

# Un templo de Geometría: la Sagrada Familia en 2026

CLAUDI ALSINA CATALÀ

Para hacer las cosas bien hace falta: primero el amor a ellas, segundo, la técnica.

Antoni Gaudí

En los próximos diez años (2016-2026) podremos asistir, posiblemente, a la culminación de las obras del Templo de la Sagrada Familia, para así poder concluir este singular proyecto precisamente en el centenario de la muerte del genial arquitecto. Antoni Gaudí Cornet (Reus 1852-Barcelona 1926) dejó un selecto legado arquitectónico pero el reto de acabar su proyecto más ambicioso. La investigación sobre las claves creativas de Gaudí ha permitido descubrir que su obra es el resultado de una profunda búsqueda de formas geométricas con las cuales hacer posible una arquitectura magistral. Y es esta geometría, como veremos, la que ha permitido acelerar la construcción del Templo.

Les recomiendo que visiten con atención los videos incluidos en <[www.sagradafamilia.org/es/](http://www.sagradafamilia.org/es/)>, en especial el video *La Sagrada Familia en 2026*.

## El Templo de la Sagrada Familia

El interior del templo será como un bosque.

Antoni Gaudí

La generosidad de las limosnas y el estupendo trabajo continuado de diversas generaciones de

Se describen las principales características geométricas de los diseños de Gaudí para el templo de la Sagrada Familia que se culminará en 2026. Se revisa la creatividad geométrica de Gaudí en base a curvas, superficies regladas y transformaciones espaciales y cómo los poliedros jugarán un papel importante en la culminación de todas las torres del templo.

*Palabras clave:* : Creatividad de Gaudí en el espacio, Superficies regladas, Poliedros.

### A Geometry's Temple: *Sagrada Familia* in 2026

We describe the main geometrical characteristics of Gaudí's designs for the temple of the Sagrada Familia to be culminated in 2026. We review the geometrical creativity of Gaudí based upon curves, ruled surfaces and space transformations and how polyhedra will be playing an important role in culminating all towers of the temple.

*Keywords:* Gaudí's creativity in space, Ruled surfaces, Polyhedra.

arquitectos y profesionales de todo tipo han hecho posible que el gran proyecto siga adelante y se encuentre hoy en su etapa final.

Este Templo fue, desde su concepción por Josep M.<sup>a</sup> Bocabella y su Asociación de los Devotos de San José, una idea gigantesca tanto en el sentido físico de hacer un gran templo como en el sentido temporal de edificarlo ya que el deseo de hacer un templo expiatorio, necesariamente llevaba a un proyecto centenario.

El primer proyecto del Templo fue encargado al arquitecto diocesano Francesc de P. Villar, situándose la primera piedra el 19 de marzo de 1882. Afortunadamente, del proyecto neogótico de Villar solo quedó el inicio de la cripta pues este dimitió en 1883. El providencial encargo al joven arquitecto (31 años) Antoni Gaudí permitió que lo que habría sido una iglesia de barrio pasara a ser un proyecto emblemático. La siguiente descripción magistral y sintética de las características esenciales del proyecto de Gaudí para el Templo es del arquitecto responsable de la obra durante muchos años Jordi Bonet:

El templo tiene planta basilical en cruz latina, cinco naves con crucero de tres. Interiormente, hace 90 m de largo y 60 m de ancho; la nave central tiene 15 m y el ábside queda limitado por siete capillas y dos escaleras circulares, con deambulatorio en torno al presbiterio. Un claustro rodea el edificio y enlaza las tres grandes fachadas que dan entrada: a levante, la del Nacimiento, en poniente, la de la Pasión, y a mediodía, la de Gloria. Y a ambos lados del ábside, dos edificios de las sacristías - destinados a la administración y servicios en el futuro. Un cimborio de 170 m de altura se levantará en el centro del crucero, dedicado a Jesucristo, flanqueado por otros cuatro que simbolizan a los Evangelistas y, cubriendo el ábside, un último cimborio dedicado a Madre de Dios...

El Templo fue concebido como una representación de la Biblia, un lugar donde los creyentes visualizaran la historia sagrada y los misterios de la fe. Toda la parte exterior del recinto representa la presencia de la Iglesia en el mundo a través de evocar a los doce apóstoles, los cuatro evangelistas, muchos santos, la Madre de Dios y Jesucristo. La parte interior del recinto evoca «la vida de la Iglesia universal y la Jerusalén celestial».

Ya en 1898 Gaudí dejó planteada íntegramente la estructura mecánica del Templo. En sus propias palabras «mis ideas estructurales y estéticas son de una lógica indisputable. Lo único que me hace dudar es que no hayan sido más utilizadas y que tenga que ser yo el primero en hacerlo... pero convencido de su bondad me veo en la obligación de llevarlas adelante». Este principio debería también iluminar hoy la innovación docente en matemáticas.

Diversos han sido los estudios de tipo geométrico, estructural y constructivo que han permitido aclarar las vertientes científico-técnicas del proyecto del Templo. Doménech Sugrañes (1923), Félix Cardellach, Joan Bergós (1954, 1965), Isidre Puig Boada (1952, 1976), G. R. Collins (1960) y Cesar Martinell (1967) fueron esenciales en una primera etapa. El estudio del *Gaudí-groep Delft* de Jan Modena (1989), los trabajos de Jos Tombow y Frei Otto (1989), las obras de Joan Basegoda, Josep Gómez Serrano, Jordi Coll, Mark Burry, Carles Buxader, Joan Margarit, etc., o las tesis doctorales de Jaume Serrallonga o Jordi Faulí, y la gran labor del arquitecto Jordi Bonet, han contribuido al análisis riguroso de esta faceta científico-técnica subyacente al proyecto del Templo y a su ejecución.

## La creatividad tridimensional de Gaudí

Yo soy géometra, que quiere decir sintético.

Antoni Gaudí

En el taller estudio de Gaudí no había apenas biblioteca y el material gráfico era reducido al mínimo (figura 1).

Había un taller fotográfico, un espacio para esculturas, una amplia zona para maquetas de yeso (escala 1:10 o 1:25), espejos para ensayar visiones indirectas, campanas tubulares para estudiar la sonoridad, y techos móviles para experimentar iluminación. El diseño de Gaudí fue siempre el resultado de una profunda investigación experimental geométrica guiada por la funcionalidad, la construcción y la estructura. El re-



Figura 1. Taller

pertorio geométrico de Gaudí en el Templo se basa, esencialmente, en las siguientes claves:

— *Modulación y proporciones*

El módulo básico es de 15 metros y el *número secreto* del Templo es el 12. De los divisores del doce surge el sistema de proporciones en la Sagrada Familia (1, 1/3, 1/4, 1/2, 3/4, 2/3, 1)

— *Movimientos helicoidales y helicoides*

Este principio combina de forma compleja rotaciones en torno a un eje y translaciones en la dirección del eje, creando un interesante movimiento vertical ligado a las hélices cilíndricas, el helicoides y las rampas helicoidales. Muchas columnas (de doble giro), escaleras de caracol, etc., muestran este principio.

— *Intersección de formas*

La operación, compleja, de intersecar diversas figuras geométricas culmina en la Sagrada Familia con las superficies regladas, elipsoides, y, muy especialmente, con la creación de los pináculos de las torres de los Apóstoles con intersección de poliedros.

— *Fractalidad*

El principio natural de la fractalidad en el crecimiento de las ramas de los árboles es aprovechado por Gaudí en el diseño de columnas de la Sagrada Familia: el *tronco* da paso por medio de los *nudos* elipsoidales a nuevas columnas-ramas. Una forma magistral de distribuir y transmitir las cargas. Mandelbrot quedó fascinado cuando visitó el Templo.

— *Polígonos*

Los polígonos planos regulares más usuales son los triángulos, cuadrados, pentágonos, hexágonos, octágonos, decágonos y dodecágonos. Las columnas de doble giro nacen de un juego geométrico finísimo moviendo polígonos idénticos en dos direcciones opuestas e intersectando volúmenes.

— *Cónicas*

Circunferencias, elipses, parábolas e hipérbolas son curvas omnipresentes en muchas formas por ser secciones principales de las superficies regladas que son piezas clave del repertorio geométrico.

— *Hiperboloïdes de una hoja*

Estas notables superficies están formadas por rectas que se apoyan entre dos circunferencias iguales, paralelas y giradas, uniendo una colección bien definida de puntos correspondientes entre las dos curvas. Resulta también del giro de una hipérbola en torno al eje de simetría que no corta a la curva. Fue una superficie introducida por Gaudí en Arquitectura después de descubrir que era una forma óptima para campanas. Forman bóvedas, muchos soportes o entradas de luz en la nave de la Sagrada Familia (figura 2).



Figura 2. Hiperboloïde con fruta

— *Paraboloides hiperbólicos*

El paraboloides hiperbólico, una de las superficies originales usadas por Gaudí, es una superficie formada por rectas que se apoyan pautadamente en dos rectas que se cruzan en el espacio de forma ordenada. Si las dos rectas de apoyo fuesen paralelas surgiría un plano pero al inclinarlas surge esta superficie que enamoró a Gaudí. En la Sagrada Familia los paraboloides hiperbólicos se acoplan a las sofisticadas formas de los hiperboloides de una hoja. La culminación en el uso de los paraboloides hiperbólicos se dará en la cubierta superior de las naves y sacristías, así como también en los campanarios y en las torres (figura 3).



Figura 3. Hiperboloides y paraboloides hiperbólicos

### Los poliedros en los pináculos del templo

Es lógico pensar (Alsina, 2010) que Gaudí, como buen aficionado a la papiroflexia, practicó la construcción de poliedros en papel. En su taller existían modelos poliédricos, los hay en la Cripta de la Sagrada Familia (y los puso en la Catedral de Palma de Mallorca). Sin embargo las formas poliédricas están poco presentes en la obra gaudiniana pero tienen (y podrían tener) un claro protagonismo en los pináculos de la Sagrada Familia. Lo que aquí explico ha sido motivo de estudio por mi parte (asesorado por Jordi Faulí) y

puede ayudar en unos años a la determinación final que se adopte.

### Los poliedros regulares

En el espacio solo hay cinco tipos de poliedros regulares que son poliedros convexos con todas las caras formadas por polígonos regulares iguales y con todos los vértices acogiendo el mismo número de aristas. Si  $C$  indica el número de caras,  $A$  el número de aristas y  $V$  el número de vértices, entonces vale la relación de Euler  $C + V = A + 2$  y los valores posibles de  $C$ ,  $V$  y  $A$  en los poliedros regulares son los siguientes:

	$C$	$V$	$A$
Tetraedro	4	4	6
Cubo	6	8	12
Octaedro	8	6	12
Dodecaedro	12	20	30
Icosaedro	20	12	30

Tabla 1

La tabla 1 pone de manifiesto el vínculo directo del número 12 con cuatro de los poliedros regulares. Como el sistema de proporciones en la Sagrada Familia se basa en los divisores de 12 no es de extrañar que para los 12 campanarios Gaudí fijara la atención en algunos de estos elementos poliédricos y más cuando Gaudí conocía perfectamente que en joyería usaban siempre formas poliédricas para cortar las piedras preciosas de los anillos. En los cuatro campanarios de la Fachada del Nacimiento, la piedra del anillo obispal simbolizada en los pináculos, se obtiene de una intersección de un cubo con un octaedro (figura 4).

Evidentemente, el poliedro resultante no es regular pero tiene seis caras cuadradas y ocho caras hexagonales. Esta figura intersecciona con una esfera que determina en todas sus catorce caras un casquete esférico vaciándose siempre la zona cilíndrica a los efectos de contener elementos eléctricos de iluminación. En el viejo simbolismo platónico, el cubo representa la tierra y el octaedro el aire y por lo tanto en clave mitológica el poliedro de estos campanarios sería una síntesis entre la Tierra y el Cielo... el Nacimiento de Cristo. En los campanarios de la Fachada de la Pasión también se usan poliedros con analogía a los del Nacimiento.

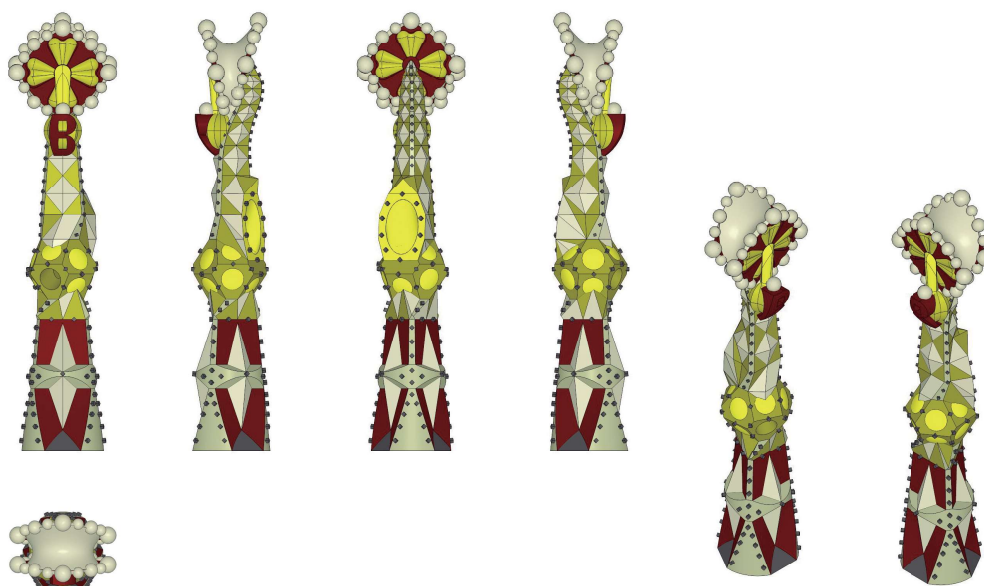


Figura 4. Poliedro en la Torre de San Bernabé  
©Alsina

*Dodecaedros regulares  
para los campanarios de la Gloria*

Todas las informaciones gaudinianas y las de Jordi Bonet llevan a pensar que el dodecaedro regular sería un poliedro regular idóneo para estos pináculos (figura 5). Como único poliedro

regular con 12 caras pentagonales, exhibiendo las proporciones perfectas del número de oro, su presencia contribuiría a los ideales que rigen el diseño de esta fachada. En el museo del Templo hay un modelo original de yeso de este poliedro precisamente en la vitrina de la Fachada de la Gloria.



Figura 5. Posibles pináculos en la Fachada de la Gloria  
©Alsina

## Icosaedros regulares en las torres de los Evangelistas

Una referencia clave en las torres de los Evangelistas la da Cesar Martinell:

Las cuatro más bajas acabarán en estrellas icosaédricas que serán focos luminosos. Serán icosaedros transparentes con luz dentro para iluminar de noche y al mismo tiempo serán reflectores, para brillar de día. Las aristas serán reflectantes y las caras transparentes.

Los cuatro poliedros, idénticos, podrían ser pues icosaedros. Tendría sentido que tuvieran una posición inclinada con dos caras paralelas perpendiculares a la verticalidad del pináculo y todas las caras vidriadas de color plateado reflectante y que una esfera que intersecara a las caras determinara los dos focos de luz, uno dirigido a la cruz del Cimbório de Jesucristo y el otro hacia la calle.

### Un poliedro estrellado de Kepler-Poinsot

Si nos situamos en el mundo de poliedros cóncavos pero seguimos exigiendo caras idénticas y vértices de igual grado entonces encontramos los 4 poliedros de Kepler-Poinsot, las estrellas poliédricas más perfectas. Johannes Kepler en su mítico libro *Harmonius Mundi* de 1619 describe el pequeño y el gran dodecaedro estrellado. Muchos años después Louis Poinsot (1809) descubrió los otros dos estrellados que son duales de los de Kepler y fue Cauchy quien demostró (1811) que estos cuatro poliedros de Kepler-Poinsot son las únicas formas estrelladas regulares.

En la foto podemos observar como muchas estrellas poliédricas estaban presentes en el taller. Destacamos arriba a la izquierda las de 4 pirámides triangulares sobre un tetraedro o de 8 pirámides cuadradas sobre las caras de un cubo. Pero también aparecen estrellas muy regulares correspondientes a los dos poliedros de Kepler y en cambio no aparecen los de Poinsot.

El Cimbório de la Virgen será sin duda un elemento culminante del Templo. En muchas referencias gaudinianas se explicita literariamente la presencia de una *estrella* como culmi-



Figura 6 .Poliedros estrellados en el taller

nación del Cimbório. En el dibujo global del Templo hecho por Rubió (bajo la supervisión de Gaudí) se aprecia una cierta forma estrellada (indefinida como consecuencia de la escala). En posteriores desarrollos gráficos del conjunto del Templo, Jordi Bonet especifica que habrá la *Estrella de la Mañana*, representación de la Virgen. Pero, ¿qué figura estrellada precisa se podría realizar? Las referencias bíblicas a las *estrellas* del cielo son muy frecuentes en el Antiguo y Nuevo Testamento. Hay pero una referencia que merece especial atención y es la que se encuentra en el libro de San Juan del Apocalipsis 12, 1:

Entonces apareció en el cielo una gran señal: una mujer vestida del sol, con la luna ante los pies, y llevaba en la cabeza una corona de doce estrellas...

La presencia de los números triangulares  $(1 + 2 + \dots + n)$  y en especial de los números 3, 5, 7 y 12 es omnipresente en el Apocalipsis donde la propia estructura métrica de los poemas y de

los versos juega con 7 y 12 estrofas y 7 o 12 versos. La asociación Virgen-estrella ha sido primordial a lo largo de la historia. Ya en el siglo IX nace el himno litúrgico medieval del *Ave María Stella* y a menudo la misma representación de una estrella es la iconografía mariana por excelencia. Gaudí conocía perfectamente el libro del Apocalipsis y todo lo relacionado con la iconografía religiosa (figura 7).

En el Cimborrio de la Virgen, por su simbolismo, es natural pensar en una estrella poliédrica que presente un máximo de regularidad, con la máxima simetría posible, es decir, posiblemente en uno de los 4 poliedros de Kleppler-Poinsot y como sea que la estrella de la Virgen debe tener el efecto de la radiación solar- hay que evitar el aspecto más redondeado de los dos poliedros de Poinsot. Por tanto, dado que el número 12 va irremediabilmente ligado a la descripción bíblica de la Inmaculada podríamos descartar el estrellado de 20 puntas. De las anteriores consideraciones se podría pensar en el pequeño do-

decaedro estrellado con sus 12 pirámides pentagonales, donde cada cara triangular forma con otras cinco caras coplanarias una estrella de cinco puntas o pentagrama, y de estas estrellas hay 12. Un reto será determinar la situación en el espacio de esta estrella y su policromía. Habrá que analizar las alternativas entre dejar las caras triangulares del poliedro perfectamente planas o bien introducir elementos romboidales en aristas u otros puntos de corte. Quizás sería también oportuno que en cada una de las doce puntas de la corona que forma parte del Cimborrio hubiera una fina figura de plata, que por coherencia con el conjunto debería ser un pequeño dodecaedro estrellado. Una opción alternativa a la pureza de formas del pequeño dodecaedro estrellado sería adoptar la llamada segunda estrella del icosaedro que presenta 12 pirámides pentagonales que radian a partir de un poliedro central compuesto de tetraedros. Una estrella obtenida con el alargamiento de las pirámides del pequeño dodecaedro sería otra alternativa.



Figura 7. Posible pináculos en el Cimborrio de la Virgen  
©Alsina

## La cruz del cimborrio de Jesucristo

La cruz que culminará este cimborrio central será en forma de *hipercubo de cuatro dimensiones* (pila de cuatro cubos con cuatro cubos alrededor del penúltimo), será accesible con ascensor (y evacuable por escalera) siendo la cruz-suelo de visitantes de 15 m de lado, desde donde se podrá contemplar una impresionante vista de Barcelona (prepárense para hacer cola para subir).

## Objetivo 2026

Gracias a la geometría, las nuevas tecnologías (desde los programas de CAD y cálculo de estructuras al uso de máquinas robóticas) han permitido avanzar a un ritmo impensable hace una década. En 2010 ya culminó la construcción de la nave central del Templo con lo cual ya ha sido posible un uso normalizado del espacio interior. Quedaban entonces por construir las dos Sacristías, todas las capillas, las cuatro torres de los Evangelistas, la torre de la Virgen María, la torre central de Jesucristo y finalmente culminar la fachada de la Gloria con sus cuatro campanarios, acceso central al Templo. En estos años el trabajo se ha centrado en la primera Sacristía ya concluida y en toda las bases (por encima de la nave central) para posibilitar las torres restantes. El Templo crece en vertical, sin apoyos laterales, lo que obliga cada vez a un trabajo más lento y preciso. La dirección de Jordi Bonet ha sido traspasada con acierto a Jordi Faulí, arquitecto joven pero con muchos años ya en el Templo, quien podrá concluir la obra. El hecho de haber podido dirigir

su tesis doctoral me da absoluta confianza sobre su preparación.

Ya en la actualidad y en los próximos años el Templo ofrecerá al profesorado de matemáticas un sugestivo monumento donde apreciar una genial geometría 3D, realizar visitas y talleres. Pongan el 2026 en su agenda. Quedan todos/as invitados/as.<sup>1</sup>

## Referencia bibliográficas

- ALSINA, C. (2008), *Geometría para Turistas*, Ariel, Barcelona.
- (2010), «El poliedres als pinacles del Temple», *Revista Temple*.
- ALSINA, C., y J. GÓMEZ (2002), «Gaudí, geométricamente», *La Gaceta de la RSME*, vol. 5-3, 523-558.
- ALSINA, C., J. GÓMEZ y J. FAULÍ (2004), «La Geometría i la mecànica a l'obra de Gaudí», *Revista de Tecnologia, SCT*, n.º 1, 12-27.
- BONET, J. (2000), *L'últim Gaudí*, Pòrtic, Barcelona.
- (2000), *Temple Sagrada Família*, Escudo de Oro, Barcelona.
- BURRY, M., J. COLL y J. V. GÓMEZ (2008), *Sagrada Família s. XXI. Gaudí ara / abora / non*, Edicions UPC, Barcelona.
- FAULÍ, J. (2006), *El templo de la Sagrada Família*, Ediciones Aldeasa, Barcelona.
- (2009) *Composició i continuïtat en les columnes i voltes de les naus del Temple Expiatori de la Sagrada Família*. [Tesis doctoral dirigida por C. Alsina y J. Bassegoda, ETSAB, Universitat Politècnica de Catalunya.]
- GIRALT-MIRACLE, D. (ed.) (2002), *Gaudí'2002. Miscel·lània*. Ajuntament de Barcelona-Planeta, Barcelona.
- (2002), *Gaudí. La busqueda de la forma. Espacio, geometría, estructura y construcción*, Ajuntament de Barcelona-Lumberg, Barcelona.

CLAUDI ALSINA CATALÀ

Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech  
<claudio.alsina@upc.edu>

<sup>1</sup> Si desean escuchar mi conferencia *Los secretos geométricos de Gaudí* pueden encontrar en *Youtube* la impartida en la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Sevilla

<<https://www.youtube.com/watch?v=cCbBLY5C7kY>>  
o la más reciente en la Universidad Lomas de Zamora en Argentina  
<<https://www.youtube.com/watch?v=OgRmuOUJLPY>>.