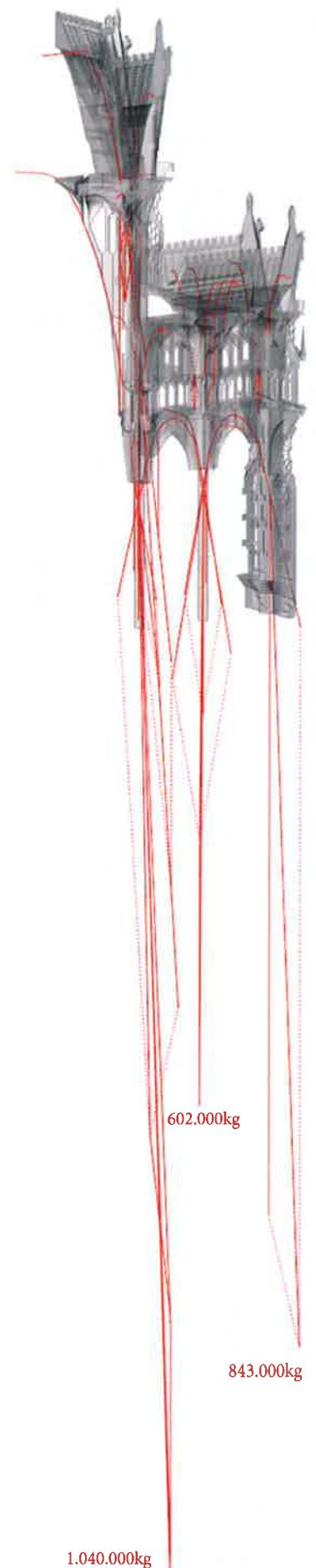
Tal i com havíem fet en el càlcul de l'arc central, comprovem la tensió sense tenir en compte l'excentricitat, a partir de la hipòtesi que Gaudí havia aconseguit equilibrar la resultant amb l'eix de la columna.

La càrrega total és de 1.040.000 kg, que dividit per la seva secció ( $\text{Ø}105\text{cm}$ ) dóna una tensió de  $120\text{kg}/\text{cm}^2$ , molt propera a l'admissible fixada pel granit, que l'arquitecte i els seus col·laboradors van establir en  $128,8\text{kg}/\text{cm}^2$ . Aquest resultat fa pensar que el diàmetre d'aquest element venia directament fixat pel càlcul<sup>1</sup>, en una optimització on no s'havia tingut en compte cap possible excentricitat.

El càlcul de la columna lateral és més simple. Al damunt hi conflueixen dos arcs simètrics en el sentit longitudinal i dos que pràcticament ho són en el sentit transversal (amb lleugeres variacions de geometria i càrregues de la coberta). L'acció dels quatre arcs es combina i dóna una resultant pràcticament vertical, amb una lleugera inclinació cap a l'interior de l'edifici (*imatge 11.9*). En aquest cas la càrrega total és de 602.000kg, que dóna una tensió de  $70\text{ kg}/\text{cm}^2$ . Aquesta tensió és superior a l'admissible per a la pedra de Montjuïc i, per tant, valida la hipòtesi de partida, on s'havia assignat granit.

Per últim ens queda verificar l'estabilitat de la façana allí on suporta els arcs de la nau lateral. Els arcs transversals recolzen sobre la pilastra a una alçada de 17 metres i no en tenen uns altres que els contrarestin. L'acció inclinada es condueix cap a la fonamentació sense dificultat amb l'ajuda del pes de la façana, formada per uns grans frontons—que rematen els finestrals—i el contrafort massís situat entre les obertures. Per rebre aquesta component inclinada Gaudí va disposar una pilastra entre les obertures, que va engruixir a la zona inferior fins a convertir-la en un contrafort. El canvi de secció, però, no es produeix just a sota del recolzament de l'arc, sinó que es troba uns cinc metres per sota d'aquest. Amb el traçat del càlcul gràfic es comprova que l'alçada és la necessària per rebre l'acció inclinada de

<sup>1</sup> Tot i que el diàmetre estricte estigui definit pel càlcul, Gaudí adaptava el diàmetre de la columna a un valor concret, sempre a l'alça. En el cas de la tercera versió de les naus aquests valors venien establerts per un sistema de proporcions, tal i com han posat de manifest les investigacions realitzades per l'equip liderat per l'arquitecte Jordi Bonet i Armengol.



**Imatge 11.9.-** Axonometria del càlcul sense l'acció de les cobertes laterals.

l'arc abans de compondre-se amb la massa estabilitzant, sense sortir-se de la secció resistent. Les tensions sobre aquest element són mínimes ( $16\text{kg/cm}^2$ ) i es suporten sense problema amb la pedra de Montjuïc del Raig, la més tova que Gaudí planteja per l'edifici i que destina als tancaments.

### *Conclusions del càlcul de la primera versió*

Tot i que durant l'anàlisi ja s'han extret algunes conclusions, en aquest apartat ens dedicarem a recopilar-les. Per fer-ho ens servirem de la descripció que Puig Boada<sup>2</sup> fa en el seu llibre sobre aquesta versió, on descriu l'estructura d'arcs que planteja Gaudí:

*“L'estructura mecànica del Temple de la Sagrada Família. - Partia, quan fou plantejada integralment en 1898, del tipus gòtic, amb els defectes cabdals, però, corregits. En aquest primer estudi hom obtenia la verticalització dels esforços mitjançant l'extraordinari peraltament dels arcs, que prenien una forma semblant a una paràbola o a una catenària, i el punt dels quals era unes dues vegades i mitja més gran que la llum.*

*La forma d'aquests arcs era la mateixa forma de la resultant de les pressions dels seus components; això permetia un treball mecànic excel·lent i una exacta localització de les pressions. La quasi verticalització de les resultants finals en passar per les columnes, era resultat únicament de l'encertada combinació de l'alçada i de la llum de la nau central i de les dues naus laterals, i podia prescindir dels arbotants i contraforts del sistema gòtic; corregia, doncs, el principal defecte de l'estructura medieval; els esforços no es disgregaven a l'exterior; els elements vitals de l'edifici no quedaven exposats a fàcil destrucció; l'organisme mecànic de l'edifici coincidia amb l'organisme arquitectònic. Subsistia, però, en aquest seu interior, l'essencial principi gòtic, puix que l'estabilitat de tots els arcs depenia de la de l'arc contigu, de manera que si un d'ells falla per qualsevol accident exterior o interior, arrossega fàcilment en la seva caiguda tots els altres successivament.”*

En el càlcul s'ha comprovat:

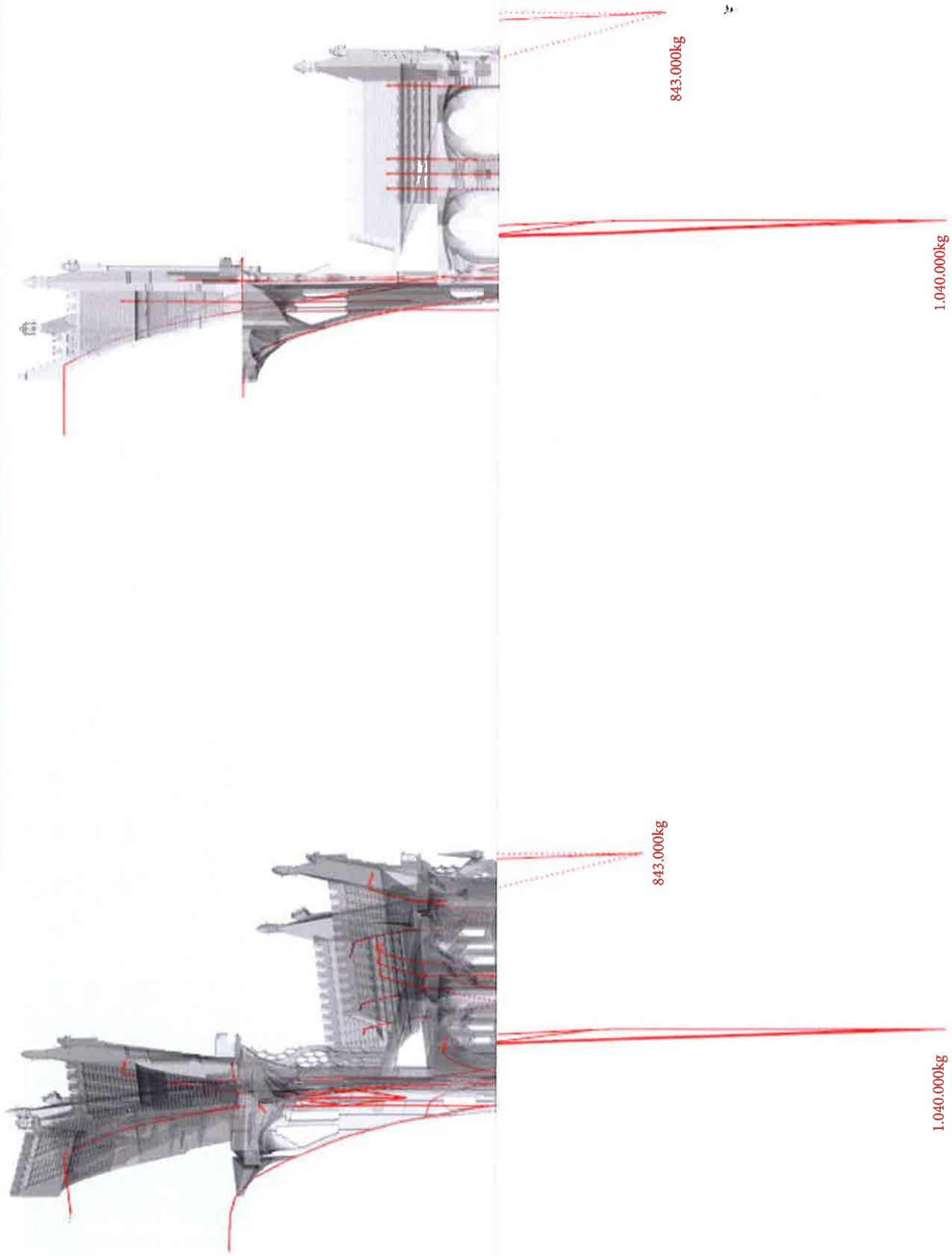
- Que Gaudí redueix al mínim els contraforts, però manté unes grans pilastres –a les naus central i lateral– que aporten una gran càrrega estabilitzadora reforçada amb l'addició dels grans frontons dels finestrals, que actuen com uns pinacles descomunals.
- L'acció de les cobertes també és beneficiosa –a excepció de l'errada que comet en el pas de la nau lateral– tot i que aporten una component inclinada que provoca certs problemes a la zona superior de les voltes centrals i desvia lleugerament els pesos cap a l'exterior a la pilastra superior.
- Es comprova que el perfil catenari –i no parabòlic– dels arcs centrals i el seu peraltat dona una acció en els seus suports molt vertical, favorable per minimitzar els elements d'estabilització externs. En el càlcul també s'ha verificat –tot i que amb algunes diferències– que el seu traçat correspon al de les càrregues gravitatòries –tal i com descriu Puig Boada–, tot i que el calat dels seus ronyons, junt amb l'estrany recolzament sobre el pilar, crea desavinences entre la corba de pressions ideal i el seu traçat que impedeixen verticalitzar encara més les seves accions, fet que seria beneficiós per a la columna.

<sup>2</sup> Puig Boada, Isidre. *El Temple Expiatori de la Sagrada Família*. Barcelona, Ed. Barcino, 1929, p. 149-151. Aquest extracte és un resum de les idees explicades per Sugrañes en el seu article de 1923.

- En aquesta versió, Gaudí fa un autèntic joc d'equilibris per compensar totes les accions i trobar unes resultants quasi verticals. L'arquitecte porta al límit el plantejament estructural i s'atreveix a confiar el suport de pràcticament tot l'edifici a dues esveltes columnes verticals, sense elements d'estabilització horitzontal i amb només uns petits contraforts embeguts entre els finestrals de la nau lateral. En el cas de la nau central, col·loca una gran massa –pilastra i frontons– damunt la columna, que en una mostra d'atreviment redueix la secció respecte els elements que suporta. L'element de connexió entre les pilastres centrals i laterals es fa a través del sostre i la retícula de murs calats de la nau lateral –en lloc d'uns potents arcbotants– i condueixen els esforços cap a un petit contrafort que no està preparat per garantir l'estabilitat de tot el conjunt.

Per tant, podem afirmar que l'arquitecte construeix un castell de cartes que es suporta sobre les dues esveltes columnes inferiors –sense travar-les– i on a més afina la secció al màxim –tal i com es desprèn dels càlculs efectuats, en els quals es mostra que una petita variació de les càrregues suposaria el col·lapse de l'edifici. Precisament aquest és el darrer punt que tracta Puig Boada: la fallida de qualsevol element (arc, columna o pilastra) duu l'edifici al col·lapse en cadena, ja que tots els elements estan vinculats. Aquest fet s'ha comprovat durant el procés de càlcul, on el descens de càrregues s'ha de fer en paral·lel a les tres naus (central i dues laterals) fins a compensar-se sobre les columnes.

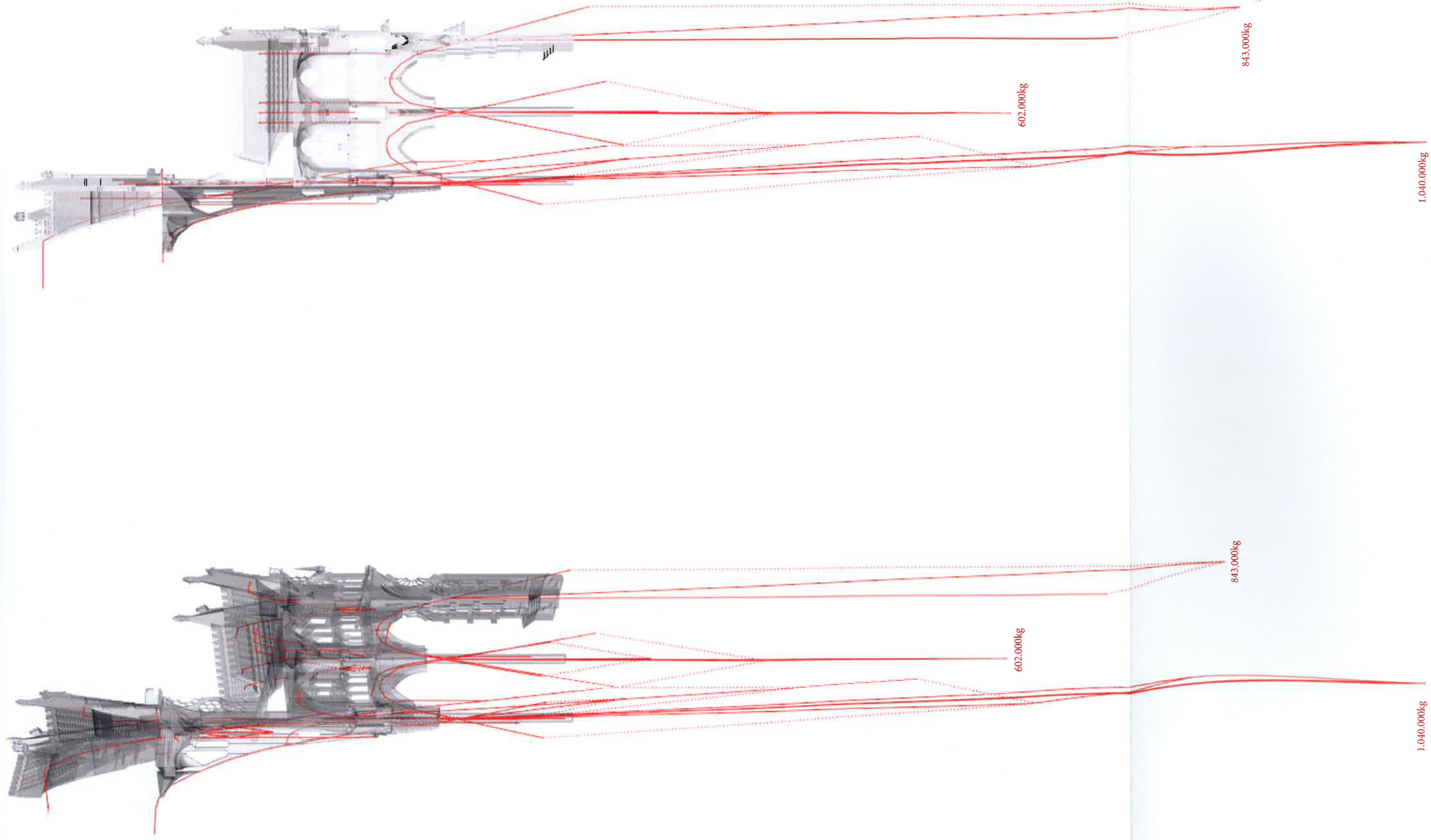
Gaudí millorarà aquests aspectes en les següents versions de les naus.



**Làmina 1.-** Primera versió de les naus. Càlcul amb estàtica gràfica.

Universitat Politècnica de Catalunya.

David Puig i Bermejo



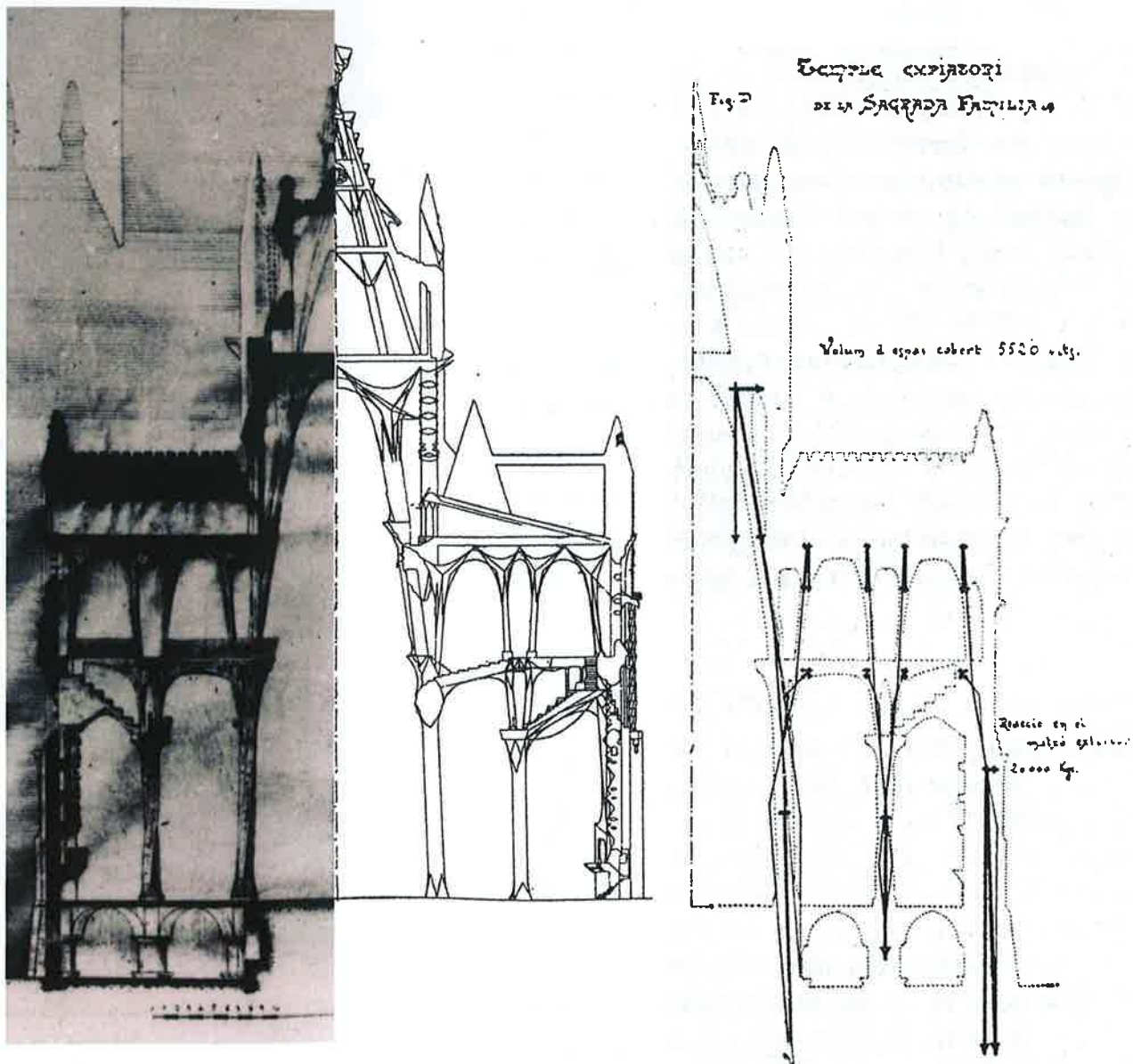
Làmina 1.- Primera versió de les naus. Càlcul amb estàtica gràfica.

## 11.2. La segona versió de les naus

Gaudí realitza aquesta versió després de retirar-se de la seva obra civil i de fer el projecte de l'església de la Colònia Güell, on realitza innovacions que després incorpora a les naus, com les columnes inclinades.

L'arquitecte comença a desdibuixar els arcs, que eren molt evidents a la primera versió, i els substitueix per unes columnes inclinades que varien la inclinació per trams a mida que guanyen alçada i que, a més, en el cas de la nau lateral, es desdoblen en branques per augmentar els punts de recolzament de les voltes.

De la segona solució de les naus en trobem dues variants: la primera (ST-1) es publica a *El Propagador* i a l'àlbum del Temple l'any 1917, mentre que la segona (ST-2) es publica després de la mort de Gaudí en el llibre de Puig Boada (1929) (*imatge 11.10*). El principi mecànic de l'interior de les naus és el mateix a les dues variants –llevat d'alguns detalls insignificants– i el canvi es concentra a la zona de cobertes. En la primera hi ha grafiades les teulades de la versió “neogòtica”, sense cap detall específic del tipus de sustentació (sobretot en les laterals), mentre que en la segona variant ja apareixen unes cobertes molt properes a les definitives, que estan formades per grans paraboloides que es suporten sobre l'extensió de les columnes inferiors, detall que apareix perfectament definit a la nau central.



**Imatge 11.10.-** Seccions originals de la segona versió de les naus, on es mostren les diverses variants i el càlcul simplificat de Sugrañes. D'esquerra a dreta : ST-1, ST-2, ST-3.



Davant d'aquestes variants es presenta el dubte de quina és la solució que s'ha de calcular. En principi sembla que s'hauria de verificar l'estabilitat de la primera variant –amb les cobertes primitives–, que és la que s'ha modelat, però els càlculs efectuats a la primera versió ja han posat de manifest que la principal errada de càlcul que comet Gaudí –i que compromet l'estabilitat del conjunt– es localitza en aquesta zona i, per tant, sembla que ja podríem extreure algunes conclusions sense realitzar cap càlcul.

Com que la finalitat és estudiar el comportament de l'estructura principal de les naus –que pràcticament és la mateixa en les dues variants– es considera adient ampliar el càlcul i verificar-la amb les darreres condicions de sustentació de la coberta. Aquesta hipòtesi no ha de resultar estranya, ja que en un altre document, escrit per Sugrañes l'any 1917, ens mostra una secció a punts de la primera variant (ST-3) on hi apareix una composició de pesos que correspon al mètode que després aplica a la darrera versió de l'edifici. En aquest dibuix s'observa una gran desproporció entre els pesos de la zona superior respecte la del nivell intermedi i, per tant, es desprèn que els pesos superiors són una composició de la massa de les cobertes i les voltes, tal i com fa en el mètode final.

Una vegada s'han definit les condicions de sustentació de les cobertes, procedirem a establir quins materials s'assignen a cada zona de les naus. En aquest cas, la incertesa és menor que en la primera versió, perquè les naus de les dues darreres solucions són més semblants. Per això s'apliquen els materials definits per Sugrañes (1923), que es mostren en la imatge adjunta (11.11) i que corresponen a:

- Granit per a les columnes de la nau central.
  - Pedra de Montjuïc Blancatge per a les columnes i contraforts de la nau lateral.
  - Pedra de Montjuïc de Raig (menys resistent que l'anterior) pels finestrals.
  - Un conjunt de maó i reblert en massa per a les voltes de les naus.
  - Un conjunt de pedra i ceràmica per a les cobertes.
  - Maó massís per a les columnes de sosteniment de les cobertes.
- Tot plegat, amb els valors de càlcul que s'han definit en el capítol anterior.



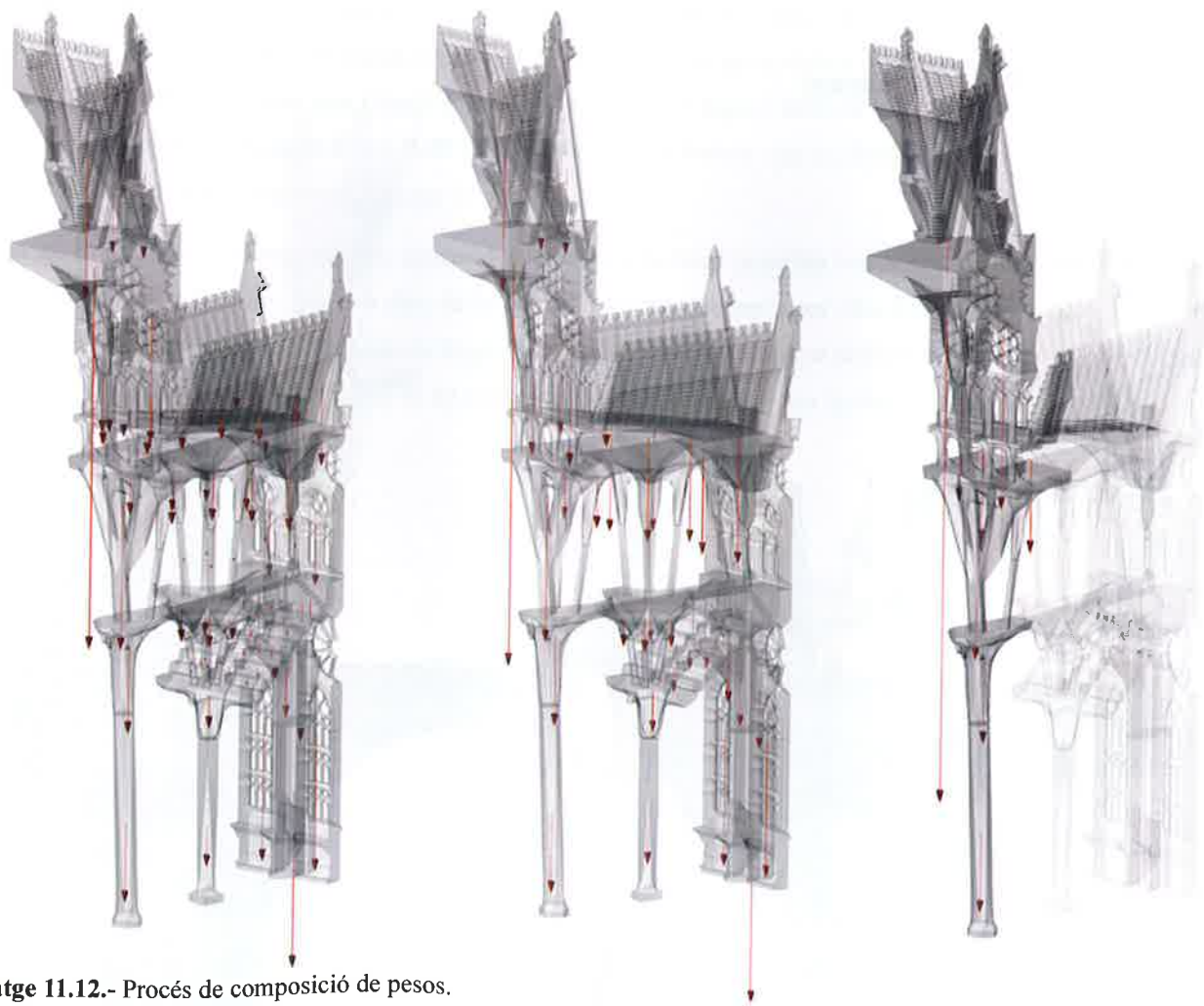
- Granit
- Pedra de Montjuïc
- Maó
- Ceràmica i pedra (cobertes)
- Ceràmica i reblert en massa (sostres interiors)
- Ceràmica i reblert en massa (voltes nau)

**Imatge 11.11.-** Materials assignats pel càlcul de les naus.

En aquesta versió es veu l'inici del canvi estructural que ja insinua la solució definitiva que Gaudí i Sugrañes defineixen com arborescent.<sup>3</sup> En el text de Sugrañes de 1917 es publica un dibuix on es mostra el mètode de càlcul que utilitzen per a la segona versió, que ja es correspon amb el definitiu.

El canvi de mètode està vinculat al canvi de tipologia estructural i es basa en conduir els pesos dels elements sustentats directament cap a la fonamentació a través de columnes inclinades per tal d'evitar el complex treball en arc. Per tant, el mètode descrit per Sugrañes té com a objectiu fixar la posició i l'orientació dels elements sustentants de l'edifici a partir d'un mètode més simple.

Recorre, per fer-ho, a determinar el pes i el centre de gravetat de cada element que suporta la branca (*imatge 11.12*). A continuació calcula la resultant i el centre de gravetat del conjunt d'elements (cobertes, voltes...) suportats, i aquest centre serà el punt de pas superior de la branca (*imatge 11.13*).



**Imatge 11.12.-** Procés de composició de pesos.

3 "En tots els estils arquitectònics la columna s'ha lligat amb l'idea d'arbre, i s'ha comparat manta vegada, l'interior d'una catedral gòtica, amb els boscos [...] però en realitat aqueixes comparacions tant sols tenien un cert valor literari, abstracte, puig les columnes i voltes no tenien essencialment res a veure amb l'arbre, ja que constitueix una individualitat que subsisteix independentment dels altres que el circunden [...].

Aqueixa individualitat independent que agrupa'ls elements que la componen i els disposa de manera que s'equilibrin per ells mateixos, és precisament la columna en la disposició estàtica adoptada en el Temple de la Sagrada Família, per això mai aqueixa idea del arbre lligada a la columna ha tingut una realitat tant justa i essencialment adaptada com la tindrà en el Temple."

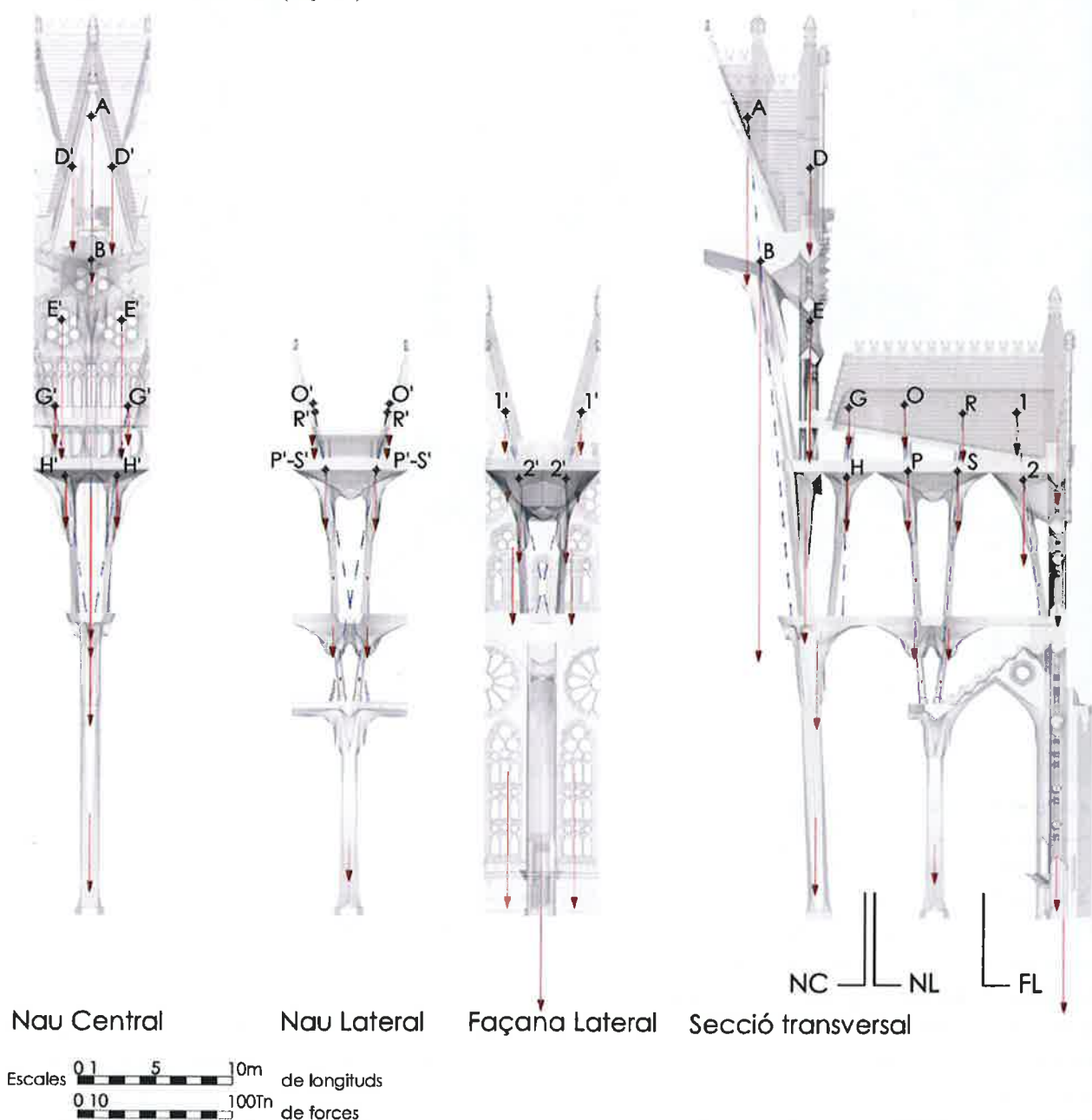
Sugrañes i Gras, Domènec. *Disposició estàtica del Temple de la Sagrada Família*. Anuari de l'Associació d'Arquitectes de Catalunya. Barcelona, 1923. p. 24.

L'arquitecte tria el punt de pas inferior, el que fixa la inclinació del suport, que en la zona superior no es desvia gaire de l'alineació fixada pels dos centroides de les masses individuals (coberta - volta). El procés de desviació de les càrregues gravitatòries verticals cap a l'eix inclinat de les columnes genera unes empentes horitzontals que s'han de compensar amb els mòduls adjacents.

Amb el procediment descrit s'ha determinat la posició de les branques superiors, però encara s'ha de definir la inclinació dels suports inferiors, que queda fixada directament per la composició vectorial de les forces que hi concorren.

A continuació es presenta el càlcul de cada mòdul, desglossat en:

- Nau central
- Cantories
- Nau lateral interior
- Nau lateral exterior (façana)



Imatge 11.13.- Situació dels centres de gravetat de les masses superiors a sostenir.

*Nau central*

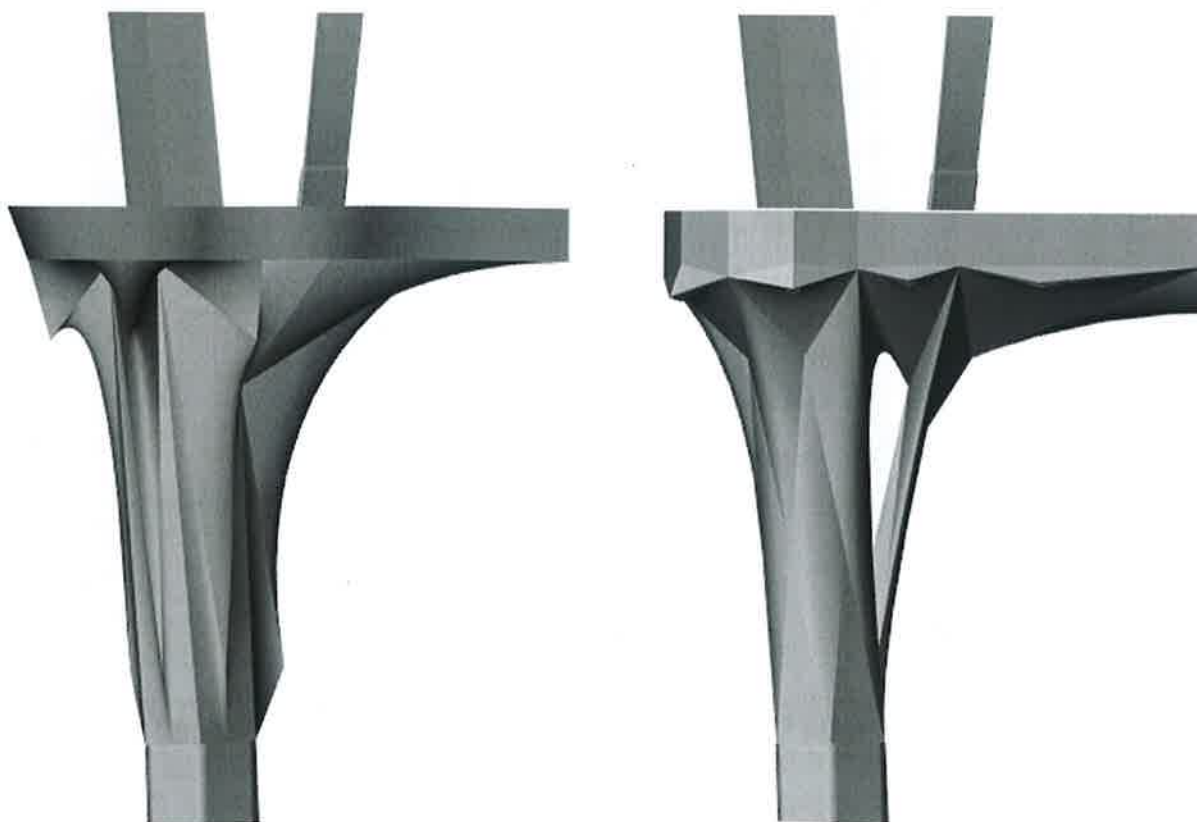
En aquest apartat es destaquen les incidències més rellevants del càlcul del mòdul central.

A partir de la composició dels pesos superiors –cobertes i voltes–, que s'han indicat amb lletres en la imatge adjunta, és possible trobar una direcció on els vectors passen per dins de les branques, tot i que en alguns casos amb una excentricitat molt elevada. La posició dels centroides superiors condiciona el traçat del polígon i no permet aprofitar tota la secció dels suports.

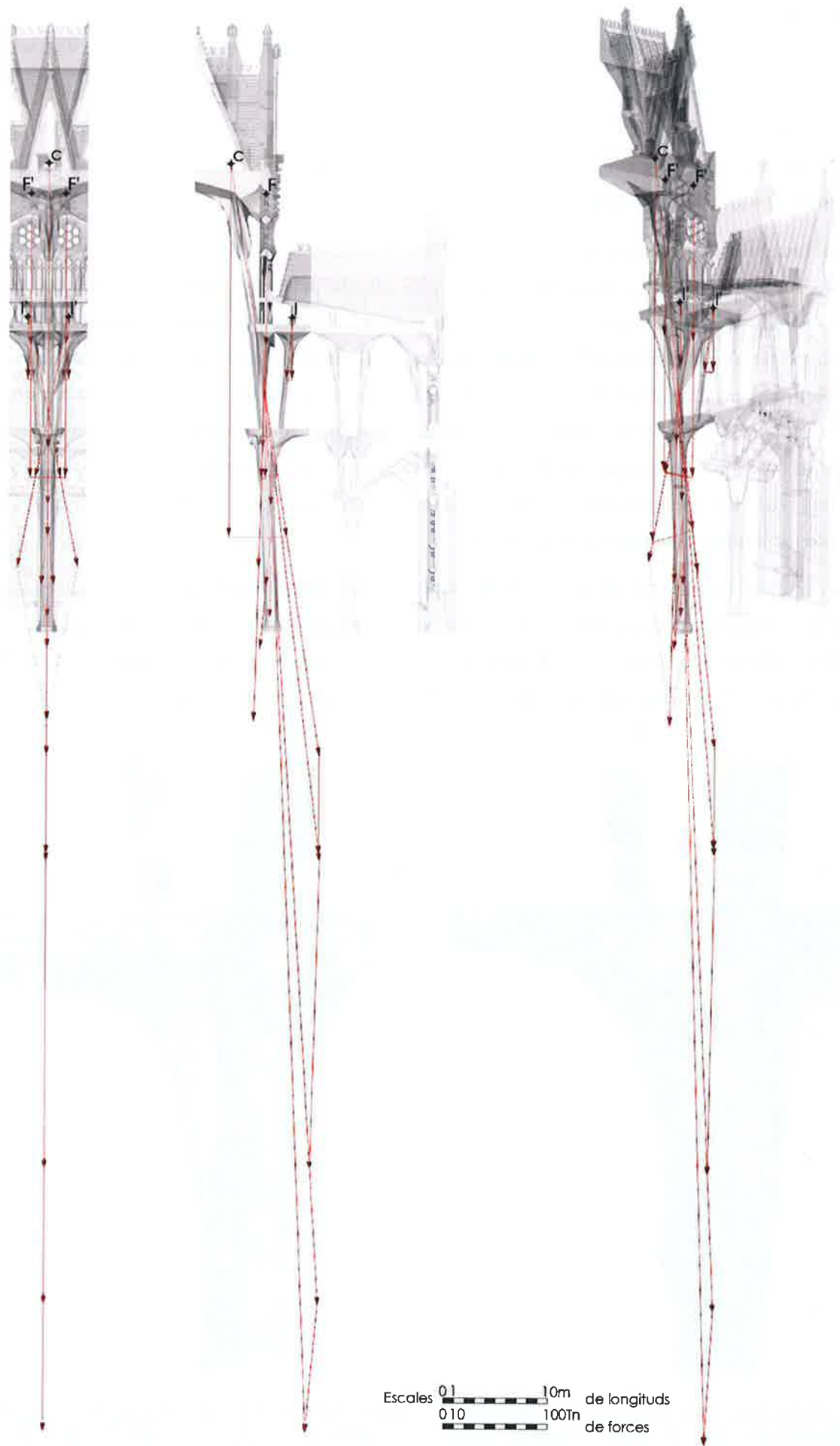
Les dues branques que suporten la coberta lateral s'han de compondre amb les accions de la columna de la nau central. L'alineació que ho permet, partint del centroide calculat pels pesos superiors, passa quasi tangent a la pell del capitell de 14 metres (peça R-018). Aquesta pell està formada per un paraboloides i és el que uneix el fust amb l'entaulament allargat del pis intermedi de travesa. El paraboloides s'ha d'entendre com una ampliació del capitell, ja pensat des de l'inici per rebre les columnes de la coberta lateral, però els càlculs realitzats mostren que aquesta secció és insuficient. Si mirem l'evolució geomètrica d'aquest capitell –estudiada en els capítols anteriors– veiem que Gaudí deuria ser conscient d'aquest defecte i per això el va corregir en les variacions posteriors (peces R-016 i R-017), on apareix una branca que es destina específicament a recollir l'acció de les columnes superiors (*imatge 11.14*).

Amb les limitacions que imposen els centroides superiors ha estat possible trobar una resultant que passa per dins de la columna inferior, però no dins de la posició òptima, que seria per dins del nucli central.

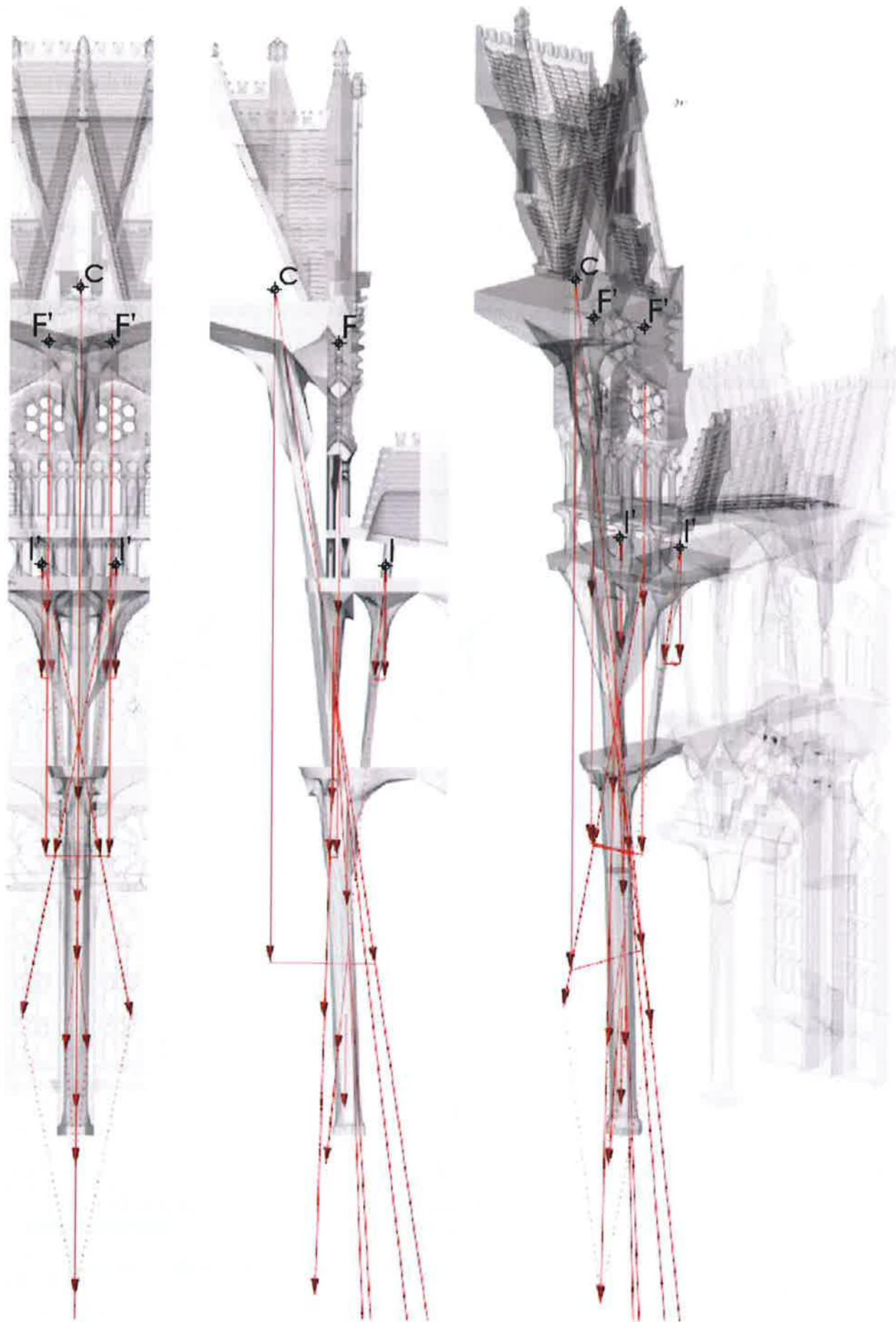
Del càlcul realitzat –segons el mètode de Sugrañes– es desprèn que el traçat dels elements estructurals s'ajusta bastant a la posició correcta, tot i que hi ha certes diferències que no el fan òptim (*imatges 11.15 i 11.16*).



**Imatge 11.14.-** Capitell de la nau central a cota +20m. A l'esquerra capitell R-018, on l'acció que prové de la branca superior passa quasi tangent a la pell. A la dreta evolució de la mateixa peça (R-017), on Gaudí incorpora una prolongació de la columneta superior per facilitar el pas de les accions.



Imatge 11.15.- Càlcul del mòdul central.

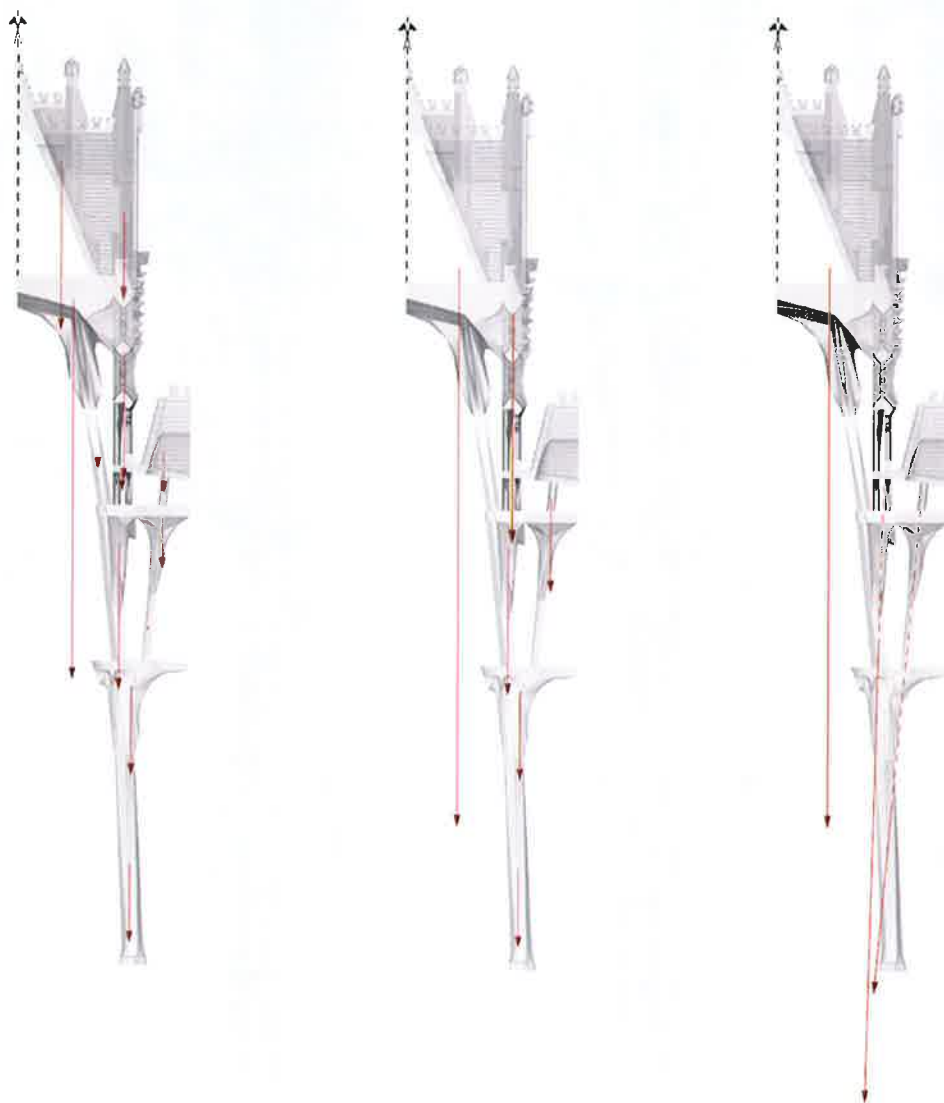


Imatge 11.16.- Càlcul del mòdul central (ampliació).

En aparença, aquesta versió presenta un canvi estructural notable respecte la precedent, però encara és una etapa de traspàs cap a la definitiva. Podem considerar que la nau central és la zona de les naus on l'edifici encara manté alguna similitud –encara que molt difusa– amb les naus anteriors. Tot i que han desaparegut els grans arcs catenaris, que es recolzaven sobre unes columnes verticals, en el fons es manté una certa idea d'arc, encara que ara s'ha “poligonalitzat”, es comença a inclinar des de terra i des d'un punt de vista formal s'ha revestit amb una nova pell, de base geomètrica, tal i com hem vist en els capítols anteriors.

Partint d'aquesta hipòtesi es considera interessant calcular aquest element amb els mètodes d'arc per veure la diferència entre els dos procediments.

Els primers passos són similars i consisteixen a calcular el pes i els centres de gravetat dels elements a suportar: conjunt de voltes i cobertes centrals, pes dels frontons i finestrals, i la component inclinada que prové de les branques que suporten la fracció de coberta lateral (*imatge 11.17*).



I.- Càlcul dels pesos i centroides individuals.

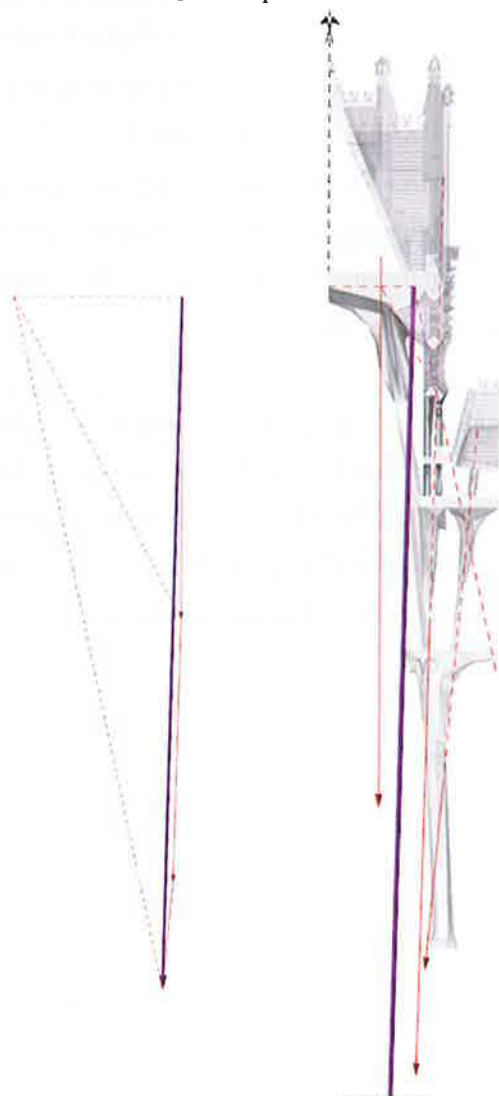
II.- Agrupació de les zones superiors.

III.- Càlcul de les accions inclinades que ha de suportar l'arc.

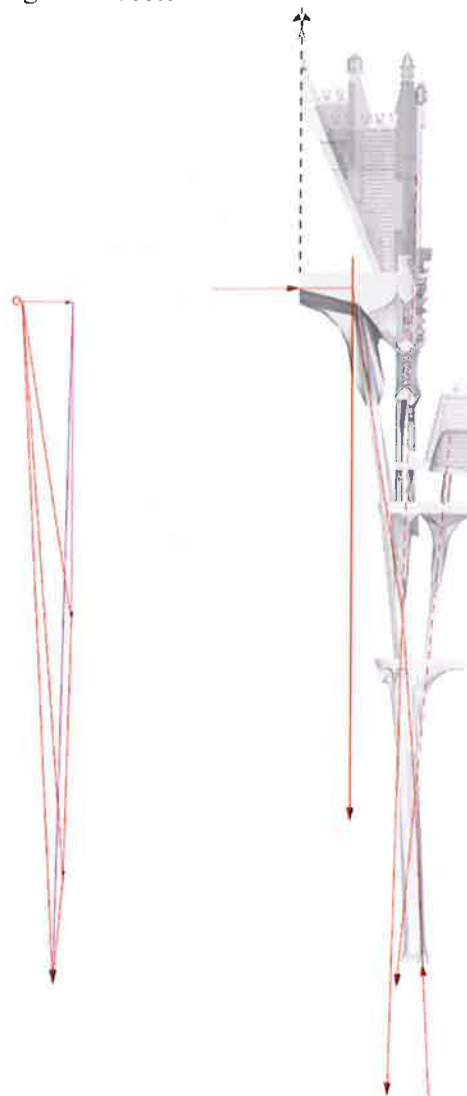
**Imatge 11.17.-** Procés de composició dels pesos superiors (simplificat) per calcular l'estructura com a arc.

A continuació es procedeix a calcular mig arc –ja que és simètric– i trobem que els resultats que s'obtenen s'ajusten molt al traçat projectat.

Aquest resultat no ens ha de sorprendre, i és que, en el fons, el “nou” mètode definit per Sugrañes es basa en deduir les accions exteriors que causa l'element estudiat sobre els que el suporten. En les imatges adjuntes es mostra la determinació d'aquests valors pel mètode de l'arc simètric i el simplificat de Sugrañes (*imatges 11.18 i 11.19*). En els dos casos els valors s'obtenen a partir de la intersecció de la línia d'acció de l'empenta amb la resultant del pes, i de la unió d'aquest punt amb la base. Un cop fixades les direccions es traça el polígon auxiliar, que determina el valors d'empenta i acció inferior. Per tant, el cas simplificat només es limita a menysprear el laboriós càlcul de la corba de pressions<sup>4</sup> que determinava el traçat de l'arc a construir, o bé verificava la bondat del traçat preconcebut, que ara s'ha substituït per unes grans masses, que són les voltes, i un suport lineal, que simplement és una columna disposada segons el vector calculat.



**Imatge 11.18.-** Càlcul gràfic de la resultant de mig arc simètric, amb dibuix lateral auxiliar (reduït).

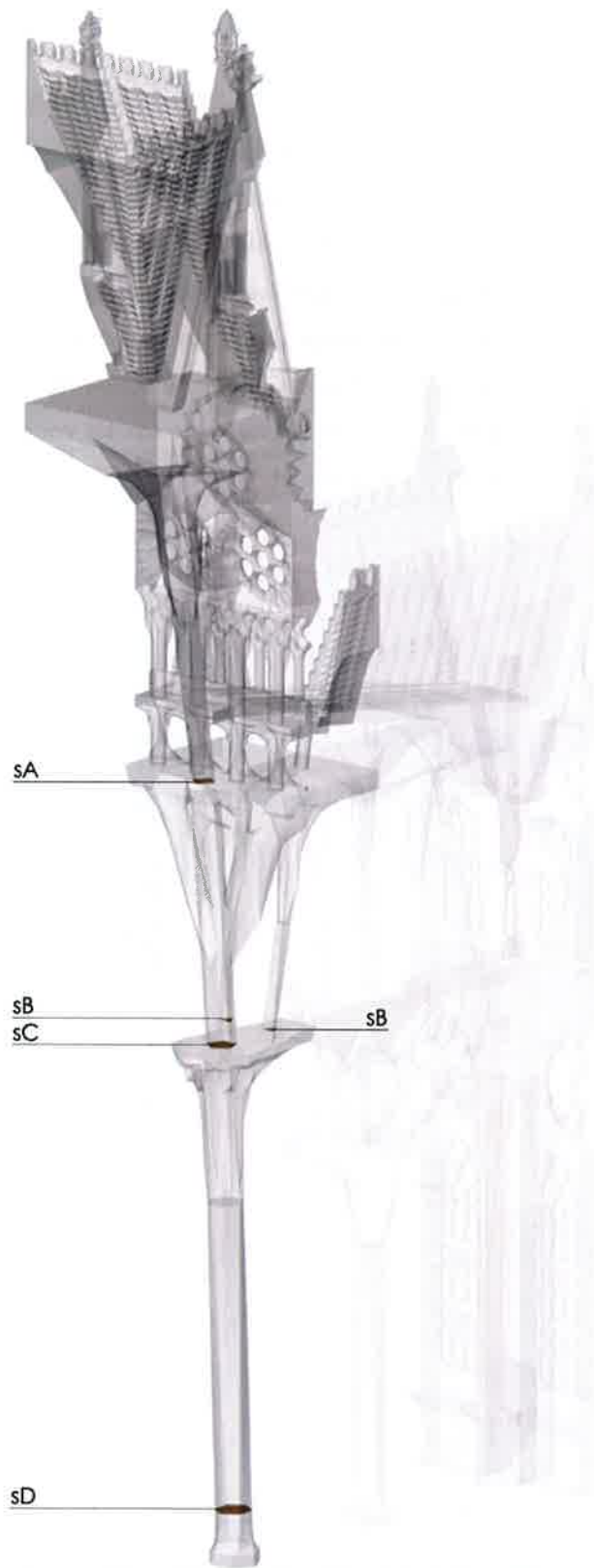


**Imatge 11.19.-** Càlcul de la corba de pressions, l'empenta en la clau i la reacció del suport, amb polígon lateral auxiliar (reduït).

4 “Sobradament conegudes, són les dificultats que existeixen per a determinar les corbes de pressions dels arcs i voltes i sobre tot per a lograr [sic] que aquestes corbes així com les resultants de llurs composicions, s'harmonitzin amb les formes dels arcs i pilars que les han de contenir, puig sapiguda [sic] és la constant baralla i discrepància que hi ha entre les unes i les altres. Aquestes dificultats i aquests desacords, desapareixen per a convertir-se en facilitats i harmonies en el sistema adoptat en el Temple de la Sagrada Família.”

Sugrañes i Gras, Domènec. *Disposició estàtica del Temple de la Sagrada Família*. Anuari de l'Associació d'Arquitectes de Catalunya. Barcelona, 1923. p. 25.





Després de determinar els esforços de l'estructura central, ara analitzarem els valors numèrics de les seccions més rellevants (*imatge 11.20*). Per fer-ho es prenen els resultats del primer mètode.

En aquest punt es verifica la bondat de la secció resistent tenint en compte únicament l'esforç axial, segons el mètode exposat per Domènec Sugrañes. No s'ha tingut en compte l'acció deguda a l'excentricitat, ja que en el mètode "ideal" de Gaudí el traçat del polígon hauria de coincidir amb la geometria. En el punt anterior (polígon funicular) ja s'ha especificat si la geometria s'ajusta o no al traçat i, en certa manera, en aquest apartat, ja s'ha validat si l'edifici s'ajusta al model. L'objectiu d'aquest apartat és determinar si les seccions que es van establir venien determinades només pel seu mètode –idealitzat– de càlcul o si també tenien la influència d'altres factors.

En el càlcul realitzat (tenint en compte els matisos que s'han exposat) s'ha detectat que en l'arbre principal les seccions fixades són molt superiors a les requerides des d'un punt de vista estrictament tensional. Els valors obtinguts es mostren a la taula adjunta.

Imatge 11.20.- Zones seleccionades pel càlcul de tensions del mòdul central.

MÒDUL CENTRAL - 2a VERSIÓ DE LES NAUS				
Secció	Element	Material	Esforç (kg)	Secció (cm <sup>2</sup> )
sA	Columna NC superior	granit de la Jonquera	366.800	4.900
sB	Columnes voltes NL	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)	61.100	1.385
sC	Columna NC mig	granit de la Jonquera	755.600	8.475
sD	Columna NC inferior	granit de la Jonquera	875.800	13.020

**Cantoria**

El conjunt de la cantoria apareix en aquesta versió de les naus i el seu sistema de suport és, paradoxalment, el que més recorda l'arc. L'estructura de les cantories està formada per un conjunt de paraboloides que suporten les grades, que es recolzen sobre uns grans nervis-arcs de traçat apuntat, que sorgeixen de la unió de la peça d'intercolumni (R-013) i el contrafort de la façana lateral (R-097c).

Degut al seu traçat, s'ha fet servir el mètode de càlcul d'arcs asimètrics de la primera versió. S'ha dividit l'arc en diverses parts per calcular els seus centroides parcials i s'ha calculat un polígon per tres punts. Aquest procediment dóna una acció inclinada sobre els capitells que incideix en els mòduls de la nau lateral (interior i façana).

Les peces que formen el nervi de la cantoria tenen molta secció i, per tant, es poden traçar diverses corbes de pressió satisfactòries que passin per dins de l'element. D'entre les moltes solucions possibles s'ha triat la més apuntada –que no és la més òptima per aquesta zona de l'estructura– perquè és la que minimitza l'empenta inclinada –clarament desestabilitzadora– que afecta la columna i contrafort que la suporten.

**Nau lateral interior**

En aquest apartat es destaquen les incidències més rellevants del càlcul de la nau lateral interior.

A partir de la composició dels centroides de les masses superiors (Q-T) ha estat possible trobar una posició en que els vectors passin per l'interior de les columnes (*imatge 11.21*). Els centroides calculats demanarien unes columnes amb menys inclinació perquè el vector que compleix passa per dins de la secció en diagonal i és quasi tangent a la base i al cap de la columna original.

En la zona alta del mòdul, Gaudí planteja quatre columnetes per suportar les voltes, que es distribueixen en dos nivells separats pel pis intermedi de cota +20 metres. L'arquitecte varia la inclinació de les columnes entre els dos nivells per facilitar el desembarcament de les escales de les cantories. Aquest fet provoca l'aparició d'unes components horitzontals que s'absorbeixen dins del nivell de travesa i que s'han de compensar amb els mòduls adjacents de la nau central i lateral exterior.

En el nivell inferior, les quatre columnes es combinen en una de sola dins de l'intercolumni de la cantoria (R-013). La combinació d'aquestes accions donaria una resultant pràcticament vertical, però la combinació d'aquesta amb l'acció obliqua de la cantoria dóna un resultat amb inclinació cap al centre del temple, que és la disposició que Gaudí adopta per a la columna. Tot i que la component inclinada de la cantoria té una magnitud important i es troba a una alçada considerable, el gran pes de les cobertes possibilita reconduir la càrrega dins de la columna amb relativa facilitat.

Tensió N/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Tensió admissible (kg/cm <sup>2</sup> ) segons Anuari 1916	Observacions
74,86	128,80	Compleix
44,12	58,20	Compleix
89,16	128,80	Compleix
67,27	128,80	Compleix



Escales 01 10m de longituds  
010 100Tn de forces

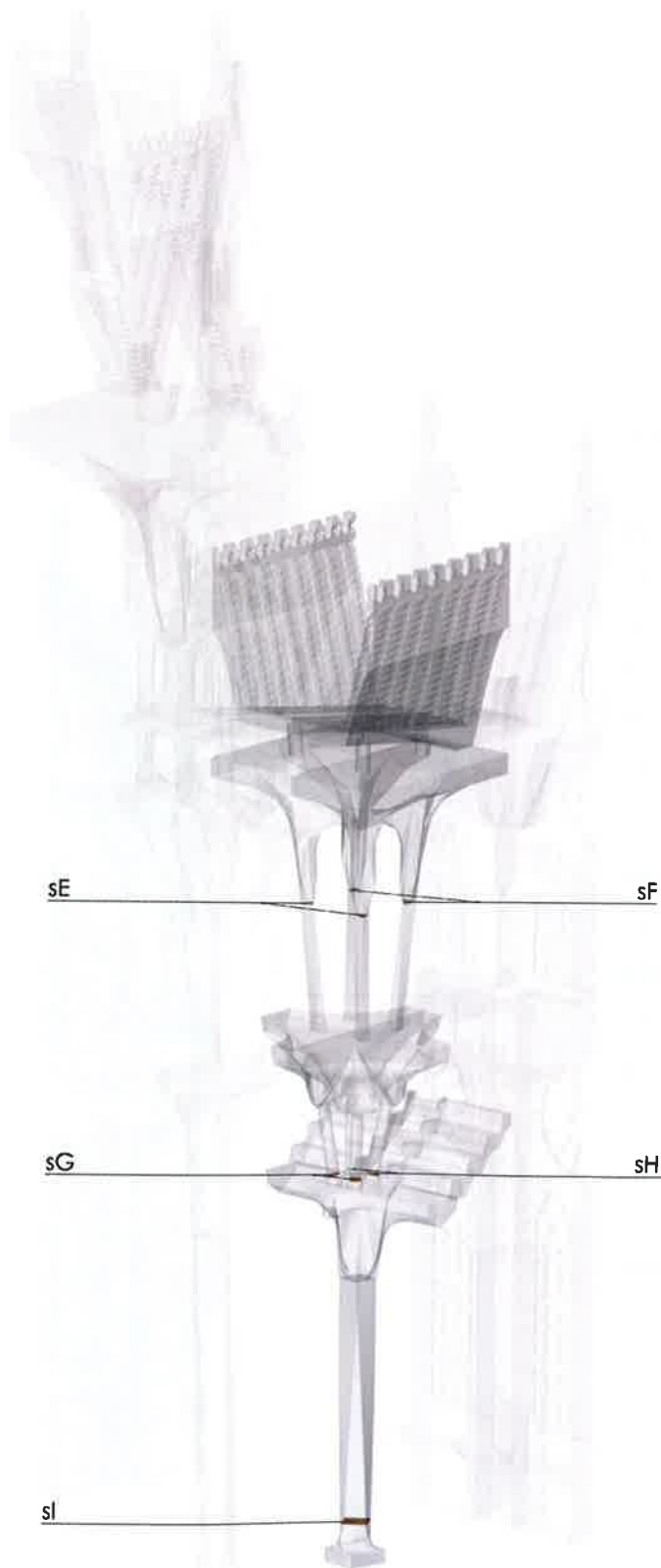
Imatge 11.21.- Càlcul del mòdul lateral interior.

MÒDUL LATERAL - 2a VERSIÓ DE LES NAUS		
Secció	Element	Material
sE	Col. voltes 30m (central)	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)
SF	Col. voltes 30m (lateral)	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)
sG	Col. sostre 20m (central)	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)
sH	Col. sostre 20m (lateral)	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)
sl	Columna cantoria	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)

A continuació s'exposen els resultats numèrics de les seccions més rellevants (*imatge 11.22*):

A diferència del que succeïa en l'arbre central, en el lateral les seccions són molt ajustades i s'apropen molt a la tensió admissible que Gaudí havia fixat en els seus assajos.

En aquestes seccions, menys sol·licitades que les anteriors, s'emprava pedra sorrenca de Montjuïc (Blancatge), molt menys resistent que el granit de la columna central. Els valors es mostren a la taula adjunta.



**Imatge 11.22.-** Zones seleccionades pel càlcul de tensions del mòdul lateral interior.

Forç (kg)	Secció (cm <sup>2</sup> )	Tensió N/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Tensió admissible (kg/cm <sup>2</sup> ) segons Anuari 1916	Observacions
67.800	1.306	51,91	58,20	Secció molt ajustada
71.400	1.306	54,67	58,20	Secció molt ajustada
91.200	1.585	57,54	58,20	Secció molt ajustada
94.400	1.585	59,56	58,20	Supera lleugerament la tensió adm.
451.400	9.000	50,16	58,20	Secció molt ajustada

*Nau lateral exterior (façana)*

En aquest apartat es destaquen les incidències més rellevants que es desprenen del càlcul de la nau lateral exterior.

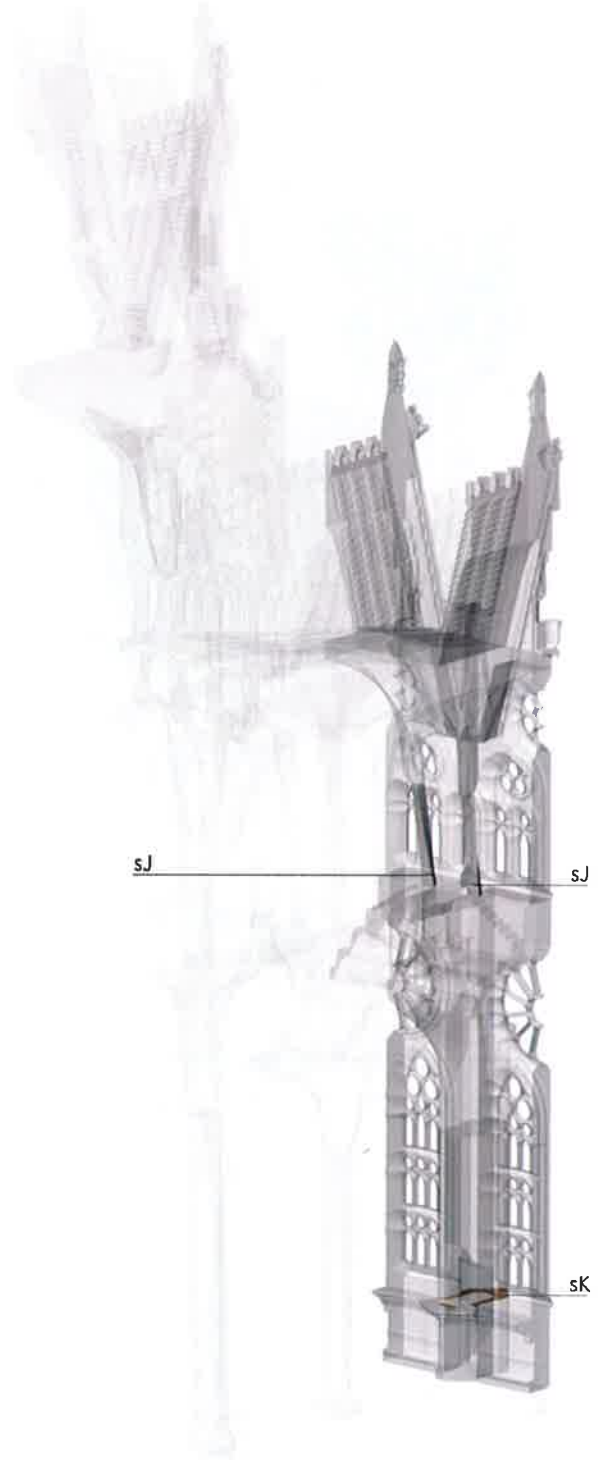
Aquesta zona és la més senzilla –tal i com succeïa en la primera versió de les naus– i es compon de les cobertes i voltes de 30 metres, el contrafort de la cantoria i els finestrals.

En la part superior es segueix el mateix procediment emprat en els mòduls anteriors. Es componen les masses de cada branca de les cobertes i les voltes sobre el seu centroides (3), que serà el punt de partida de l'arbre. Es detecta que el centre calculat està lleugerament desplaçat respecte l'eix geomètric de la columna i, per tant, el vector que passa per dins ho fa en diagonal, de forma semblant al que succeïa en l'arbre lateral (*imatge 11.24*).

Els vectors de les dues branques es combinen dins del contrafort, on s'hi afegeix el gran pes estabilitzant dels frontons. La darrera operació és combinar el resultat amb l'empenta inclinada de la cantoria i es determina que passa pràcticament pel centre de la secció sense cap problema.

Es destaca que tot i que hi ha forces obliqües –les columnes de les voltes de 30 metres i la cantoria– aquestes són força inclinades i, per tant, no desvien considerablement els vectors gravitatoris de les enormes masses de la façana.

A continuació s'exposen els resultats numèrics de les seccions més rellevants (*imatge 11.23*):



**Imatge 11.23.-** Zones seleccionades pel càlcul de tensions del mòdul lateral exterior (façana).

FAÇANA LATERAL - 2a VERSIÓ DE LES NAUS			
Secció	Element	Material	Esforç (kg)
sJ	Col. voltes 30m (façana)	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)	85.100
sK	Accés trifori (contrafort)	sorrenca de Montjuïc (Raig)	615.400

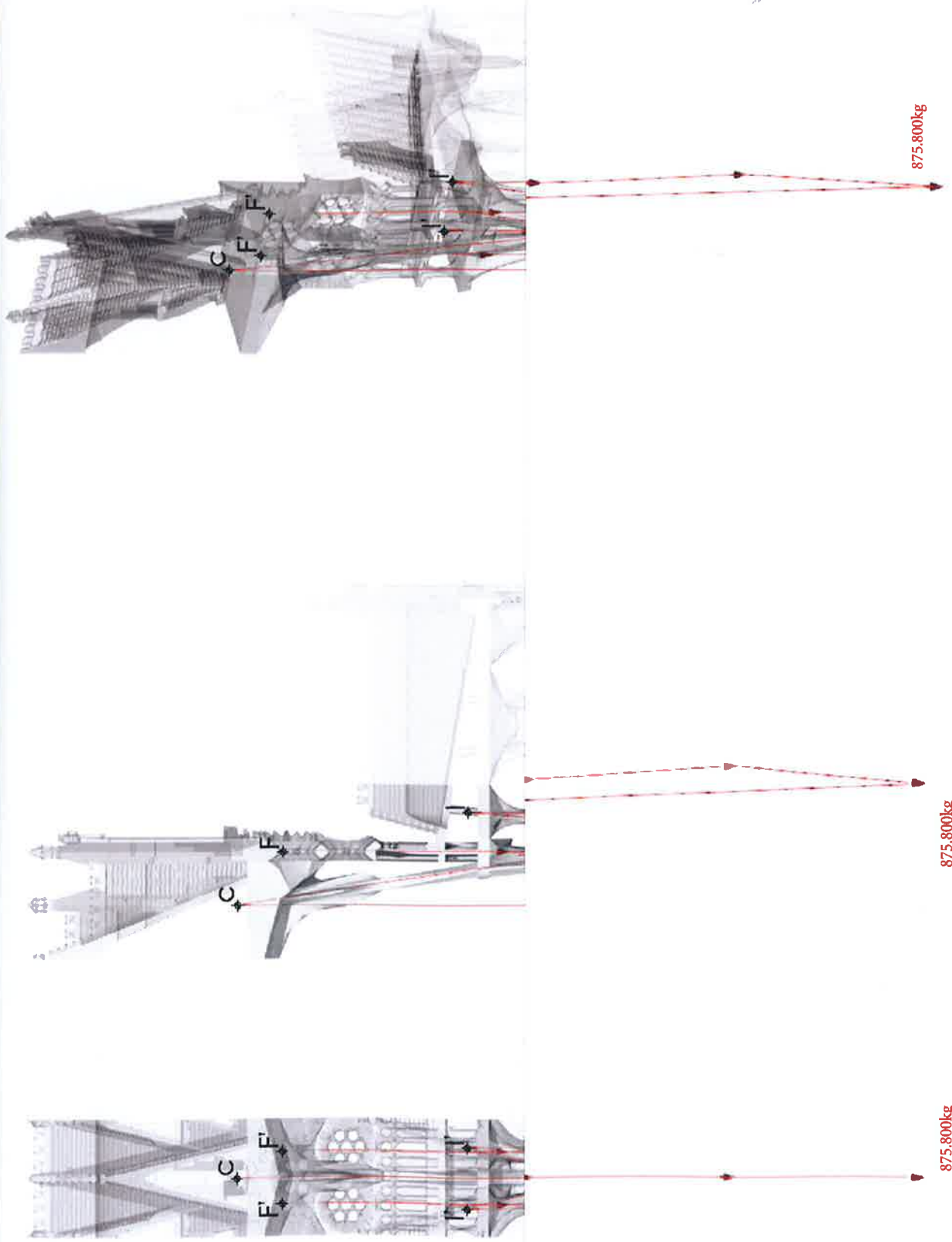


Imatge 11.24.- Càlcul del mòdul lateral exterior (façana).

Secció (cm <sup>2</sup> )	Tensió N/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Tensió admissible (kg/cm <sup>2</sup> ) segons Anuari 1916	Observacions
1.310	64,96	58,20	Es supera la tensió admissible
28.300	21,75	42,20	Secció més desfavorable (forat d'escala)

Les columnes superiors tenen la mateixa secció que la resta de branques de 30 metres ( $1.310\text{cm}^2$ ), que en el mòdul lateral interior complien amb la tensió admissible de forma molt ajustada. En les branques que ara es comproven s'excedeix la tensió admissible per a la pedra de Montjuïc (Blancatge). En una versió més evolucionada de les voltes (model R-080) Gaudí en canvia la geometria, però també varia la secció dels suports, que incrementa fins els  $1.600\text{cm}^2$ , que en aquest cas és la justa per complir amb la tensió admissible. Per tant, a través de l'anàlisi d'aquests elements sembla que l'arquitecte va detectar l'errada en aquesta zona i va solucionar-ho aprofitant el canvi de model de les voltes.

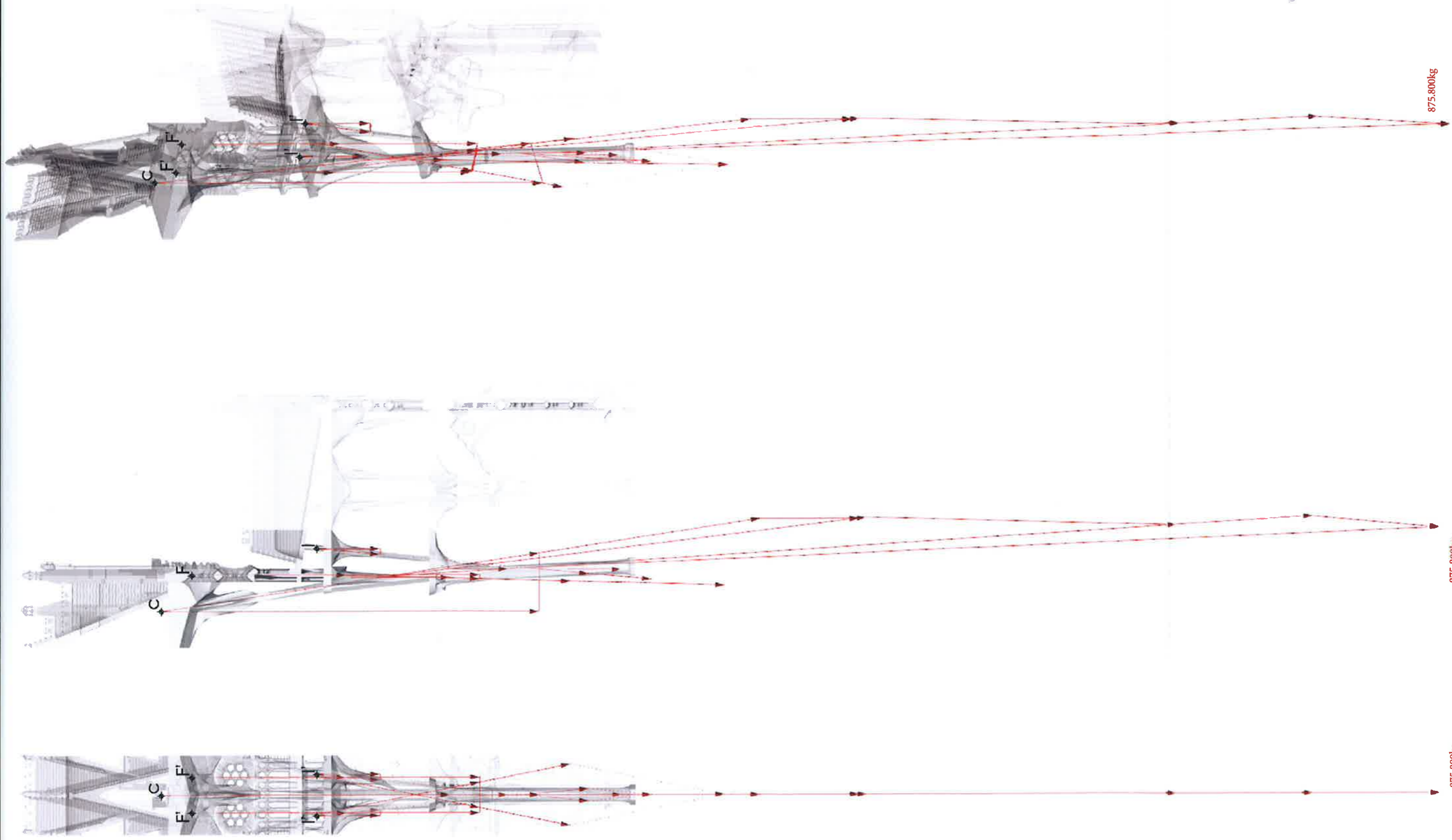
La tensió del contrafort s'ha avaluat en el punt més desfavorable, just on és perforat per encabir l'escala d'accés al trifori baix. Es comprova, aleshores, que l'element, analitzat des d'un punt de vista tensional, compleix de sobres, encara que es construís amb pedra de Montjuïc de Raig, que és menys resistent i es destinava a les façanes.



Escales 0 1 10m de longituds  
0 10 100Tn de forces

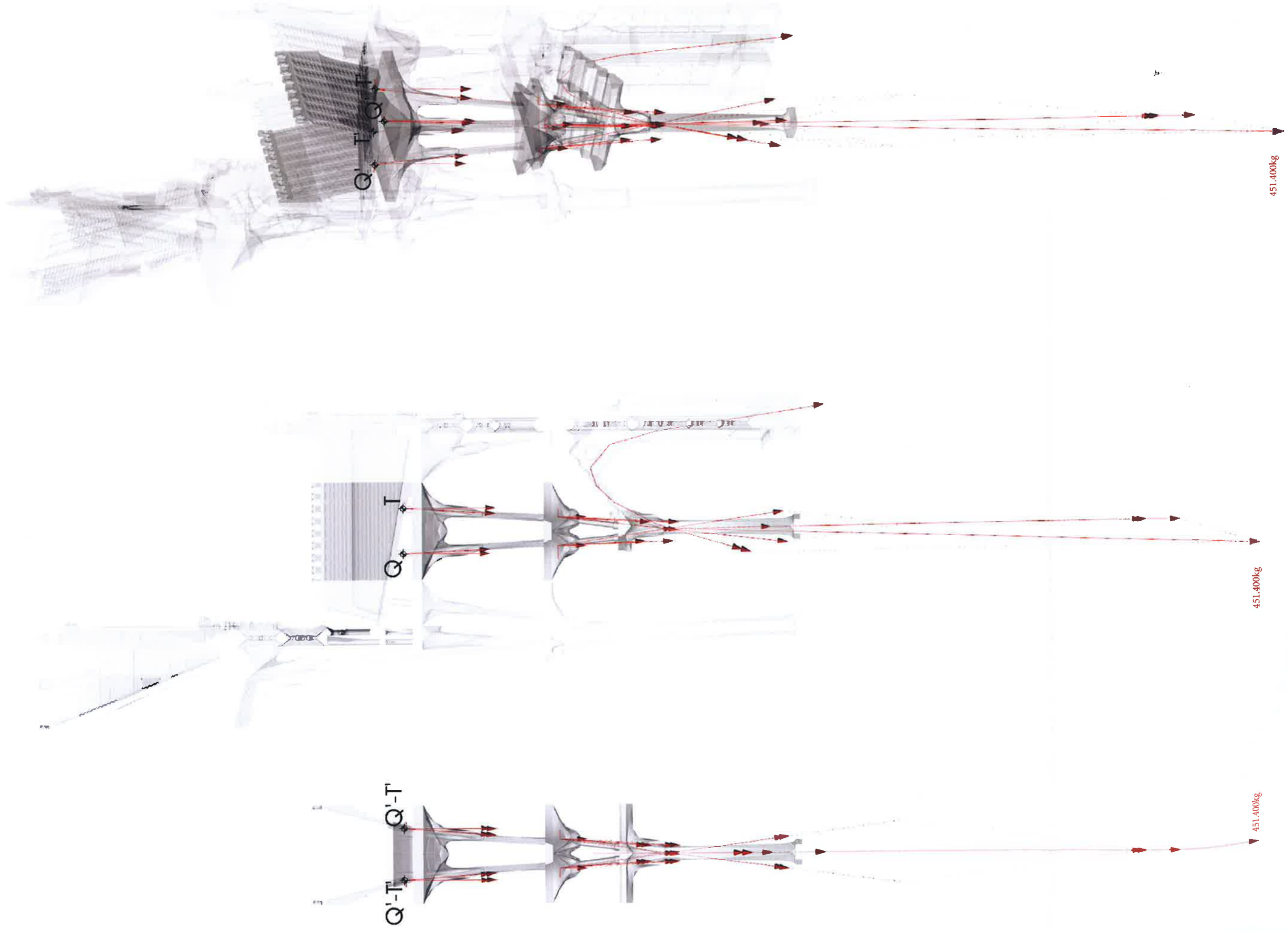
Làmina 2.- Segona versió de les naus. Càlcul del mòdul central.



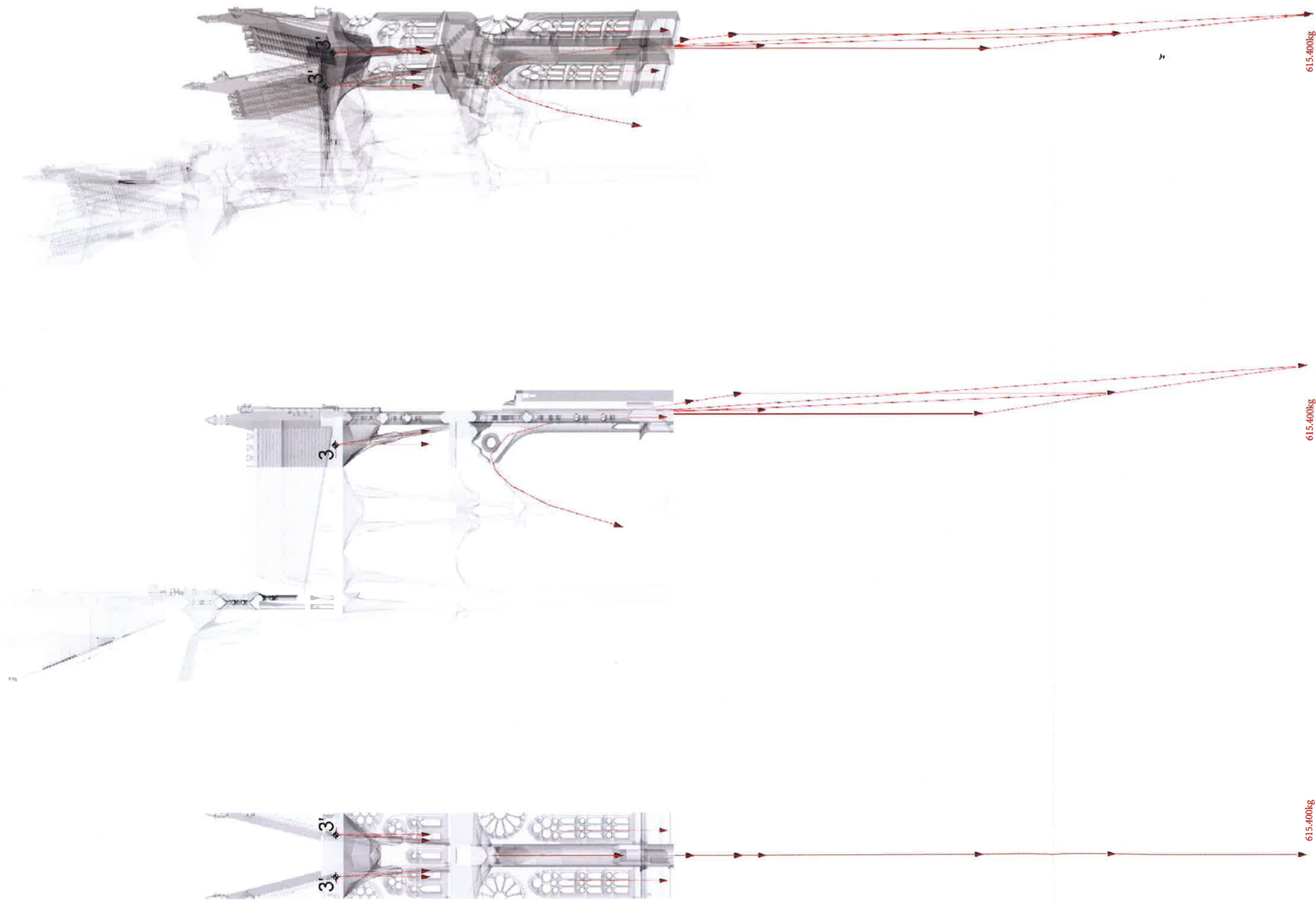


Escalas 0,1 10m de longituds  
0,10 100Tn de forces

Làmina 2.- Segona versió de les naus. Càlcul del mòdul central.



Escalas 0 10m de longituds  
0 10 100Tn de forces



Làmina 4.- Segona versió de les naus. Càlcul del mòdul lateral exterior (façana).

### 11.3. La Tercera versió de les naus

En aquesta versió Gaudí consolida la coneguda estructura arborescent, sobre la que tant s'ha escrit, i suprimeix els nivells de traves intermedis per deixar l'arbre net.



A continuació s'explica el càlcul de la darrera versió, que s'ha realitzat segons el mètode descrit per Domènec Sugrañes. El càlcul que va exposar a la conferència de l'any 1922 (publicat l'any següent) correspon a una variant prèvia de la tercera versió. Aquest fet provoca que sorgeixin lleugeres diferències entre els dos càlculs perquè no corresponen exactament a la mateixa solució. Algunes d'aquestes petites diferències també poden sorgir del model tridimensional que fem servir en aquest treball per calcular la darrera solució de les naus, que ha estat elaborat per l'Oficina Tècnica de la Sagrada Família a través del procés de recuperació dels models originals.

Cal destacar, però, que tot i les diferències que s'han comentat –de variant i de recuperació i modelat de la darrera solució– a grans trets es poden relacionar entre elles, perquè aquestes diferències entre les dues variants es concentren bàsicament a les voltes, mentre que l'estructura de suport és pràcticament la mateixa.

En la imatge adjunta (11.25) es mostren els materials utilitzats en cada zona de les naus, presos directament de la descripció de Sugrañes, que els detalla explícitament en el seu càlcul.

Els materials utilitzats són:

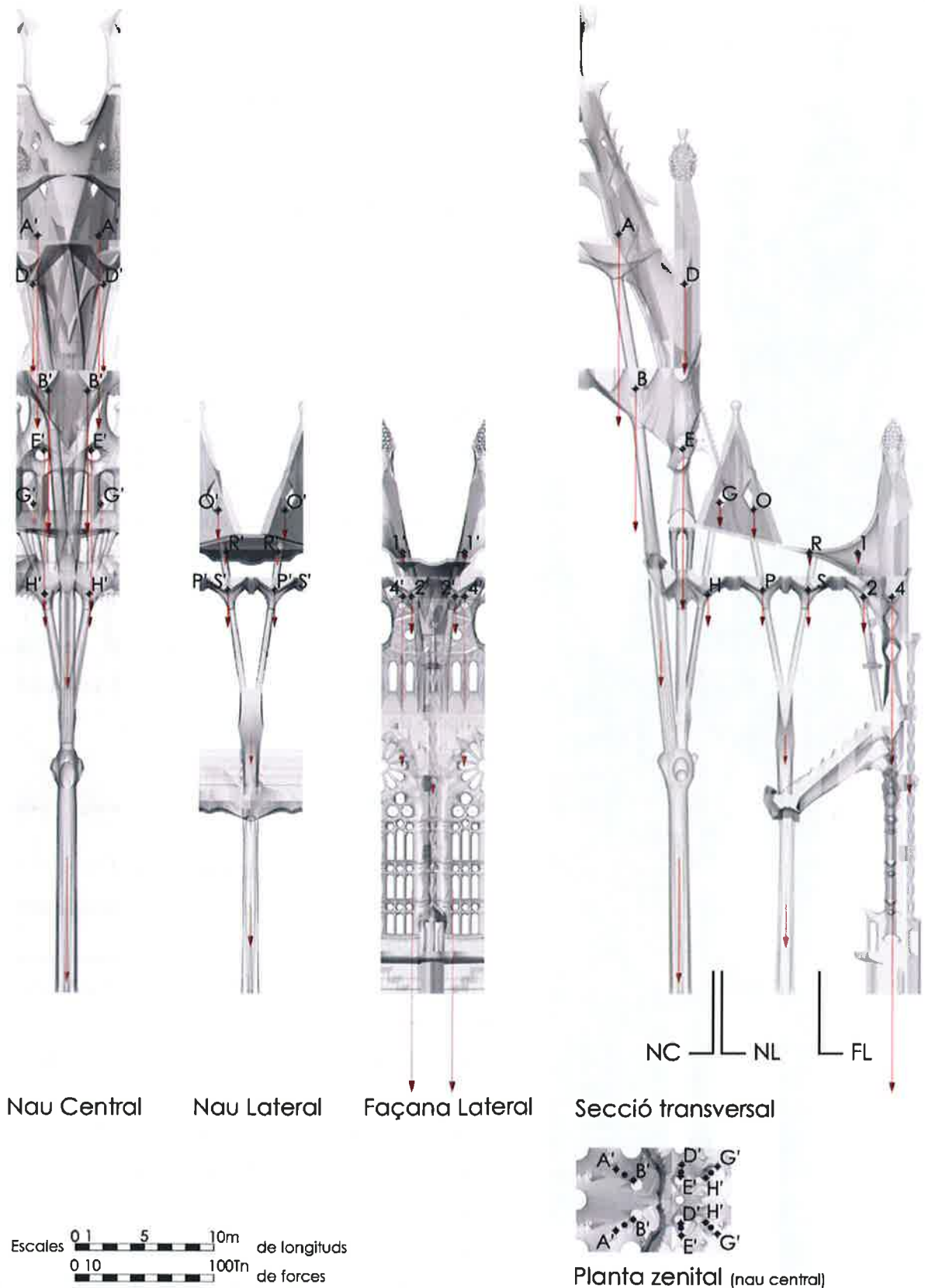
- Granit per a les columnes de la nau central.
- Pedra de Montjuïc Blancatge per a les columnes i contraforts de la nau lateral.
- Pedra de Montjuïc de Raig (menys resistent que l'anterior) pels finestrals.
- Un conjunt de maó i replè en massa per a les voltes de les naus.
- Un conjunt de pedra i ceràmica per a les cobertes.
- Maó massís per a les columnes de sosteniment de les cobertes.

**Imatge 11.25.-** Materials assignats pel càlcul de la tercera versió de les naus.

Els valors de càlcul són els que s'han definit en el capítol anterior.

A continuació es presenta el càlcul desglossat de cada zona (*definides a la imatge 11.26*):

- Arbre central
- Cantories
- Arbre lateral interior
- Arbre lateral exterior (façana)



**Imatge 11.26.-** Situació dels centres de gravetat de les masses superiors.

**Arbre central**

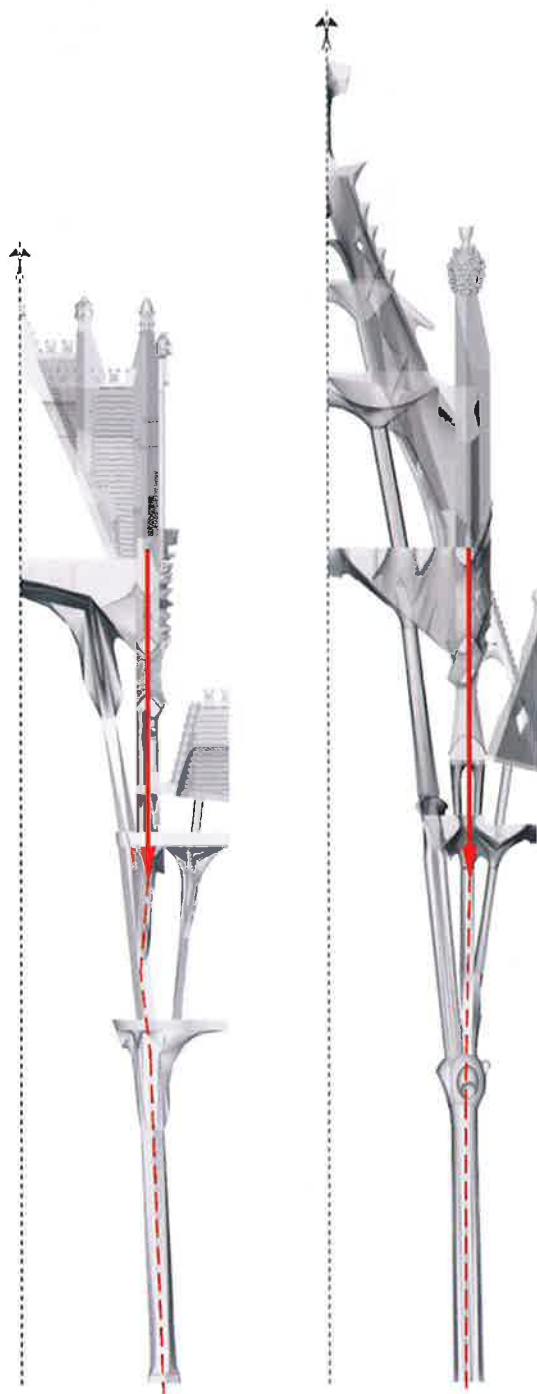
En aquest apartat es destaquen les incidències més rellevants del càlcul de l'arbre central.

La composició dels vectors de les zones altes (cobertes i voltes) dona un resultat similar al de la segona versió. Els centres de gravetat es situen propers a les columnes però no sobre el seu eix (*imatges 11.28 i 11.29*). Aquest fenomen es dona al punt C (columna de les cobertes centrals), situat a prop de la pell de la columna, i es produeix encara de forma més agreujada en el punt I (columnes de les cobertes laterals), on hi és quasi tangent. Aquest fet dificulta un traçat idoni dels vectors que segueixi l'eix dels suports. Per corregir aquest defecte la branca de la coberta central hauria de ser més vertical, mentre que la lateral necessitaria més inclinació.

Tot i això s'ha aconseguit un traçat que passi per dins de les seccions existents, però en alguns casos "en diagonal", amb la conseqüent aparició d'excentricitats.

El pes de la façana central (frontons i finestrals) actua com una gran massa estabilitzadora i, per tant, Gaudí disposa les columnes de suport d'aquests elements pràcticament verticals en el sentit transversal de la nau, mentre que en el sentit longitudinal són dues branques inclinades simètriques que es compensen dins del mateix arbre. El descens quasi vertical de la càrrega estabilitzadora cap al tram de columna inferior és més clar que en la versió anterior –on les branques descarregaven sobre el nivell intermedi força inclinat– i suposa una millora notable del concepte estructural (*imatge 11.27*). L'arquitecte també millora les branques principals de l'arbre central, on suprimeix els canvis de direcció que es produïen a mitja alçada per fer unes columnes rectes. Amb aquesta nova disposició, l'arquitecte s'atreveix a suprimir el nivell intermedi de travesa (a cota +20m) perquè desapareix la component obliqua que en la versió prèvia sorgia en desviar les càrregues estabilitzants –frontons i finestrals– a través del tram intermedi de la columna inclinada.

Gaudí situa un element de transició –l'el·lipsoide– en el punt on les branques superiors s'uneixen amb la columna inferior, punt que conceptualment està destinat a resoldre la trobada geomètrica i estructural dels esforços que es produeixen en aquesta zona. Els càlculs realitzats amb estàtica gràfica revelen que la trobada dels vectors de les branques laterals es produeix per sobre de l'el·lipsoide, mentre que la composició d'aquestes amb el fust central es produeix per sota (*imatges 11.28 i 11.29*). Aquests resultats concorden amb els de Sugrañes (làmina F del text de l'Anuari) tot i la lleugera variació de la inclinació de les branques comentada en el punt anterior.

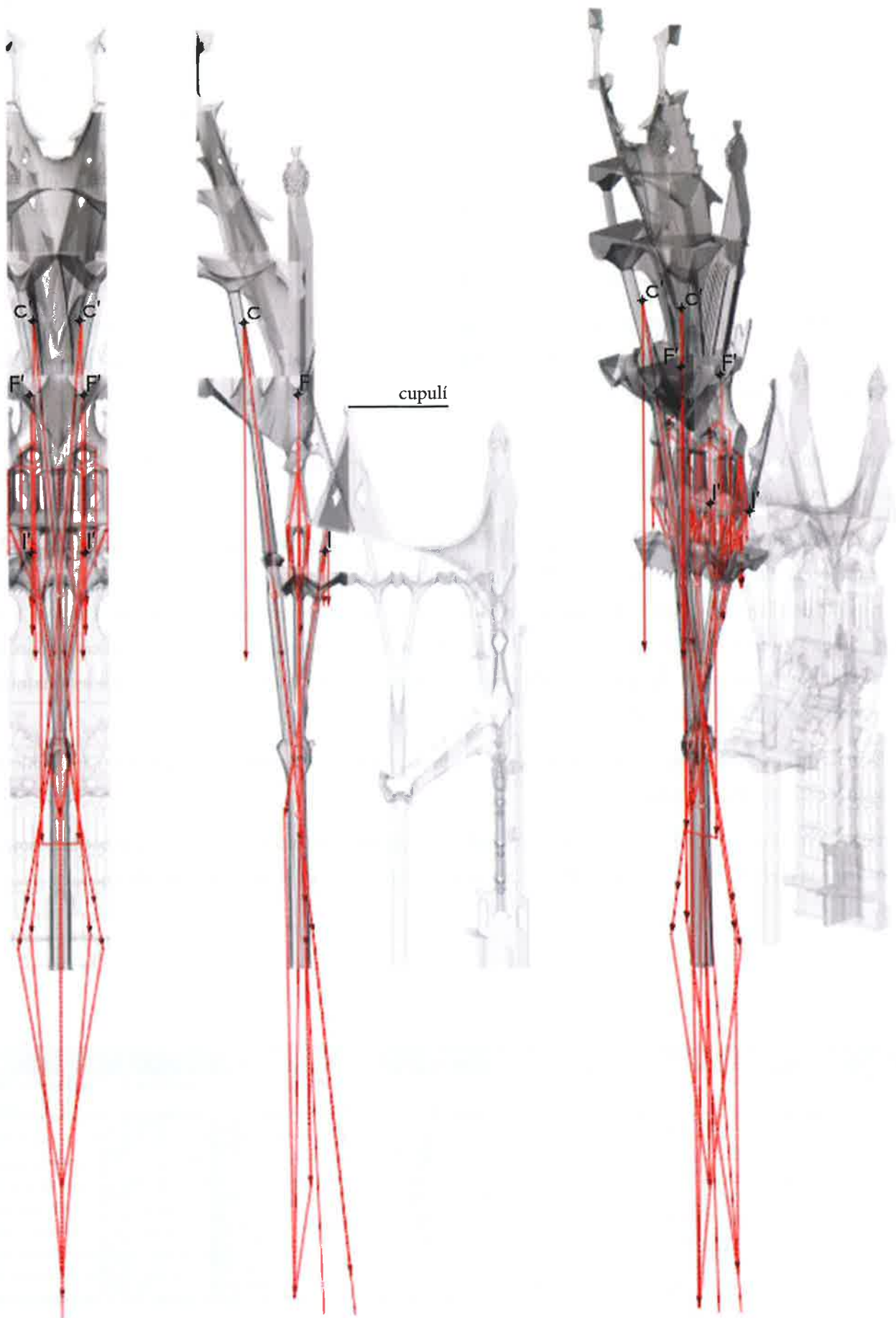


**Imatge 11.27.-** Simplificació de traçats de la tercera versió (dreta) respecte la segona (esquerra).



Escalaes  $\frac{0.1}{0.10}$   $\frac{10m}{100Tn}$  de longituds  
de forces

**Imatge 11.28.- Càlcul gràfic de l'arbre central.**



Imatge 11.29.- Càlcul gràfic de l'arbre central (ampliació).



La resultant final passa per dins de la secció de la columna inferior, tot i que lleugerament per fora del nucli central. La inclinació de la columna ve determinada per les branques de suport de les voltes i cobertes centrals. Per no haver d'inclinar-la en excés, Gaudí situa les grans masses verticals dels frontons i finestrals sobre la columna i introdueix una acció amb una inclinació contrària al cos central, acció que prové de les voltes i cobertes de la nau lateral. En aquesta versió Gaudí ha fet unes cobertes més lleugeres que les anteriors i per augmentar la component inclinada de la branca lateral afegeix un nou element: el cupulí (*imatge 11.29*), que és una piràmide pètria que actua com un autèntic contrapès i que intervé de forma decisiva per contrarestar la inclinació excessiva que es produiria en la columna central, que alhora comportaria una component horitzontal (l'equivalent a l'empenta de la clau dels arcs) amb un valor elevat.

Si ho comparem amb les versions prèvies, no deixa de ser una paradoxa que la zona de coberta que abans causava el col·lapse de l'edifici –degut a la volta excessivament rebaixada de la teulada antiga– ara sigui una peça clau per garantir l'estabilitat del conjunt.

Un cop vista la distribució d'esforços dins del conjunt, passem a exposar els resultats numèrics de les seccions més rellevants (*imatge 11.30*).

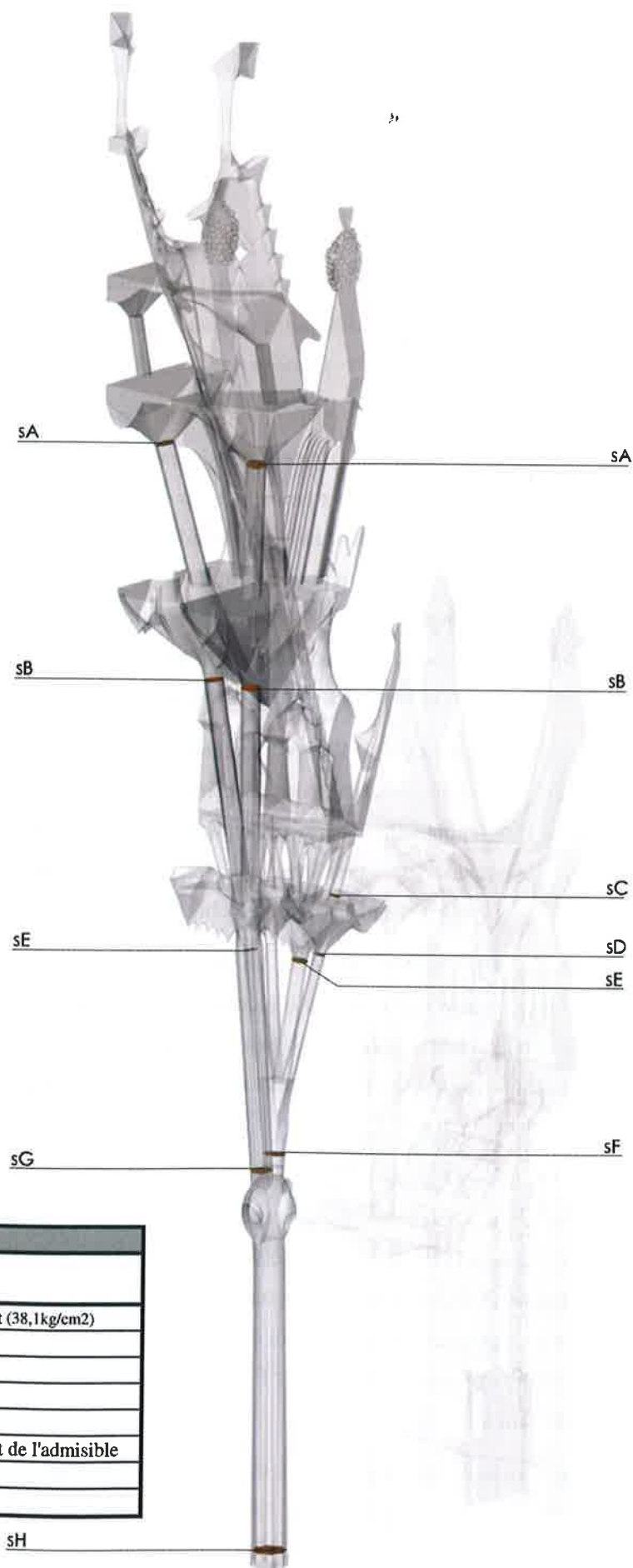
Les columnes que suporten les cobertes (sA) superen àmpliament la tensió admissible del maó ordinari. En la transcripció del càlcul, Sugrañes especifica que aquestes tindran una secció de  $9.506\text{cm}^2$ , amb una tensió admissible de  $15\text{kg/cm}^2$ <sup>5</sup>, mentre que la columna final té  $5.990\text{cm}^2$ , amb una tensió de  $23\text{kg/cm}^2$ . Desconeixem el motiu que va comportar el canvi de secció de la columna, que ara només és admissible si es construeix de maó recuit (que suporta  $38,1\text{kg/cm}^2$ ), material que també apareix citat a la taula de l'Anuari on s'especifiquen els materials a utilitzar en el Temple.

L'entroncament de les branques laterals (secció sF) té la secció justa per complir amb la tensió admissible de la pedra de Montjuïc (Blancatge).

La resta de seccions compleixen àmpliament, sobretot les seccions de les branques principals, que pràcticament treballen a la meitat de la tensió, tal i com succeïa en el mòdul central de la segona versió de les naus.

ARBRE CENTRAL - 3a VERSIÓ DE LES NAUS					
Secció	Element	Material	Esforç (kg)	Secció (cm <sup>2</sup> )	Tensió N/A (kg/cm <sup>2</sup> )
sA	Branques NC coberta	maó	139.870	5.990	23,35
sB	Branques NC superior	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)	258.490	5.860	44,11
sC	Branques coberta lateral	maó	18.330	2.120	8,65
sD	Branques NL voltes 30m	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)	42.800	2.150	19,91
sE	Branques NC voltes 30m	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)	184.810	4.073	45,37
sF	Branca inf voltes 30m	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)	447.430	7.594	58,92
sG	Branca NC inferior	granit de la Jonquera	519.890	7.750	67,08
sH	Columna NC inferior	granit de la Jonquera	1.098.380	17.670	62,16

5 Constatem que apareixen lleugeres variacions en alguns valors admissibles entre el text de Sugrañes (1923) i els mostrats en l'anuari de l'Associació d'Arquitectes de 1916 ( $13,2$  vs  $15\text{ kg/cm}^2$ ).



Tensió admissible (kg/cm <sup>2</sup> )	Observacions
13,20	Només admissible per maó recuit (38,1kg/cm <sup>2</sup> )
58,20	Compleix
13,20	Compleix
58,20	Compleix
58,20	Compleix
58,20	Aquesta secció està al límit de l'admissible
128,80	Compleix
128,80	Compleix

Imatge 11.30.- Zones seleccionades pel càlcul de tensions del mòdul lateral exterior (façana).

***Arbre lateral i cantoria***

En aquest apartat es destaquen les incidències més rellevants del càlcul de l'arbre central i de la cantoria. La composició de les masses superiors de les cobertes i les voltes (punts Q - T) dona a l'interior de les columnes, properes al seu eix, fet que permet traçar amb comoditat els vectors inclinats per dins de les branques de suport (*imatge 11.31*).

En aquesta versió la cantoria és diferent respecte a la segona solució de les naus. El gran nervi-arc de suport –de gran secció i perfil apuntat– ha desaparegut i les voltes inferiors es troben directament amb la columna. Les voltes estan formades per hiperboloides i paraboloides que canvien de direcció respecte a la solució anterior –de longitudinals a transversals– i passen a tenir molta més secció.

El canvi de traçat i l'augment de massa son desfavorables per l'estabilitat dels elements que suporten la cantoria perquè provoquen un augment considerable de l'empenta obliqua. S'han efectuat diversos càlculs per trobar una situació estable que permeti reduir al màxim la component horitzontal; per aconseguir-ho, s'ha hagut de reduir la massa, descomptant la part buida entre les voltes i la graderia. A més, s'ha hagut de buscar el traçat del polígon més apuntat possible, que s'ha aconseguit elevat l'alçada en la clau i abaixant al màxim els recolzaments, que en el cas de l'arbre lateral es situa dins de la columna i amb un traçat quasi tangent a la pell d'aquesta. Aquest traçat dista de ser l'ídoni per a la cantoria, però és el que permet apropar més les accions cap a la columna de l'arbre lateral, tal i com es veurà a continuació.

En principi, la zona superior de l'arbre lateral no hauria de presentar cap dificultat de càlcul. Els pesos superiors –voltes i cobertes– i el seus centres de gravetat donen quasi a sobre de l'eix de les columnes, i es reconduïxen a través de les branques inclinades, que s'uneixen en un punt de concurrència que es situa sobre el suport inferior únic. Les dues branques interiors compten amb el mig cupulí restant, que en principi afegeix una component que s'hauria d'oposar a l'acció obliqua de la cantoria.

En la solució final Gaudí no divideix les branques en alçada –com sí ho feia en la segona versió– que ara són contínues i sense cap canvi de direcció, fet que permet eliminar les components horitzontals que feien necessari el pis de trava. L'arquitecte també varia la trobada entre les branques i la columna inferior, que ara travessa la cantoria i s'uneix directament amb les seves bifurcacions sense necessitat d'aprofitar l'entaulament de la cantoria com a trava.

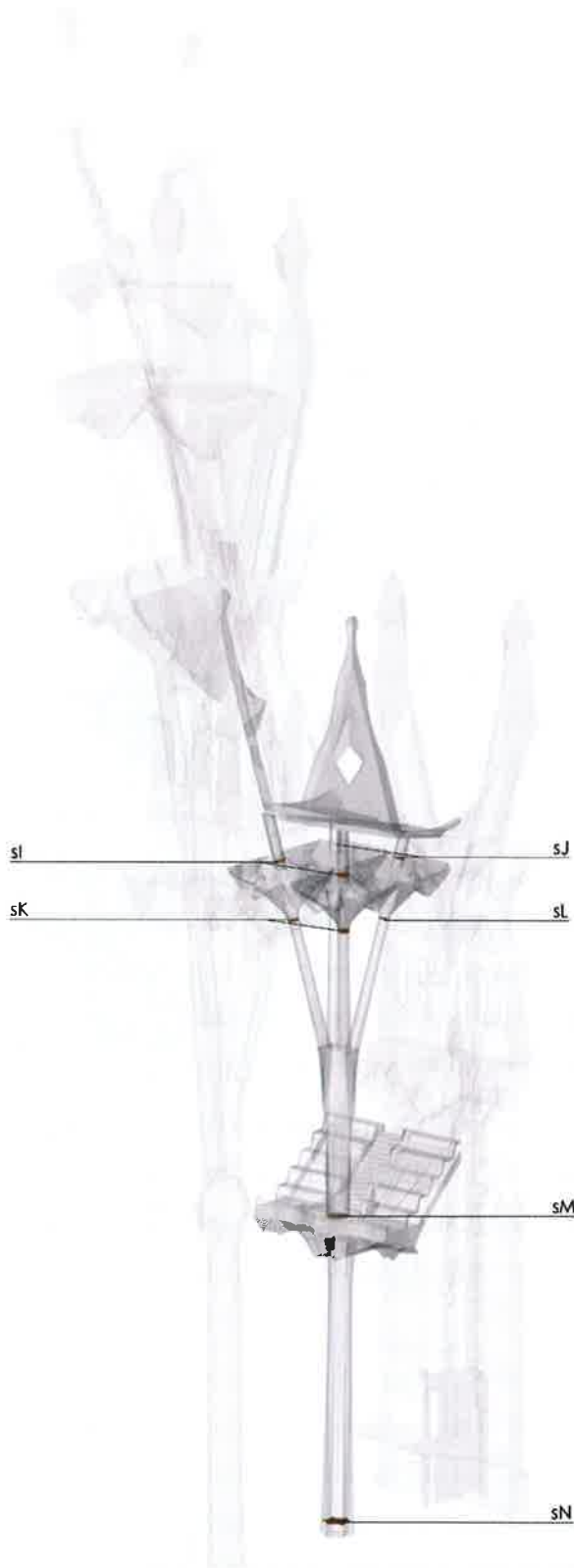
Després d'efectuar el càlcul de la cantoria es comprova que, tot i buscar el traçat que proporcioni l'acció més vertical en el seu recolzament, el contrapès del cupulí no és suficient per contrarestar-la. Per intentar resoldre-ho es mira de desequilibrar el traçat dels vectors de les quatre branques superiors, que es descentren –dins les possibilitats de les columnetes– per potenciar la component inclinada cap a l'exterior (*imatge 11.31*).

Amb aquesta operació s'ha aconseguit un traçat quasi tangent a la base de la columna inferior i una posició en la qual tots els vectors passen per l'interior de les seccions, encara que això provoca un comportament estructural deficient.

Si ens fixem en les seccions publicades de les darreres versions, veiem com la columna de la cantoria augmenta progressivament la inclinació cap a l'interior de l'edifici. Això es deu al fet que Gaudí, paral·lelament, disminueix el pes de les cobertes, les quals tenen una acció clarament estabilitzant sobre la columna inferior.



Imatge 11.31.- Càlcul gràfic de l'arbre lateral.



A continuació s'exposa una taula amb els resultats numèrics de les seccions més rellevants (*imatge 11.32*) per veure si el càlcul determinava directament les seves seccions. Igual que en els casos anteriors, no s'ha tingut en compte l'excentricitat de les càrregues perquè, en el model ideal de Gaudí i els seus col·laboradors, el traçat s'adequava estrictament al càlcul.

Després de realitzar les operacions no es detecta cap secció que treballi propera al límit, i en el cas de les seccions principals treballen a la meitat, o menys, de la seva capacitat.

**Imatge 11.32.-** Zones seleccionades pel càlcul de tensions de l'arbre lateral.

ARBRE LATERAL - 3a VERSIÓ DE LES NAUS				
Secció	Element	Material	Esforç (kg)	Secció (cm <sup>2</sup> )
sI	Col. coberta (central)	maó	20.893	2.123
sJ	Col. coberta (lateral)	maó	8.770	2.123
sK	Col. voltes 30m (central)	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)	47.940	2.110
sL	Col. voltes 30m (lateral)	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)	35.770	2.110
sM	Columna sobre cantoria	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)	181.330	8.600
sN	Columna NL (inferior)	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)	349.400	11.280

*Arbre lateral exterior (façana)*

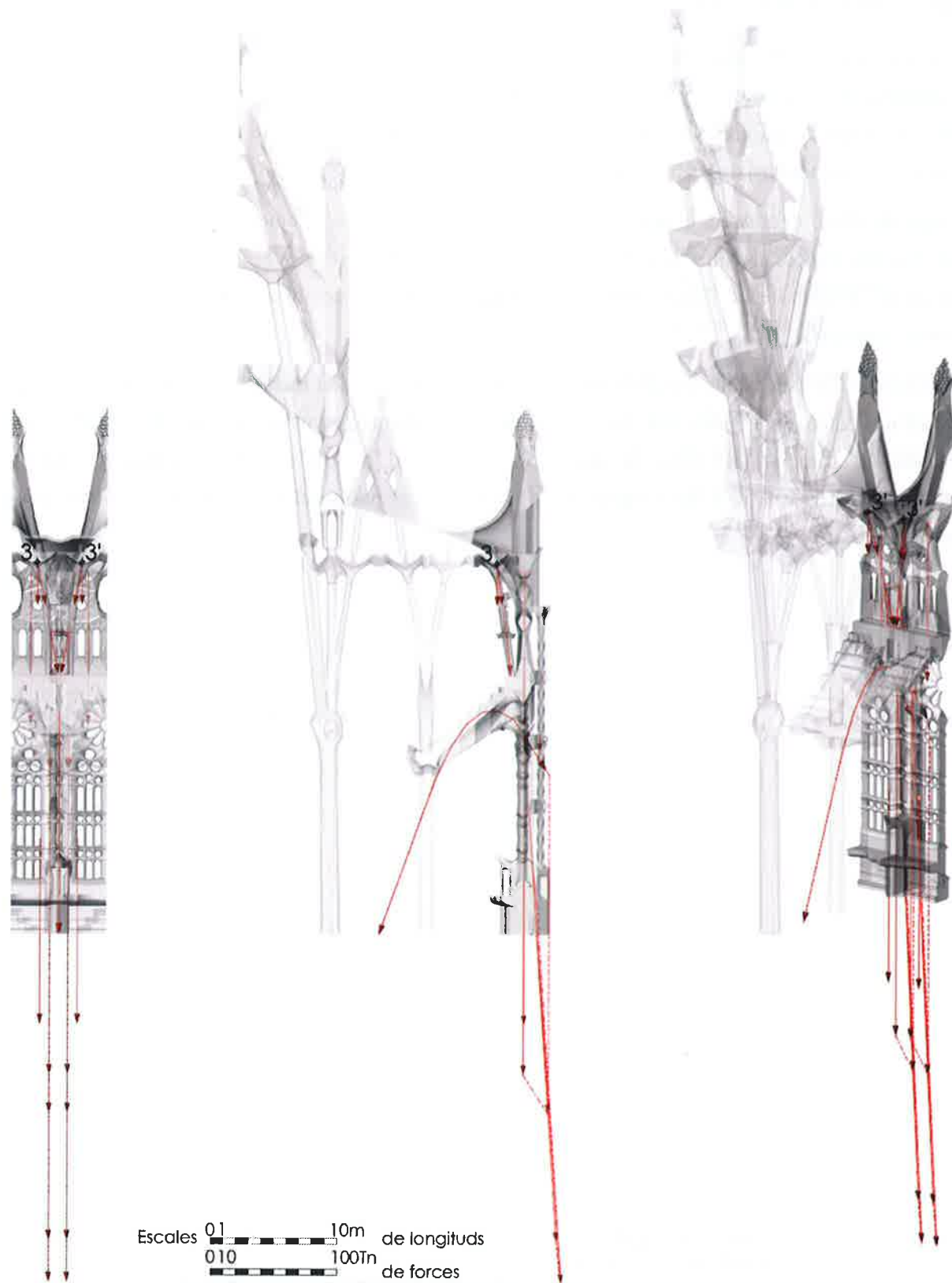
En aquest apartat es destaquen les incidències més rellevants del càlcul de la façana lateral.

La composició de les masses superiors de les cobertes i les voltes de la nau central (punts 3 de la imatge 11.33) dóna a l'interior de les columnes, properes al seu eix, circumstància que permet traçar amb comoditat els vectors inclinats per dins de les branques de suport.

En aquesta versió desapareix el massís del contrafort entre finestres i només en queda la part inferior, que conté l'escala d'accés al trifori baix. La part superior es substitueix per dos brancals del finestral, que són els encarregats de contrarestar l'acció inclinada de la cantoria, que es combina amb la massa estabilitzant dels frontons superiors.

Les columnes inclinades que suporten les voltes de 30 metres no són rectes i tenen un canvi de traçat que provoca una component horitzontal. Gaudí trava les dues columnes, simètriques entre elles, amb un element decoratiu –la custòdia– que alhora té una funció estructural. L'acció d'aquestes columnes es combina amb la resta de vectors a la base del contrafort i la resultant final passa pel nucli central de la base sense cap complicació.

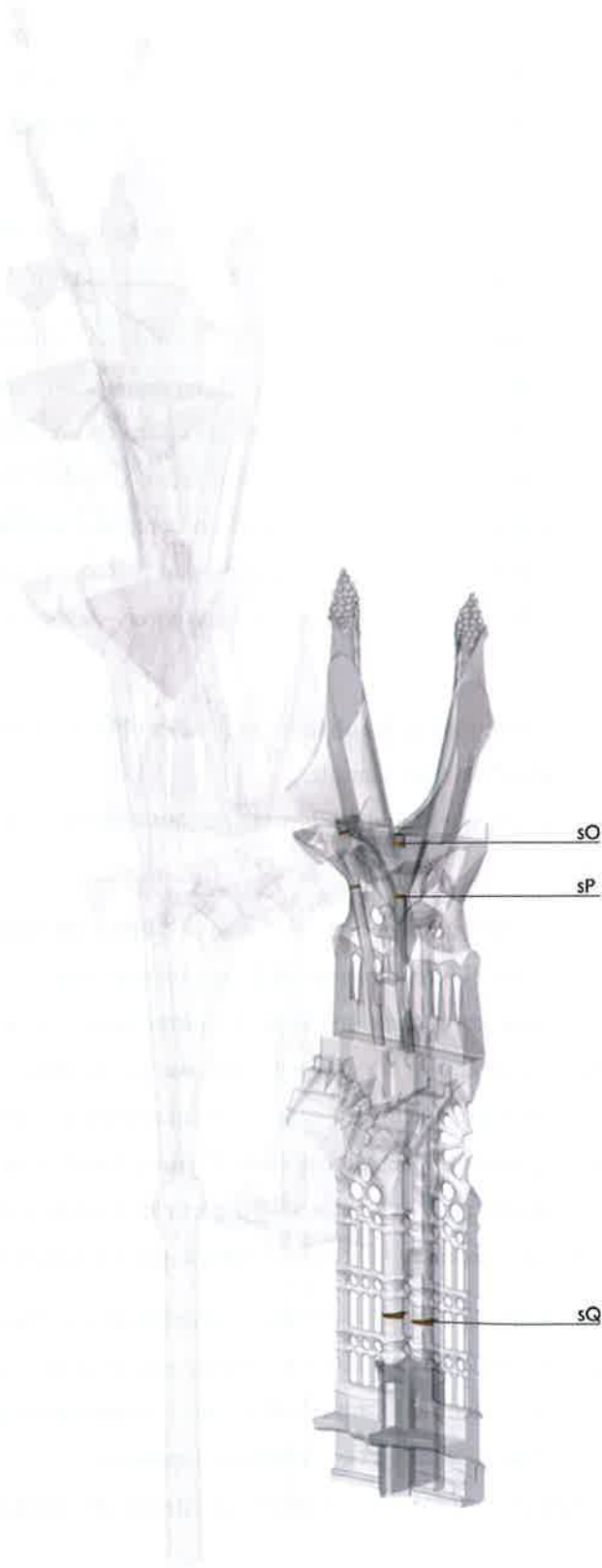
Tensió N/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Tensió admissible (kg/cm <sup>2</sup> ) segons Anuari 1916	Observacions
9,84	13,20	Compleix
4,13	13,20	Compleix
22,72	58,20	Compleix
16,95	58,20	Compleix
21,08	58,20	Compleix
30,98	58,20	Compleix



Imatge 11.33.- Càlcul gràfic de la zona de façana.

FAÇANA LATERAL - 3a VERSIÓ DE LES NAUS				
Secció	Element	Material	Esforç (kg)	Secció (cm <sup>2</sup> )
sO	Col. coberta	maó	7.710	2.123
sP	Col. voltes 30m (façana)	sorrenca de Montjuïc (Blancatge)	33.860	2.110
sQ	Accés trifori (contrafort)	sorrenca de Montjuïc (Raig)	333.040	18.610

A continuació s'exposen els resultats numèrics de les seccions més rellevants d'aquesta zona (*imatge 11.34*), on no es supera en cap cas la tensió admissible. Això es compleix fins i tot en els brancals de les finestres, que substitueixen el contrafort massís de les versions anteriors. No presenten cap problema, tot i que s'han considerat amb la pedra més tova que disposava Gaudí, la de Montjuïc, en la variant de pedra de Raig, destinada a les façanes.



Imatge 11.34.- Zones seleccionades pel càlcul de tensions de la façana.

Tensió N/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Tensió admissible (kg/cm <sup>2</sup> ) segons Anuari 1916	Observacions
3,63	13,20	Compleix
16,05	58,20	Compleix
17,90	42,20	Secció més desfavorable (brancals fin.)



#### 11.4. Conclusions del càlcul de les tres versions.

Després de realitzar l'anàlisi de l'estructura de les tres versions de les naus podem determinar que l'evolució estructural es desenvolupa en dues etapes diferenciades, que tenen més a veure del que en un principi podria semblar.

Gaudí realitza la primera etapa en la primera fase de la seva carrera professional, on ja comença a buscar una solució innovadora, però en alguns aspectes encara està ancorat en la tradició.

L'estructura parteix com un experiment per poder prescindir dels elements exteriors d'estabilització i busca minimitzar les empentes a través de l'ús de les corbes de traçat "mecànic". Per aquest edifici disposa uns arcs catenaris que es creuen i que, en el fons, segueixen en planta el típic traçat del nervís de les voltes de creueria. Les columnes són l'altre element on segueix la tradició. Tot i que en la seva part inferior redueix molt el seu diàmetre respecte les construccions gòtiques, continua mantenint-les verticals, i elabora un complex equilibri d'empentes sobre el seu cap per prescindir dels elements de trava. Els càlculs demostren que per aconseguir aquesta arriscada composició és capaç de portar l'estructura fins el límit i, segons el nostre parer –després de detectar les errades ja comentades–, superar-lo.

La segona fase, que comprèn les dues darreres versions, s'inicia quan ja ha abandonat la seva obra civil i ha realitzat els projectes de Mallorca i la Colònia Güell, que són cabdals pel Temple.

Aquest procés culmina amb la coneguda estructura arborescent, que Gaudí i els seus col·laboradors alaben com un nou tipus estructural que supera tots els anteriors.

Després de realitzar i analitzar els càlculs de les tres versions, arribem a la conclusió que la darrera tipologia estructural no sorgeix com una autèntica novetat, sinó que és una evolució directa dels assajos anteriors.

S'ha mostrat com la segona versió –que és la que ens ensenya les connexions entre les altres dues– és una solució intermèdia on comença a aparèixer el famós arbre, però aquest no està net, sinó que es divideix en nivells de trava allà on les columnes o branques canvien de direcció. Ja em vist com el mòdul central és, en el fons, un gran arc poligonal –que ara arrenca des de terra, seguint les ensenyances de la Colònia Güell– i que el nou mètode de càlcul de Sugrañes no és més que una simplificació dels arcs, que a partir dels centres de gravetat de les grans masses només té en compte les accions que generarà sobre els elements que les suporten.

En la tercera versió, Gaudí i els seus col·laboradors consoliden el concepte de càlcul simplificat i el traçat poligonal de la segona versió dona pas a una solució molt més neta. Desapareixen les columnetes discontinües –que necessitaven elements d'estabilització per absorbir les components del canvi de direcció– i es substitueixen per branques rectes, que responen de forma literal als vectors de descàrrega de les masses superiors.

L'estructura de les naus que Gaudí modela en guix, i que defineix, en gran part, l'aparença interior de l'edifici, és la materialització directa del càlcul.

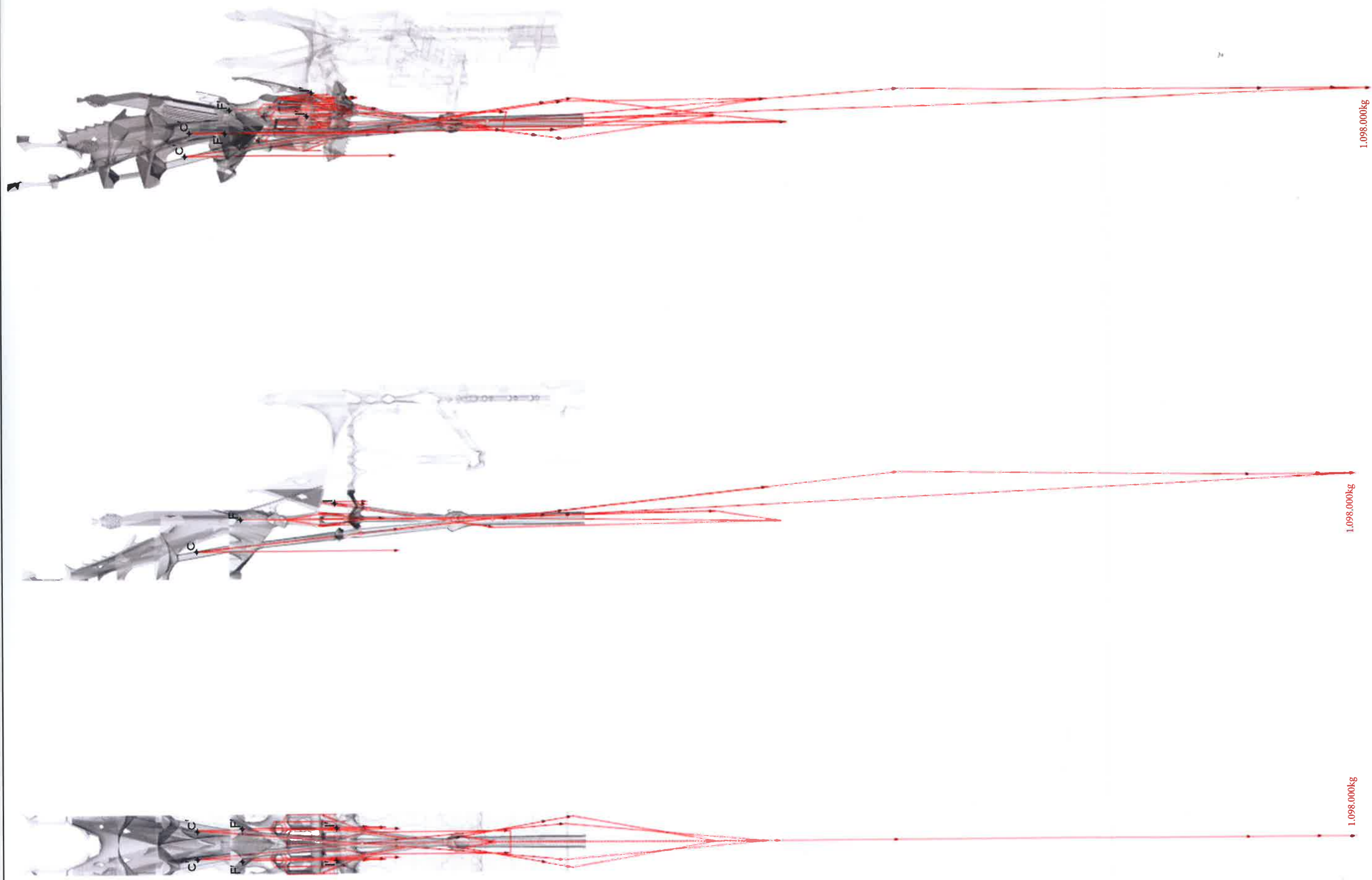
Per tant, podem afirmar que la tercera solució respon a un constant i original procés de depuració dels mètodes de càlcul anteriors, i que l'arbre sorgeix com una evolució natural i no pas com una nova tipologia revolucionària, que és la interpretació adoptada per la bibliografia habitual que tracta sobre aquest tema. Per corroborar aquesta asseveració ens reafirmem en les paraules que els col·laboradors de Gaudí li atribuïen, i que es transcriuen a continuació:

*“L’interior del Temple serà com un bosc. L’estructura de les naus ho donen i la semblança s’ha trobat sense voler-ho fer expressament. Els pilars són helicoïdals i lleugerament inclinats: helicoïdals, perquè és la forma pròpia d’un suport que rep la càrrega superior, i inclinats, perquè aquesta també ve amb una certa inclinació provinent dels funicles de les voltes i cobertes. Els suports es destrien, a l’alçada de les naus laterals, en d’altres quatre, com les branques de l’arbre, i un més que s’enlaira fins a les voltes; els pilars dels triforis també semblen, per la seva inclinació, altres branquillons dels arbres colossals”.*<sup>6</sup>

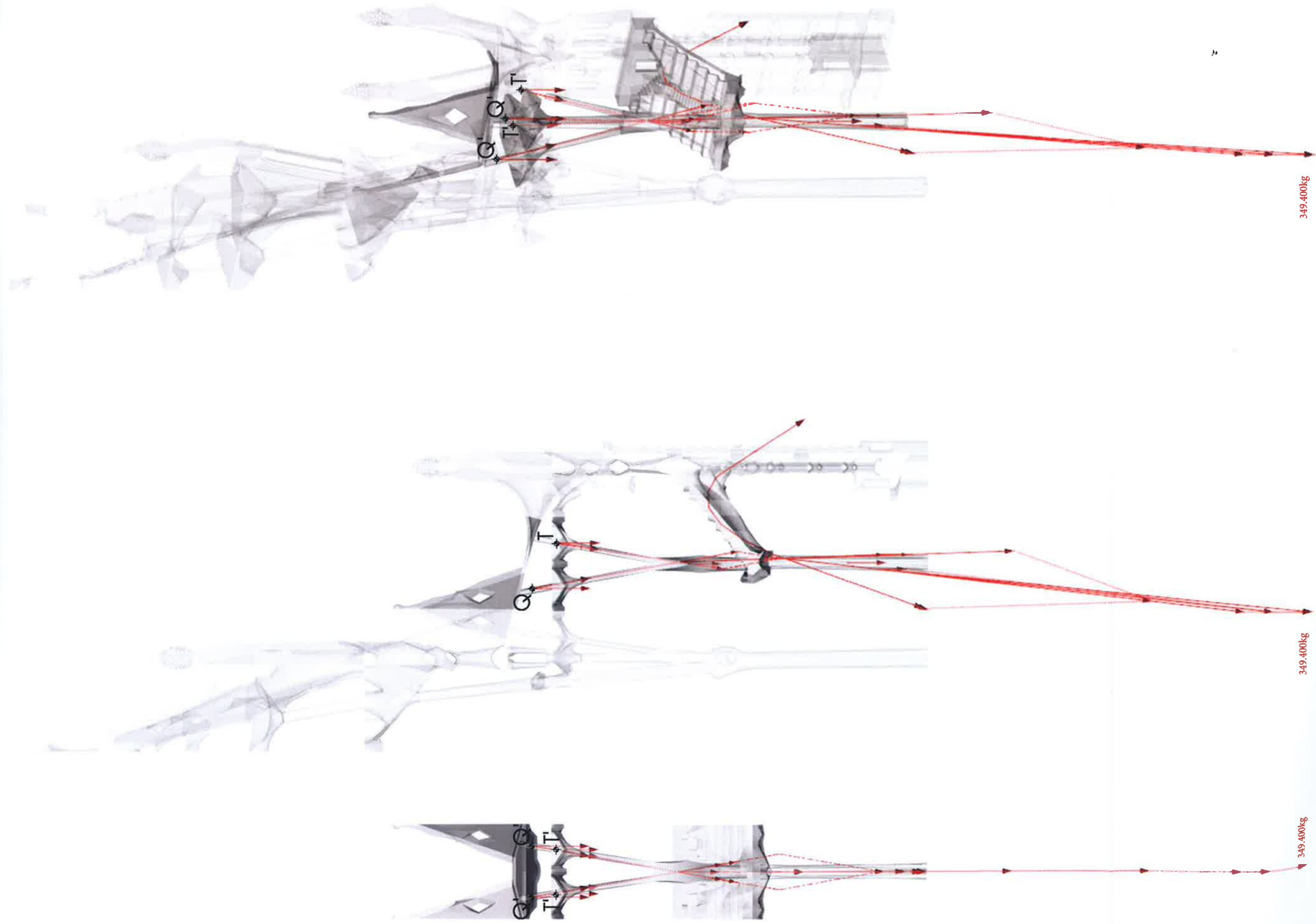
---

6 Puig Boada, Isidre: *El pensament de Gaudí*. Publicacions del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Barcelona, 1981. p. 204.

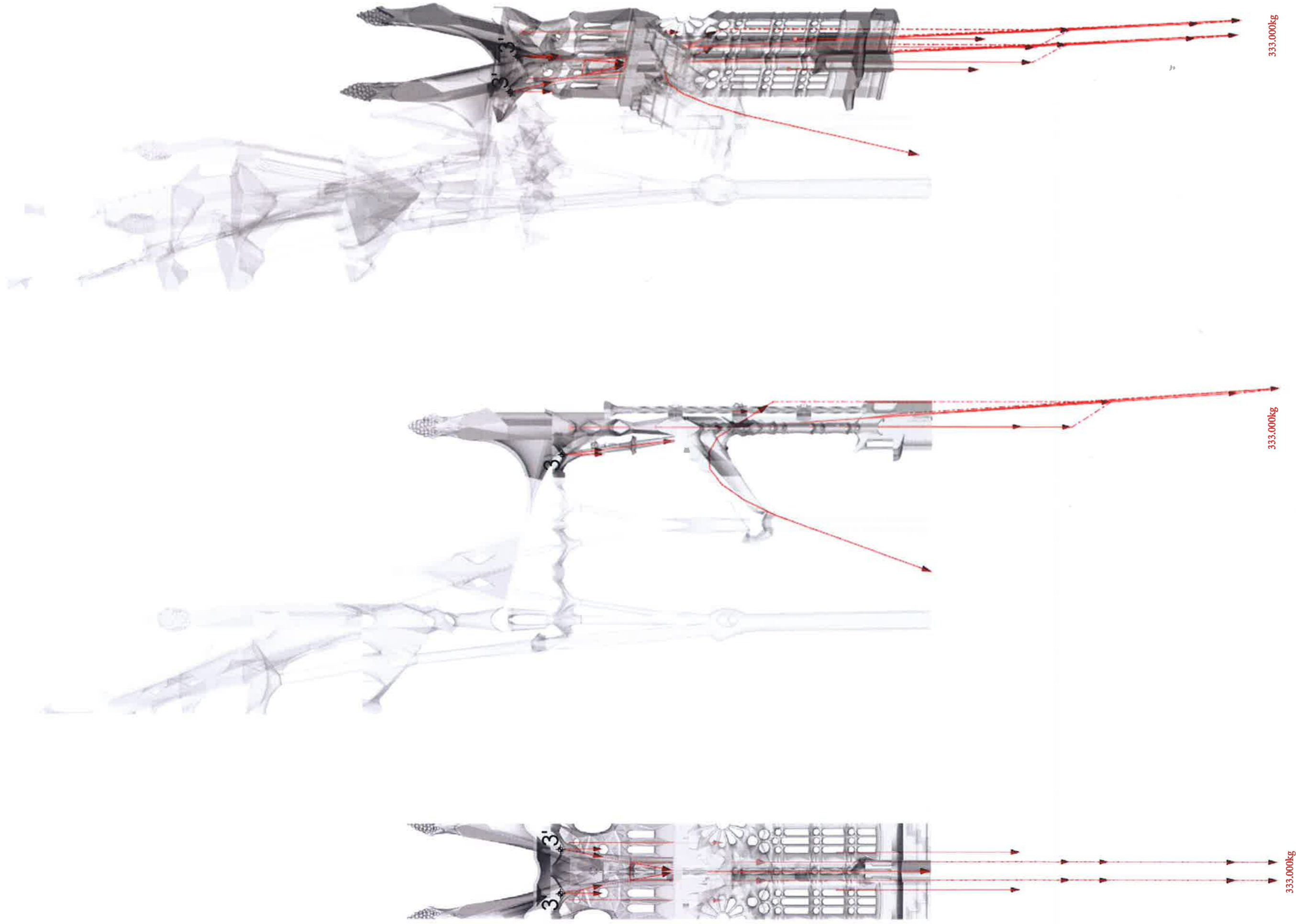
»



Làmina 5.- Tercera versió de les naus. Càlcul de l'arbre central.



Escalas 0 10m de longituds  
0 10 100Tn de forces



Làmina 7.- Tercera versió de les naus. Càlcul del mòdul lateral exterior (façana).

”

## 12. CONCLUSIONS





En aquest apartat destacarem les conclusions més importants que es desprenen del treball d'investigació que hem presentat. Les desglossarem en cinc apartats:

- Causes que van possibilitar els projectes de canvi de les naus.
- Característiques fonamentals de les tres versions de les naus.
- Relació entre les diverses versions.
- El paper de la segona versió dins de l'obra gaudiniana.
- Futures línies d'investigació.

### 12.1. Causes que van possibilitar els projectes de canvi de les naus

El període inicial d'inestabilitat que va imperar en la definició del planejament inicial de la Sagrada Família va ser una de les causes més importants perquè durant el seu desenvolupament es produïssin múltiples alternatives de projecte.

Quan l'obra es trobava en un estadi molt inicial, després de la marxa de Villar (el primer arquitecte de l'edifici), els promotors de l'obra van haver de buscar un nou tècnic que, simplement, havia de ser l'executor d'un projecte i no el seu dissenyador.

Aquesta circumstància va fer que el nou arquitecte no sentís el projecte com a propi. Només quan Gaudí va adquirir prestigi com a arquitecte a través de la seva obra civil, i havent-se produït un donatiu important, es va plantejar canvis sobre el projecte inicial de Villar.

Els motius que hem citat serien suficients per provocar un canvi respecte el projecte inicial, però el nou arquitecte en proposarà molts més durant tot el transcurs de l'obra, que estaran motivats, fonamentalment, per l'evolució del seu llenguatge arquitectònic.

Un dels principals factors dels canvis constants en el projecte es deu a l'extraordinària capacitat que Gaudí tenia per treballar amb llenguatges arquitectònics molt diversos. Quan l'arquitecte inicia la seva carrera professional l'eclecticisme era el corrent dominant de l'època. Gaudí s'hi adapta plenament i realitza encàrrecs per a clients, emplaçaments i usos molt diversos que resol a través dels llenguatges formals de moda, que van des del neomodèjar fins al neogòtic, passant per estils tan peculiars com el neobarroc. No obstant, Gaudí no es limita a aplicar de forma estricta el catàleg de formes predefinides i des del principi realitza aportacions on es comença a entreveure un estil molt personal que es farà més patent en el transcurs de les seves obres.

L'experiència adquirida en aquesta etapa prèvia li servirà per adquirir destresa en l'ús de formes molt diverses que li seran de molta utilitat en els canvis que proposarà per a la Sagrada Família.

Precisament és a la façana del Naixement del Temple on trobem el primer exemple contundent que ens mostra de forma clara el seu nou estil personal, basat en la recerca de formes naturalistes on el conjunt adquireix l'aspecte d'una gran massa escultòrica.

Tot i aquesta primera incursió, haurem d'esperar a les seves obres de maduresa per veure com es consolida el seu estil personal, on abandona definitivament les influències eclèctiques. Gaudí estén el concepte que havia iniciat a la façana del Naixement als viaductes i pavellons d'ingrés del Park Güell o a les cases Batlló i Milà, on reafirma un llenguatge molt característic que l'acaba desmarcant de la majoria d'arquitectes coetanis.

No obstant, els aspectes formals no van ser els únics que van intervenir en els canvis de l'arquitectura gaudiniana. Els conceptes estructurals van ser l'altre gran puntal que va influir en l'evolució de la seva obra. Des de les seves primeres obres, Gaudí va sentir una gran atracció per les propietats mecàniques de la catenària, que fins el moment era una corba que no s'utilitzava en arquitectura. L'arquitecte no es va limitar a fer-ne un ús estrictament mecànic, sinó que va potenciar la formalitat de la corba catenària fins a convertir-la en un dels senyals d'identitat més representatius del seu llenguatge personal. Aquest tipus d'arc el va utilitzar des de les seves primeres obres: des de la Cooperativa Mataronense (1878-1883) fins a la finca i el Palau de Güell (1884-1890) o l'escola de les Teresianes (1888-1890), per acabar introduint-lo com a part molt important en el primer projecte de les naus de la Sagrada Família (1890-1898).

La definició d'arquitecte és molt restrictiva per a descriure la faceta creativa de Gaudí, ja que era capaç de resoldre magistralment aspectes tan diversos que van des de la definició del planejament general de l'edifici fins a elements de detall com la forja o l'escultura, que s'integren en un llenguatge unitari. Precisament és aquesta capacitat d'integració la que permet a l'arquitecte fusionar els dos aspectes més destacats que hem citat: forma i estructura. Aquest procés d'integració culminarà en el projecte de l'església de la Colònia Güell, que va ser un autèntic laboratori d'experimentació on forma i estructura es tornen indissociables i passen a convertir-se en un element amb unes propietats formals escultòriques que s'allunyen del repertori clàssic de l'arquitectura.

Precisament serà en aquesta darrera etapa de la seva vida professional, després de l'experiència del projecte de la Colònia Güell (1898-1914), on es consoliden els aspectes que serviran com a punt de partida per a les darreres versions de les naus.

## 12.2. Característiques fonamentals de les tres versions de les naus

### 12.2.1. Primera versió

Quan Gaudí es guanya la confiança plena de l'associació josefina, l'any 1890, planteja el primer projecte monumental, que representa un canvi notable no només d'escala sinó també d'objectius respecte a la planta de transició que havia definit cinc anys abans.

El nou plantejament té la voluntat de mantenir la planta de creu llatina habitual del gòtic, tot i que hi introdueix algunes innovacions estètiques i estructurals que el diferencien de les propostes precedents.

A l'interior de les naus Gaudí utilitza les típiques voltes de creueria però substitueix els arcs tradicionals per arcs catenaris que es creuen en planta. L'ús d'aquest tipus d'arcs té una finalitat principalment estructural. A través de l'ús de les corbes mecàniques, que aplica amb unes proporcions molt esveltes, aconsegueix un espai interior dotat d'una gran verticalitat que alhora li permet reduir els elements típics d'estabilització, com els contraforts i arcbotants. A banda de les seves propietats mecàniques, Gaudí té la voluntat expressa de destacar l'originalitat estètica del seu projecte a través dels arcs catenaris. Aquest tipus de corbes, que eren d'ús exclusiu de l'enginyeria, els arquitectes les havien omès en els seus tractats a favor dels arcs basats en la geometria clàssica. Fins i tot Rondelet els havia rebutjat adduint motius estètics. Al contrari, aquests tipus d'arcs es converteixen en un dels principals senyals d'identitat de l'arquitectura de Gaudí.

Tot i la innovadora estructura que planteja l'arquitecte, en molts aspectes, aquesta encara està desenvolupada amb un llenguatge de l'arquitectura clàssica. La incompatibilitat que trobem entre el llenguatge clàssic i les novetats que havia proposat s'expressa clarament en el suport dels propis arcs, que es recolzen damunt d'unes columnes verticals, com sempre s'havia fet. Durant el desenvolupament de la primera proposta l'arquitecte no va mostrar en cap moment la voluntat de canviar-les. Els nostres càlculs revelen que per mantenir-les es dedica a fer un agosarat joc d'equilibris a sobre del cap de les columnes per compensar les components obliqües que les desestabilitzarien.

Per tant, aquest sistema té mancances d'estabilitat i per solucionar-les planteja un gran diafragma horitzontal que es materialitza a través d'una xarxa de passadissos perforats amb unes grans obertures a les naus laterals, que desvien les components horitzontals cap a les pilastres situades entre els finestrals.

### 12.2.2. Segona versió de les naus

Quan Gaudí abandona l'obra civil comença un procés que s'allunya del llenguatge eclèctic, basat en la recerca d'un estil personal per generar noves formes. Per aconseguir-ho compta amb una experimentació —que ja havia assajat a l'Església de la Colònia Güell— extraordinàriament rica en dos aspectes: forma i estructura.

Gaudí mantindrà la planta i els principis estructurals inicials de les naus de la Sagrada Família, i la seva modificació es basarà en la transformació dels arcs, on aconseguirà una nova funcionalitat estructural basada en els mateixos principis de l'arc catenari, però aquesta vegada ho assolirà a través del traçat real dels esforços. Per a Gaudí l'arc es desdibuixa i passa a adoptar un esquema poligonal format per la successió de diversos elements de suport.

Si analitzem la segona versió de les naus trobem l'aplicació pràctica d'aquests postulats que hem citat. En el cas de la nau central desapareixen els grans arcs que es recolzaven sobre columnes verticals i es transformen en una poligonal que envia directament les components obliqües a la fonamentació. S'eviten, d'aquesta manera, els temeraris equilibris de la primera versió. Per tant, és així com neixen les columnes inclinades que mantindrà en les successives propostes.

A la nau lateral segueix un principi similar i depura els murs que suportaven les voltes laterals, que són substituïts per un sistema d'arcs poligonals. Aquest canvi configura els precedents del que seran els arbres estructurals de la tercera versió, dels quals parlarem més endavant.

Gaudí realitza aquesta operació desesperadament per aconseguir un espai més diàfan, però no ho aconsegueix plenament i, malgrat mantenir els elements de trava horitzontals, es veu obligat a crear la cantoria per reforçar l'estabilitat del conjunt.

Les comprovacions que hem realitzat ens demostren que el nou tipus estructural no només sorgeix d'uns processos d'optimització de l'estabilitat de l'edifici i d'una nova recerca formal, sinó que també es deu a la simplificació del mètode de càlcul. El nou procés rebutja la tasca feixuga de trobar les línies de pressions que garanteixen l'estabilitat de l'arc, que requerien de laboriosos processos iteratius. Això es demostra quan Gaudí troba els centres de gravetat dels diversos elements que componen la nau i realitza la descomposició vectorial per trobar les reaccions de grans elements (volta, capitell..) a partir del seu centroide, que incideixen com accions sobre els elements inferiors. Per tant les naus passen a ser la transcripció directa del càlcul en pedra, tot i que per Gaudí l'arquitectura no es limitava només a l'estructura.

A partir dels principis que utilitza per realitzar la transformació del primer gran projecte en la segona proposta de les naus, es veu obligat a transformar el suport estructural en arquitectura a través d'un nou llenguatge formal.

Si el canvi estructural pretenia ser una superació de les tipologies d'estabilitat existents, la nova forma havia de ser capaç d'adaptar-se al nou comportament de cada una de les seves parts, on les columnes deixen de ser verticals, els capitells deixen de ser elements de coronació per convertir-se en elements de transició que, al mateix temps, es converteixen en trava, etc... Per tant, en concordança amb la nova estructura, ara havia de realitzar un canvi d'estil que abandonés la influència historicista.

En resum, podríem dir que l'estructura requereix d'una nova forma i aquesta forma requereix d'una nova estructura.

Per aconseguir una nova formalitat Gaudí crea un nou sistema que es basa en la conjunció de dos principis molt diferents. Per una banda, crea un bastidor geomètric i, per l'altra, desenvolupa una forma que el cobreix.

Per al bastidor adopta un sistema de generació de l'esquelet basat en la geometria *fabrorum*, típica de l'edat mitjana. Tot i que ell coneix molt bé aquest sistema i l'ha utilitzat moltes vegades, no es sotmet a les estrictes regles de quadrats ni triangles característiques d'aquest mètode. Gaudí amplia l'ús d'aquestes formes geomètriques a d'altres polígons amb un major nombre de costats. Aquesta alternativa li permet ser molt més liberal en l'aplicació de relacions molt més obertes de proporció entre planta i alçat.

Tot i la complexitat que utilitza per crear aquestes estructures geomètriques en la segona versió, aquestes encara no són tan sofisticades com ho seran a la tercera solució de les naus.

Les complexes solucions formals que adopta en aquesta segona proposta es fonamenten en l'ús incansable de les superfícies reglades, capaces d'enllaçar un esquelet amb un embolcall continu d'una forma sorprenentment genial i innovadora i que fins aleshores només s'havia desenvolupat com una aplicació teòrica. Sens dubte, l'aplicació d'aquestes superfícies li va donar una nova visió per resoldre els problemes als quals s'estava enfrontant i li va permetre ordenar les formes que tant desitjava sobre una estructura amb un sistema d'estabilitat òptim.

Els finestrals, que havien començat essent un element neogòtic de catàleg, es transformen mitjançant les geometries habituals de l'estil eclèctic de l'època. A partir de l'experiència desenvolupada a la nau, Gaudí els transformarà d'una forma molt important mitjançant l'ús de les geometries reglades, convertint les seves perforacions circulars en hiperboloides que seran enllaçats amb continuïtat a través de paraboloides.

### 12.2.3. Tercera versió de les naus

A partir de 1921 apareix la tercera versió de les naus, on Gaudí es concentra en el desenvolupament d'una nova estructura que sigui capaç de resoldre els problemes que havien quedat pendents en la segona solució. Aquesta tercera versió és l'anomenada "arborescent".

Les nostres investigacions demostren que la tipologia d'aquesta estructura no respon a conceptes nous que refusin el camí que s'havia traçat en la primera i la segona proposta. Aquesta estructura no respon a un nou concepte d'arbre, com s'acostuma a explicar, sinó que en realitat suposa una optimització de la transformació dels cinc arcs que ja s'havia realitzat en la segona proposta. En aquest sentit, la confluència de les quatre columnes inclinades per cada parell d'arcs adjacents és la vertadera responsable que les columnes principals s'obrin en quatre direccions diferents (en forma d'arbre) amb la finalitat de resoldre el criteri de cinc arcs per a les cinc naus contigües que ja havia existit des de la primera versió.

Un dels punts clau de la transformació va consistir en l'alliberament del pis de trava intermedi que havia mantingut en la segona proposta. Fins ara, el pis de trava comportava una solució francament conflictiva entre aquest nivell i la cantoria –unió que, degut a la seva complexitat, no havia arribat a resoldre geomètricament– i la seva supressió obligava a realitzar una sèrie d'ajustos en l'equilibri i l'estabilitat de la tercera proposta. Per aconseguir-ho, Gaudí estudià la col·locació de contrapesos en llocs estratègics (frontons de les finestres, cupulins de la coberta lateral, etc..) i es va desfer dels canvis de direcció que es produïen en el fust de les columnes superiors per evitar, d'aquesta manera, unes components horitzontals que necessitaven nivells intermedis de trava com els proposats en la versió anterior. Per altra banda, els suports verticals guanyen protagonisme dins del conjunt i es tornen molt més robustos. Travessen les voltes de les naus per suportar directament les cobertes, que es resolen amb una geometria molt contundent de paraboloides (sorgida en una variant tardana de la segona versió).

Aquesta nova continuïtat estructural es complementa amb una continuïtat formal que no s'havia aconseguit de forma plena en la segona solució.

El desenvolupament formal de l'estructura de la tercera proposta es basa en les columnes, que giren una secció mentre guanyen alçada. Aquesta idea, que en la segona versió s'havia desenvolupat d'una manera molt senzilla amb el gir en una sola direcció, es convertirà en el motiu formal més important de la tercera amb la solució del doble gir, que es produeix en totes les columnes amb una infinitat de variants.

El desenvolupament d'aquesta estructura formal es recolzarà en la geometria del paraboloides, de l'hiperboloide i de l'helicoides com a substrats pràcticament indispensables. D'aquesta manera, les solucions de continuïtat formal desenvolupades a la segona versió a escala reduïda i que requerien diversos passos intermedis –esquelet i pell superposada– es convertiran, ara, en un llenguatge de transicions a gran escala entre els diversos elements d'estructura que formen la nau, que es generaran amb una sola operació (el gir dels polígons és alhora esquelet i forma la pell).

L'hiperboloide, que fins ara era exclusiu dels finestrals, servirà per donar continuïtat entre elements, com en el cas dels capitells que suporten les voltes, i alhora es converteix en el motiu fonamental del sostres.

Els finestrals segueixen el mateix procés evolutiu i acaben descomponent la seva disposició clàssica d'òculls, típica del neogòtic, i es transformen en una nova estructura compositiva de múltiples relacions entre superfícies reglades que donarà pas a l'ampliació dels òculls centrals i a la reducció de les perforacions secundàries.

### 12.3. Relació entre les diverses versions

Després de realitzar tot l'estudi de l'evolució del disseny de les naus de la Sagrada Família que hem descrit en tres versions per raons didàctiques, en realitat veiem que tot plegat respon a un procés continu. Totes les alternatives del projecte de la nau sempre mantenen la mateixa estructura en relació a la planta i en els tres casos es mantenen les cinc naus, suportades per arcs i pels elements derivats que constantment mantenen la seva proporció.

Els canvis substancials es troben en la forma d'interpretar i de resoldre l'estabilitat de l'edifici i la seva forma a partir d'un desenvolupament de transicions contínues.

La gran diferència que podem trobar entre el primer projecte i l'últim rau en els canvis substancials que hi ha entre un catàleg inicialment eclèctic que evoluciona cap a formes que seran absolutament contínues des de la base fins a les cobertes. No obstant això, en tots els casos, l'estructura és equivalent i mentre en la primera proposta es resol a partir d'elements aïllats que queden apilats, en la darrera proposta els mateixos elements es construeixen d'una sola peça des de la seva base fins al final.

Per a nosaltres, en els tres casos, Gaudí utilitza un sol fil conductor, ja que el canvi dels elements complementaris –com els finestrals– té un desenvolupament que en molts casos és autònom de l'evolució de cadascuna de les tres etapes. El cas més representatiu és el de les cobertes, on el seu canvi no es produeix de forma sincrònica amb les tres versions. En conseqüència, és molt difícil identificar la correspondència dels elements secundaris amb cada etapa de disseny de la nau i, per tant, se'ns demostra que les fronteres entre les tres versions són àmpliament difoses.

#### 12.4. El paper de la segona versió dins de l'obra gaudiniana

En la darrera etapa de la vida professional de Gaudí sorgeix un nou moviment intel·lectual que considera la figura del nostre arquitecte i tots els modernistes com un estil caduc. Aquest fet, junt amb les desavinences que sorgeixen entre Gaudí i alguns dels seus clients, provoca que l'arquitecte abandoni l'obra civil i es recolgui en el Temple.

En aquell moment la situació econòmica de les obres era crítica, fins el punt d'arribar a plantejar-se la seva suspensió. Això féu que Gaudí no pogués construir pràcticament res del que havia projectat i es dedicà exclusivament a evolucionar el projecte. A partir d'aquest moment Gaudí es distancia dels lligams que li imposava la construcció i es concentra en la resolució dels aspectes formals i estructurals en una arquitectura que només queda reflectida en maquetes –equivalent als dibuixos visionaris d'altres arquitectes–. És aquesta circumstància la que li dóna un gran marge per canviar el projecte inicial de forma il·limitada i sense cap tipus de restricció.

En aquesta etapa Gaudí desenvolupa un canvi substancial en la interpretació de les formes i abandona definitivament el món eclèctic per consolidar una interpretació tremendament pragmàtica i racional del comportament estructural de l'edifici de la Sagrada Família.

En aquest context la maqueta de la segona versió de les naus és el punt d'inflexió que ens mostra com Gaudí desenvolupa una nova experiència formal i compositiva íntimament relacionada amb el problema d'estabilitat de l'edifici, (basades en les seves pròpies experiències de treball a la Colònia Güell), a través de l'aplicació d'una renovadora i rigorosa geometria que fixés les pautes per a l'inici de la seva última etapa com a arquitecte de la Sagrada Família: la tercera versió de les naus.

A través de l'estudi de la segona maqueta podem deixar d'interpretar com un salt de discontinuïtat les diferències que semblaven existir entre la primera versió de les naus, atrapada en els corrents historicistes, i l'última solució, basada en una alternativa geomètrica i estructural, summament original, que segons la historiografia tradicional de l'obra de Gaudí ha aparegut del no res. Aquest fet és fonamental per establir una nova concepció i interpretació de l'obra del Temple, que fins al moment s'ha concentrat exclusivament a explicar la darrera etapa, basant-se en el desenvolupament de les formes reglades –paraboloide i hiperboloide– sense plantejar-se ni establir el seu veritable origen en l'obra de Gaudí. La segona maqueta, concebuda com a pont d'enllaç entre els conceptes tradicionals establerts a la primera solució, i l'atreu desenvolupament formal de la tercera alternativa per a les naus, ens mostra la concepció de l'evolució del Temple, des de 1883 fins a 1926, com un procés continu en el qual Gaudí desenvoluparà un esforç titànic per transformar els primers llenguatges eclèctics que utilitza en una nova estètica formal, summament original, basant-se en el discurs d'una nova geometria amb l'única finalitat d'obtenir un alt grau de continuïtat formal.

## 12.5. Futures línies d'investigació

En aquest apartat proposem noves vies d'investigació relacionades amb aquesta tesi doctoral.

Dins del primer grup podríem citar les noves línies que sorgirien si aprofundíssim en els conceptes que s'han tractat en els capítols introductoris d'aquesta tesi.

Sovint s'explica que Gaudí crea un planejament del Temple que sorgeix de la seva genialitat. Un anàlisi dels tractats d'arquitectura del moment ens ha revelat alguns exemples que ens mostren les fonts d'inspiració que Gaudí va utilitzar. És ben coneguda l'afició de l'arquitecte per revisar la majoria de tractats que adquiria la biblioteca de l'escola d'arquitectura de Barcelona. Segurament, un treball que es concentrés a fons en aquest aspecte revelaria fonts d'inspiració fins avui desconegudes.

En els capítols introductoris sobre geometria hem tractat breument la relació entre les formes que Gaudí utilitzava i les que empraven alguns arquitectes contemporanis. Sovint, Gaudí és tractat al marge de la resta d'arquitectes, però a través d'alguns exemples –columnes o capitells– hem mostrat l'existència d'una connexió més profunda entre Gaudí i els seus contemporanis del que semblava en un principi.

La tercera proposta està relacionada amb l'anàlisi en profunditat de les formes que Gaudí emprava en les seves obres inicials i en com aquestes esdevindran la geometria de la darrera etapa. A través de l'anàlisi de la bibliografia existent hem detectat que aquest tema s'ha interpretat, sovint, de forma aproximada o, fins i tot, incorrecta. Les noves eines de mesurament –cada vegada més a l'abast del públic general– permetrien aprofundir aquesta línia d'estudi.

Per últim, fem una proposta basada en el temari central d'aquest treball d'investigació. En les conclusions hem mostrat com l'evolució de les naus respon a un procés continu i, per tant, això comporta l'existència de models que responen a estadis intermedis entre les tres etapes més significatives del projecte. L'estudi aprofundit de la resta dels models que es conserven ens podria detallar alguns aspectes que ens mostressin de quina manera Gaudí va fer la transició entre les tres etapes més significatives del procés, tant en alguna zona localitzada de les naus com en la resta d'elements que componen el conjunt de l'edifici.



»

### 13. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA



- ABELLA, Delfi et al.  
1964 *Antoni Gaudí*. Barcelona: Franciscàlia, 1964.
- AA.VV  
1866 *El Propagador De La Devoción a San José* :Boletín Mensual De La Asociación Espiritual De Devotos Del Glorioso Patriarca, Para Alcanzar De Dios Por Su Intercesión El Triunfo De La Iglesia. Asociación Espiritual de Devotos de San José., 1866; 19uu.
- 1914 *Àlbum del Temple*. Barcelona. Asociación espiritual de devotos de San José,1914, 1a edició.
- 1917 *Àlbum del Temple*. Barcelona . Asociación espiritual de devotos de San José,1917, 2a edició.
- 1922 *Àlbum del Temple*. Barcelona . Asociación espiritual de devotos de San José,1922-1925, 3a edició.
- 1927 *Àlbum del Temple*. Barcelona . Asociación espiritual de devotos de San José,1927-1929, 4a edició.
- 1926 *Antoni Gaudí :La Seva Vida. Les Seves Obres. La Seva Mort. Miscel·lània*. Barcelona: Políglota, 1926.
- 1936 *Àlbum record a Gaudí i al Temple Expiatori De La Sagrada Família*. Barcelona: S.N., 1936
- 1948 *Templo*. Barcelona. Junta Constructora del Temple Expiatori de la Sagrada Família 1948-1982.
- 1983 *Temple*. Barcelona. Junta Constructora del Temple Expiatori de la Sagrada Família., 1983.
- 1985 *Antonio Gaudí (1852-1926) : Museo Español De Arte Contemporáneo Madrid, Mayo-Junio 1985...* [1a ed.] ed. Barcelona: Fundación Caja de Pensiones, 1985. ISBN 8450513812.
- ATWOOD, George  
1801 *Dissertation on the Construction and Properties of Arches*, 1801.

- 1804 *A Supplement to a Tract, Entitled a Treatise on the Construction and Properties of Arches*, 1804.
- BASSEGODA I NONELL,  
Joan  
1980 *La Pedrera De Gaudí* /. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1980. ISBN 8471462133.
- 1984 *Gaudí Arquitectura Del Futur*. Barcelona: Caixa de Pensions-Salvat, 1984. ISBN 8434544873.
- 1986 *El Arco De Festón :Memoria Leída Por Juan Bassegoda Nonell En La Sesión Del Día 21 De Noviembre De 1985*. Barcelona: Real Academia de Ciencias y Artes, 1986.
- 1989 *El Gran Gaudí* /. Sabadell: Ausa, 1989. ISBN 8486329442
- BASSEGODA I NONELL,  
Joan, et al.  
1992 *Aproximación a Gaudí*. Madrid: Doce Calles, 1992. ISBN 8487111246.
- BASSEGODA I NONELL,  
Joan  
GARCÍA GABARRÓ,  
Gustavo  
1999 *La Cátedra De Antoni Gaudí :Estudio Analítico De Su Obra*. Barcelona: Edicions UPC, 1999. ISBN 8483012839.
- BÉRARD, Joseph Balthasar  
1810 *Statique Des Voûtes, Contenant l'Essai d'Une Nouvelle Théorie De La Pousée, Et Un Appendice Sur Les Anses De Panier*. 1810.
- BEGÓS I MASSÓ, Joan  
1953 *Materiales y elementos de construcción. Estudio experimental*. Barcelona. Editorial Bosch. 1953.
- 1954 *Gaudí :L'Home i l'Obra* Barcelona: Ariel, 1954.
- 1965 *Tabicados Huecos :Bases Para Las Dimensiones De Las Bóvedas y Cubiertas Del Templo Expiatorio De La Sagrada Familia*. Barcelona: C.O.A.C.B., 1965.
- 1971 *Gaudí*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia Servicio de Publicaciones, 1971.
- 1971

- 1974a *Gaudí : El Hombre y La Obra*. 2ª ed. Barcelona: Universidad Politécnica UPB, 1974. ISBN 8460062481.
- 1974b *Las Conversaciones De Gaudí Con Juan Bergós*. Madrid: Hogar y Arquitectura, 1974.
- BOHIGAS, Oriol, et al  
2002 *Gaudí 2002 : Miscel·lània*. Barcelona: Planeta, 2002. ISBN 8497080939.
- BONET I ARMENGOL,  
Jordi  
2000 *L'Últim Gaudí : El Modulat Geomètric Del Temple De La Sagrada Família = the Essential Gaudí : The Geometric Modulation of the Church of the Sagrada Família*. Barcelona: Pòrtic, 2000. ISBN 8473066332.
- 2002 *Les Escoles Provisionals De La Sagrada Família*. Barcelona: Escudo de Oro, 2002. ISBN 8437824249.
- CARDELLACH I ALIVÉS,  
Félix  
1970 *Filosofía De Las Estructuras : Filiación Racional De Las Formas Resistentes Empleadas En La Ingeniería y En La Arquitectura Histórica y Moderna : Síntesis De Sus Procedimientos Verificativos : Origen, Planteo y Generalización De Los Principios Estructurales : Reflexiones Conducentes a La Obtención De Nuevas Estructuras*. Barcelona: Técnicos asociados, 1970.
- CASANELLES I FARRÉ,  
Enric  
1965 *Nueva Visión De Gaudí*. Barcelona: Polígrafa, 1965.
- Antoni Gaudí* /. [1a ed.] ed. Barcelona: Ediciones del Serbal, 1991. ISBN 8476280874.
- CASANELLES I FARRÉ,  
Enric  
TARRAGÓ, Salvador
- CHOISY, Auguste  
1899 *Histoire De l'Architecture*. Paris: Gauthier-Villars, 1899.
- CIRICI, Alexandre, et al  
1952 *La Sagrada Familia De Antonio Gaudí*. Barcelona: Omega, 1952.

- CIRLOT, Juan-Eduardo  
1950 *El Arte De Gaudí* /. Barcelona: Omega, 1950.
- COLLINS, George R  
1960 *Antonio Gaudí*. New York: George Braziller, Inc., 1960.
- CULLMANN, Karl  
1875 *Die Graphische Statik*. Ed, Berlag Von Meyer & Zeller, Zurich, 1875.
- DEHIO, Georg; and  
BEZOLD, Gustav von  
1901 *Die Kirchliche Baukunst Des Abendlandes*, 1901.
- DESCHARNES, Robert; and  
PRÉVOST, Clovis  
1982 *Gaudí : Vision Artistique Et Religieuse*. Lausanne: Edita, 1982.
- DÜRER, Albercht  
1557 *Clarrissimi pictoris et geometrae de symmetria patrium humanorum corporum Libri quator, è germanica lingua, in Latinam verfi*. Parisiis, 1557.
- FAULÍ I OLLER, Jordi  
2006 *El Temple de la Sagrada Família*. Barcelona. Aldeasa, 2006.  
2008 *Composició i Continuitat En Les Columnes i Voltes De Les Naus Del Temple Expiatori De La Sagrada Família : Descripció Del Sistema Geomètric i Del Procés De Definició Del Projecte Des De l'Anàlisi i Interpretació Del Projecte d'Antoni Gaudí Fins a La Construcció*. , Tesi doctoral. UPC Departament d'estructures en l'arquitectura. ETSAB. 2008.
- FERRER, David;  
GÓMEZ SERRANO, Josep  
2002 *Los Arquitectos De Gaudí : [Berenguer, Rubió, Jujol, Sugrañes, Ràfols, Quintana, Martinell, Martínez Bergós, Bonet, Puig Boada*. Barcelona: Col·legi Oficial d'Arquitectes. Àrea de Cultura, Formació i Publicacions, 2002. ISBN 8488258909.
- FLORES i LÓPEZ, Carlos  
1982 *Gaudí, Jujol y El Modernismo catalán* /. Madrid: Aguilar, 1982. ISBN 8403809980.  
1983 *Introducción a Gaudí* /. [1a ed.] ed. Madrid [etc.]: Aguilar, 1983. ISBN 8403060467.

- GARCIA, Simón  
1681 *Compendio de Arquitectura y simetría de los templos* (1681).
- GAUDÍ I CORNET, Antoni;  
CODINACHS RIERA,  
Marcia  
1982 *Manuscritos, Artículos, Conversaciones y Dibujos*. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, etc., 1982. ISBN 8450078326.
- GIEDION-WELCKER, C.;  
GOMIS, Joaquim  
1971 *Park Güell De A. Gaudí*. 2ª ed. Barcelona: Polígrafa, S.A., 1971.
- GIRALT-MIRACLE, Daniel,  
et al.  
2002a *Gaudí :La Búsqueda De La Forma : Espacio, Geometría, Estructura y Construcción*. Barcelona. 2002. ISBN 8477827273.  
2002b *Art i Disseny : Exposició Organitzada En Ocasió De l'any Internacional Gaudí*. Barcelona: Fundació Caixa Catalunya, 2002. ISBN 8489860386.
- GÓMEZ SERRANO, Josep  
1996 *L'Obrador De Gaudí*. Barcelona: Edicions UPC, 1996. ISBN 9788483011454; 848301145X.
- GÓMEZ SERRANO, Josep  
et al.  
1996 *La Sagrada Família :De Gaudí Al CAD*. Barcelona: Edicions UPC, 1996. ISBN 8483011484.
- GONZÁLEZ MORENO-  
NAVARRO, Antoni  
2004 *Gaudí i l'SPAL : Treballs De Recerca i Restauració Del Servei De Patrimoni arquitectònic Local Relacionats Amb l'Obra De l'Arquitecte Antoni Gaudí i Cornet ; [Direcció, Antoni González]*. Barcelona: Diputació de Barcelona, 2004. ISBN 8477949824.  
*Gaudí y la razón constructiva. Un legado inagotable*. Barcelona. Akal, 2002.
- GONZÁLEZ MORENO-  
NAVARRO, Antoni et al.

- GWILT, Joseph  
1826 *A treatise on the equilibrium of arches, in which the theory is demonstrated.* Printed by Priestley and Weale. London, 1826.
- HONNECOURT, Villard  
1858 *Album De Villard De Honnecourt.* 1858.
- HÜBSCH, Heinrich  
1838 *Bau-Werke.* 1838.
- HUERTA FERNÁNDEZ,  
Santiago  
1990 *Diseño Estructural De Arcos, Bóvedas y Cúpulas En España, Ca. 1500-  
Ca. 1800.* Tesis doctoral. UPM, 1990.
- LAHUERTA, Juan J.  
1993 *Antoni Gaudí 1852-1926 :Arquitectura, Ideología y Política.* Madrid:  
Electa España, 1993. ISBN 8488045441.
- LAHUERTA, Juan J.;  
HEREU I PAYET, Pere  
1990 *Gaudí i El Seu Temps.* Barcelona: Barcanova, 1990. ISBN 8475335675.
- LE CORBUSIER  
1967 *Gaudí :Texto Le Corbusier Fotoscop : Gomis-Prats.* Barcelona: Polígrafa,  
1967.
- LEROY, Charles François  
Antoine  
1835 *Analyse Apliquée a La Géométrie Des Trois Dimensions.* 2nd ed., 1835.  
1870 *Traité De Stéréotomie,* 1870.
- LÓPEZ ARENAS, Diego  
1633 *Breve Compendio De La Carpintería De Lo Blanco y Tratado De Alarifes.*  
4a ed., 1633 (reed.1912).
- L'ORME, Philibert de  
1926 *Architecture De Philibert De l'Orme,* 1926.



MARTINELL BRUNET,

- Cèsar  
1951 *Gaudí i La Sagrada Família :Comentada Per Ell Mateix.* Barcelona: Aymà, 1951. ”
- 1952 *La Sagrada Família.* Barcelona: Aymà, 1952.
- 1954 *Gaudinismo.* Barcelona: Amigos de Gaudí, 1954.
- 1967 *Gaudí :Su Vida, Su Teoría, Su Obra.* Barcelona: C.O.A.C.B., 1967.
- 1969 *Conversaciones Con Gaudí /.* [1a ed.] ed. Barcelona: Ediciones Punto Fijo, 1969.
- 1999 *Gaudí i La Sagrada Família Comentada Per Ell Mateix.* 2a ed. Valls: Cossetània, 1999. ISBN 8489890307.

MARTINEZ DE ARANDA,

- Ginés  
*Cerramientos y traza de montea (s. XVI).*

MARTÍNEZ I LAPEÑA,

- Josep A  
TORRES I TUR, Elies  
2002 *Park Güell.* Barcelona: Gustavo Gili, 2002. ISBN 8425217962.

MATAMALA FLOTATS,

- Joan  
1999 *Antoni Gaudí :Mi Itinerario Con El Arquitecto.* Barcelona: Claret, 1999. ISBN 8482973436.

MAURER, Maurice

- 1882 *Statique Graphique Appliquée Aux Constructions,* 1882.

MILLINGTON, John

- 1839 *Elements of Civil Engineering.* Philadelphia. Richmond & Palmer, 1839.  
1848 *Elementos De Arquitectura.* Imprenta Nacional. Madrid, 1848.

MOLEMA, Jan

- 1992 *Antonio Gaudí :Un Camino Hacia La Originalidad.* Santander: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Cantabria, 1992. ISBN 846008325X.

MOLEMA, Jan

- IGLESIAS PICAZO, Pedro  
2009 *Gaudí :La Construcción De Los Sueños.* Rotterdam: Episode Publishers, 2009. ISBN 9789059730755; 9059730755.

- MONGE, Gaspard  
1827 *Géométrie Descriptive*, 1827.
- NOCITO MARASCO,  
Gustavo J  
1998 *Los Cuerpos Geométricos En La Arquitectura De Gaudí. Tesis doctoral.* Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 1998. ISBN 9788469301357.
- PANE, Roberto  
1964 *Antoni Gaudí.* Milán: Edizioni di Comunità, 1964.
- PERUCHO, Joan  
1967 *Gaudí :Una Arquitectura De Anticipación.* Barcelona: Polígrafa, 1967.
- POLENI, Giovanni  
1748 *Memorie Storiche Della Gran Cupola Del Tempio Vaticano, e De'Danni Di Essa, e De'Ristoramenti Loro, Divise in Libri Cinque.,* 1748.
- PUIG BOADA, Isidre  
1929 *El Temple De La Sagrada Família.* Barcelona: Barcino, 1929.  
1952 *El Templo De La Sagrada Família :Síntesis Del Arte De Gaudí.* Barcelona: Omega, 1952.  
1976 *L'Església De La Colònia Güell.* Barcelona: Lumen, 1976.  
1979 *El Temple De La Sagrada Família.* Barcelona: Nuevo Arte Thor, 1979.  
1981 *El Pensament De Gaudi :Compilació De Textos i Comentaris.* Barcelona: Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, 1981. ISBN 8470801597.  
1982  
1986 *El Temple De La Sagrada Família.* Barcelona: Nou Art Thor, 1986. ISBN 8473271351.
- PUJOLS I MORGADES,  
Francesc  
1996 *La Visió Artística i Religiosa d'En Gaudí.* Barcelona: Quaderns Crema, 1996. ISBN 8477271658.
- QUINTANA I VIDAL,  
Francesc de Paula  
1927 *Les formes guerxes del Temple de la Sagrada Família.* Revista La ciutat i la Casa. Any III, nº 6. Barcelona. 1927.

## RÀFOLS I FONTANALS,

Josep Francesc

- 1921 *L'arquitecte Joan Martorell. Vell i Nou, 2a època, Vol II, p 124-131.*  
Barcelona, Juliol de 1921. ”
- 1928 *Antonio Gaudí. Barcelona: Canosa, 1928*
- 1929 *Antonio Gaudí. Barcelona: Canosa, 1929.*
- 1932 “*Per a la creació d'un Museu Gaudí.*”. El Matí. Barcelona, 23 de maig de 1932.
- 1952 *Gaudí :1852-1926. Barcelona: Aedos, 1952*
- 1999 *Gaudí :1852-1926. Barcelona: Claret, 1999; 1952. ISBN 8482973525.*

## ROCA FABREGAT, Pere

- 2005 *Antoni Gaudí i El Disseny Estructural :La Síntesi De La Geometria i De La Resistència : Discurs Llegit a La Sessió Inaugural Del Curs 2005-2006. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 2005. ISBN 8472837955.*

## RONDELET, Jean

- 1862 *Traité Théorique Et Pratique De l'Art De Bâtir. Douzième édition ed. A Paris: Chez Firmin Didot frères, fils et cie., 1862.*

## RORICZER, Matthäus

- 1845 *Das Büchlein Von Der Fialen Gerechtigkeit, (orig. 1486) 1845.*

## RUBIÓ I BELLVER, Joan

- 1912 *La Catedral De Mallorca :Conferencia Dada Con Motivo De La Excursión Oficial De La Asociación De Arquitectos De Cataluña.*  
Barcelona: Tall. tip. J. Bartra Laborde, 1912.
- 1913 *Dificultats per arribar a la síntesi arquitectónica. Barcelona: Anuario de la Asociación de arquitectos, 1913.*

## RUBIÓ, Santiago

- 1952 *Cálculo Funicular Del hormigón Armado : Generalización De Los métodos De cálculo y Proyecto Del Arquitecto Gaudí, a Las Estructuras De hormigón Armado. Buenos Aires: G. Gili, 1952.*

SERRALLONGA I GASCH,

Jaume

2003

*Geometria i Mecànica En Els Models De Gaudí :Una Proposta De Recuperació Amb Mitjans Informàtics Dels Mètodes Gràfics De Càlcul d'Estructures Voltades Que Van Utilitzar Gaudí i Els Seus col·laboradors Fruit De l'Anàlisi Evolutiva i Històrica a Través De La Geometria.. Tesi doctoral. ETSAB , 2003.*

SUGRAÑES I GRAS,

Domènec

1917

*La estabilidad de construcción en el Templo de la Sagrada Familia. Iberia nº 169. Març 1917.*

1923

*Disposició estàtica del Temple de la Sagrada Família. Anuari de l'Associació d'Arquitectes de Catalunya. Barcelona, 1923*

19uu

*Tratado Completo Teórico y Práctico De Arquitectura y Construcción Modernas. Barcelona: M. Bordoy, 19uu.*

19uu

*Enseñanza Técnico Práctica De Albañilería :Especial Para Escuelas Profesionales. Barcelona: El Constructor, 19uu.*

SWEENEY, James J.;

SERT, Josep L

1961

*Antoni Gaudi. Buenos Aires: Infinito, 1961.*

TAPIE, Michel

1971

*Gaudí. La Pedrera. Editorial Polígrafa. Barcelona, 1971.*

TAPPE, Wilhelm

1821

*Darstellung Einer Neuen äußerst Wenig Holz Erfordernden Höchst Feuersicheren Bauart, 1821.*

TOMLOW, Jos

2000

*El primer proyecto de Gaudí para la Sagrada Familia en Marzo de 1885. Publicacions de la Reial Càtedra Gaudí. Barcelona. Abril de 2000.*

TOMLOW, Jos, et al.

1989

*Das Model :Antoni Gaudis Hängemodell Und Seine Rekonstruktion - Neue Erkenntnisse Zum Entwurf for Die Kirche Der Colonia Güell = the Model : Antoni Gaudi's Hanging Model and its Reconstruction - New Light on the Design of the Church of Colonia Güell = El Modelo : El Modelo Colgante De Antoni Gaudí y Su Reconstrucción - Nuevos Conocimientos Para El Diseño De La Iglesia De La Colonia Güell. Stuttgart: Institut für leichte Flächentragwerke IL, 1989. ISBN 3782820347.*

- TORII, Tokutoshi  
1983  
*El Mundo Enigmático de Gaudí :Cómo Creó Gaudí Su Arquitectura.*  
Madrid: Instituto de España, 1983. ISBN 8485559339.
- VIOUET-LE-DUC,  
Eugène-Emmanuel.  
1863  
1875  
*Entretiens Sur l'Architecture.* Paris: Vve A. Morel, 1872, 1863.  
*Dictionarie raisonné de l'architecture française du XIè au XVIè siècle.* Paris.  
Librâries - Imprimeries Réunies
- VITRUVIUS  
1552  
*M. Vitruvii Pollonis De Architectura Libri Decem Ad Caesarem Augustum  
Omnibus Omnium Editionibus Longe Emendatiores Collatis Veteribus  
Exemplis,* 1552.
- WARE, Samuel  
1809  
*A Treatise of the Properties of Arches, and their Abutment Piers,* 1809.
- ZERBST, Rainer  
1997  
*Antoni Gaudí i Cornet : Una Vida Dedicada a La Arquitectura.* Köln:  
Benedikt Taschen, 1997. ISBN 3822885495.



