

Conclusiones

Uno de los hechos más importantes redactados en esta tesis tenía como intención la de demostrar un hecho que ha revolucionado la construcción del templo de la Sagrada Familia. El CAM fue en sus principios un desafío que demandaría un nuevo tipo de dialogo en la construcción. La utilización de códigos alfanuméricos o el estudio profundizado por parte de un arquitecto para entender el comportamiento de una máquina capaz de realizar un movimiento tan exacto que generaba la posibilidad de experimentar la construcción asistida por ordenador por primera vez en las obras del templo en noviembre de 1989. A partir de este año, un nuevo lenguaje se incorporaría al proceso de construcción de la obra de Antoni Gaudí. Estos nuevos términos formarían parte de los diferentes pasos hasta cumplir los requisitos para la construcción de la columna de doble giro utilizando la fabricación asistida por ordenador.

Jordi Bonet y Antoni Caminal fueron los responsables principales a la hora conseguir este resultado, que puede ser considerado como una hazaña arquitectónica. Ambos se sumergieron en medio de dos mundos que hasta entonces sus desafíos eran desconocidos por los arquitectos involucrados en la construcción del templo de la Sagrada Familia. El mundo de la geometría gaudiniana dominada por Jordi Bonet, que fue capaz de descifrar toda la información por detrás de las columnas de doble giro, dio un soporte de información trascendental a Antoni Caminal, que fue capaz de negociar el proceso de comunicación entre la geometría y los datos alfanuméricos que una máquina del mundo tecnológico avanzado necesitaba para alimentarse.

Por la racionalización de la geometría interpretada por Jordi Bonet, fue posible redactar y describir las columnas del templo de la Sagrada Familia en formato de operaciones matemáticas. Estos datos resultarían en la forma de la columna helicoidal de doble giro, y posteriormente se lograría la fabricación de la "columna de Lleida", con la primera pieza del tambor que sería mecanizada a principios de noviembre de 1989, las

primeras piedras puestas in-situ en noviembre de 1990, y su culminación total en enero de 1991.

El arquitecto involucrado en la construcción de esta gran obra tuvo la oportunidad de contemplar a partir de entonces una mayor consistencia y una garantía de éxito en las obras del templo de la Sagrada Familia. La comunicación entre los medios informáticos y las máquinas han sido y siguen siendo totalmente fieles al proceso. Como se ha redactado históricamente, después de los problemas encontrados por Francesc Quintana entre 1954 y 1956 a la hora de construir la “columna de Barcelona”, gracias a la coherente interpretación de los principios de Antoni Gaudí por Jordi Bonet y a la tecnología, se pudo lograr la construcción de la “columna de Lleida” a la perfección. La arquitectura respondió a la utilidad y esta ha sido la razón por la que la tecnología ha sido introducida en el templo de la Sagrada Familia.

Teniendo en consideración la tecnología CAM, esta herramienta fue muy adecuada porque se ha llegado a una total comunicación entre el posible croquis de Antoni Gaudí, probablemente quemado y destruido durante la guerra, y sus modelos de yeso de la nave principal, rescatados por Jordi Bonet en forma de reinterpretación de datos numéricos referentes a la generación de las columnas, y la máquina, herramienta que sirvió para providenciar al milímetro el gran reto del creador del templo de la Sagrada Familia, que se basaba en lograr el nuevo orden y que, con el logro de la construcción de la “columna de Lleida”, no solo fue de las primeras columnas de doble giro a ser construidas, sino que fue el primer elemento arquitectónico de complejidad geométrica única construida con tecnología CAM jamás en el mundo.

Aunque Frank Gehry tuvo un gran éxito con James Glymph respecto al uso del CAD/CAM para la construcción de la escultura del pez para los Juegos Olímpicos de Barcelona de 1992, además de la

intervención de la máquina de control numérico para el corte de las piedras de las fachadas del American Center de París y del Walt Disney Concert Hall de Los Ángeles a finales del año 1991, en el templo de la Sagrada Familia la “columna de Lleida” fue un símbolo de una nueva posibilidad de ayuda por parte de la tecnología controlada numéricamente y un logro poco reconocido en la historia de la arquitectura vinculada al CAM. Sin duda, los logros de Frank Gehry desde Barcelona han contaminado el discurso arquitectónico digital y han motivado a muchos arquitectos a desarrollar líneas de investigación en diseño y construcción, quizás con otras metodologías, pero con el mismo fin, que es el de servirse de la tecnología de la construcción asistida por ordenador en la arquitectura. Pero esto es algo que se impulsó en el templo desde julio de 1988 con la compra de la máquina de control numérico Van Voorden. El gran esfuerzo de Antoni Caminal, empezado en febrero de 1989, ha sido recompensado con un elemento gaudiniano totalmente robotizado, demostrando formalmente por su conceptualización geométrica que Antoni Gaudí estaba por delante de su tiempo.

Los experimentos posteriores a la “columna de Lleida” han demostrado que la tecnología ha sido y sigue siendo una herramienta muy útil para ayudar en la construcción del templo de la Sagrada Familia. Además, con mayores inversiones en la tecnología, ambos en sistemas informáticos y en máquinas de control numérico, el ritmo de construcción aumentó considerablemente. Pero el vínculo dentro de la oficina técnica con este proceso productivo ocurrió de manera muy vigorosa gracias a los procesos de investigación y estrategias de enlace entre los medios CAD y CAM. Formas especiales necesitaban estrategias especiales para lograr primeramente la producción, y posteriormente la optimización de material y de tiempo de fabricación, aunque Antoni Caminal ya había llegado a la precisión en 1989, y por lo tanto el objetivo era empeñarse en optimizar material y tiempo. Además, y como resultado, este sistema ha aportado a los modelistas y obreros del templo una ayuda que les facilitaría

concretizar sus trabajos con gran eficacia, tanto con los modelos y plantillas tridimensionales como las plantillas bidimensionales.

El campo de la construcción, nuevas máquinas de control numérico con distintas funciones y características empezaban a aparecer en el mercado. El templo de la Sagrada Familia contó con la adquisición de algunas de estas potentes herramientas por parte de los industriales colaboradores en la construcción. Luego después de la primera máquina de control numérico Van Voorden, se empezó a notar que el ritmo de la construcción, además de ser posible, aumentaría considerablemente gracias a las nuevas tecnologías.

Como ya se ha podido comprobar, aunque con gran experiencia en la edificación, se suele implementar sentimientos que interfieren en el proceso constructivo arquitectónico, positivamente o negativamente. Un ejemplo a cuestionar podría ser la “columna de Barcelona” de 1956 en donde las proporciones del despiece y el acto escultórico de su construcción podrían haber cambiado la integridad geométrica de la forma. Con el CAM en 1989 y posteriormente el CAD/CAM en 2002, la consistencia del diseño se mantendría en la construcción. Además, se lograría un primer éxito a nivel de ahorro de tiempo a la hora de fabricar estos principios en forma de modelos de poliestireno extruido que posteriormente servirían para producir moldes negativos que se emplazarían in-situ para la construcción de los barcos finales.

El equilibrio entre las tecnologías tradicionales y del futuro se había encontrado y se puso al servicio de la construcción del templo de la Sagrada Familia en la década de 90. La consistente coordinación entre Jordi Bonet y Antoni Caminal han permitido abrir las puertas a nuevas estrategias de producción que ayudarían a agilizar la construcción de esta obra. En la construcción manual, el CAD fue un aliado incondicional para facilitar además de la producción, mantener la fidelidad de los dibujos y de

los principios formales y geométricos definidos por Antoni Gaudí. Los avances de la tecnología CAM y su vínculo más clarificado con el CAD han permitido experimentar no solo nuevos sistemas de diseño, como por ejemplo el tridimensional o el paramétrico, sino apreciar como un principio formal y riguroso se transformaba a partir de una serie de relaciones geométricas visuales desde un programa informático en una pantalla a un componente físico listo para ser ensamblado en obra.

En la época posterior a la de la primera máquina de control numérico adquirida por el templo de la Sagrada Familia, una gran inversión ha sido realizada a nivel tecnológico. Las máquinas poseen la tendencia de emplear procesos de fabricación más cercanos a la industria que la arquitectura, tal y como se ha apreciado en el proceso del uso de la máquina de control numérico Van Voorden. Por lo tanto, los arquitectos necesitaban una aplicación mecánica. Tanto a nivel de programas como de máquinas y estrategias de producción, se exigía emplear a fondo los conocimientos por parte de los diseñadores, obreros e industriales para encontrar soluciones innovadoras que primero hiciera más eficaz y diversificado el proceso de producción, y luego que agilizara el proceso para poder como consecuencia optimizar el tiempo. El ahorro en el tiempo de producción permitiría más tiempo a los arquitectos en investigar más a fondo los procesos de diseño y de creación de un mayor número de propuestas para un componente del templo de la Sagrada Familia.

El equilibrio entre la tecnología industrial y la humana siempre ha existido en el templo de la Sagrada Familia, y aun con las máquinas de control numérico, esta conformidad siguió y sigue existiendo hasta hoy. La máquina no reemplazó al hombre en este proyecto y probablemente no lo reemplazará. No por el motivo de que la máquina no pudiera, sino que la sensibilidad humana a la hora de expresarse en el arte no es mecanizable, aunque este factor también podría ser cuestionado. La tecnología ha sido y sigue siendo una herramienta, pero que muy útil en la construcción de

esta obra. Por ejemplo, con las técnicas de construcción de moldes y modelos para los modelistas, era relativamente fácil transformar una pieza mecanizada en un componente para la fabricación de piezas de prefabricado o para su puesta in-situ para servir como molde. Los modelistas tenían una preocupación menos en generar la geometría manualmente ya que las máquinas se encargarían de darles la información o parte de la información en un formato físico. Era solo una cuestión de tiempo hasta conseguir la pieza necesaria.

Desde finales de 2004, se ha hecho una gran inversión por parte del templo de la Sagrada Familia en el campo del CAD/CAM. Con un equipo de profesionales especializados, una amplia estructura en la oficina técnica, nuevos ordenadores, programas informáticos de última generación, máquinas de impresión de maquetas tridimensionales, y una nueva máquina de control numérico, a partir de entonces ha sido posible llevar a cabo distintas investigaciones para llegar a los primeros objetivos de Jordi Bonet respecto a la implementación de la tecnología robótica en el templo de la Sagrada Familia que era la precisión, ya conseguida en la era Van Voorden, la velocidad, a partir de los éxitos de la década de 1990, y la economía en la construcción.

Con la tecnología actual de hoy, se utilizan conocimientos y se crean procesos de tal manera que tanto los programas informáticos como las máquinas siempre están trabajando al máximo para dar el resultado deseado. Se está llevando la tecnología actual a sus límites cada vez que se concretiza digitalmente o se fabrica un nuevo componente del templo de la Sagrada Familia. Por lo tanto, con la tecnología llevada a sus máximos potenciales para concretizar el desafío de la construcción de esta espectacular obra, tal hecho invita a dejar las puertas abiertas a la tecnología porque el templo no se ha acabado y sería interesante imaginar, o hasta empezar a investigar, que tecnología sería útil para continuar el gran reto que es el de cumplir el sueño de Antoni Gaudí y de

todos los que han seguido sus ideologías, para conseguir lograr la culminación de esta gran obra.

Con la ayuda de los arquitectos veteranos del templo, matemáticos, expertos en programas informáticos y una gran motivación y respecto a la obra del Antoni Gaudí, se ha conseguido lograr una aceleración importante en la construcción del templo de la Sagrada Familia. Con algunos proyectos, entre los diversos que se han llevado y que siguen siendo llevados a cabo, ha sido posible ilustrar un proceso completo desde el diseño hasta la obtención de las piezas finales fabricadas con la tecnología asistida por ordenador. Los principios geométricos ya estaban definidos, pero que gracias a la informática, se podrían dibujarlas y fabricarlas de distintas maneras. Las pautas geométricas de Antoni Gaudí estaban definidas y lo que faltaba era realmente profundizarse en sus conceptos intentando buscar la mejor coherencia arquitectónica posible, buscando un sistema racional de producción y ahorro.

La implementación de la tecnología CAM y sus actuales estrategias estudiadas para su continuación ejemplifican la dificultad del gran reto que Antoni Gaudí nos propuso y que gracias a la tecnología y sus avances, hoy la construcción del templo avanza de forma mas precisa, rápida y económica. Hoy por hoy, esta tecnología es muy apropiada pero se las está llevando a sus límites y el templo no esta acabado. ¿Como las nuevas y futuras tecnologías ayudarán a culminar la construcción de esta obra? La cuestión es de preguntarse que nuevos instrumentos de la práctica son necesarios para aprovecharse de las oportunidades abiertas por los modos de producción aplicados en el templo de la Sagrada Familia.

Este es un proyecto que hace repensar lo que ha pasado entre los años 50 y 80 respecto a la arquitectura y la tecnología, donde todas las herramientas estaban creadas. Por ejemplo, los instrumentos básicos de

diseño como las NURBS, los ordenadores y las máquinas de control numérico han sido desarrollados durante estas décadas tal y como se ha podido comprobar. Es verdad que tal tecnología hasta hace poco era inalcanzable al arquitecto. Sin embargo, la arquitectura ha incorporado la tecnología con cierto retraso, y por ejemplo, se podría estar hoy en día hablando en las escuelas de arquitectura, y de manera más natural, sobre temas como por ejemplo pos-producción o de maquetas impresas en 3 dimensiones o programas que sirven como herramientas de soporte en un proceso de diseño y construcción con más libertad.

A pesar de todo, y mirando hacia el futuro, es de cuestionarse si un proyecto como el templo de la Sagrada Familia podría ser totalmente robotizado, aunque por los valores sentimentales, a través de esculturas por ejemplo, la artesanía prevalecería. La máquina, no importa la innovadora que sea, no es nada más que una herramienta al servicio del hombre. Sin embargo, y a lo mejor, una futura máquina con sentimientos que fuera capaz de crear esculturas físicas a través de medios digitales podría llegar algún día a revolucionar esta inquietud.

