

# PROCESOS TECNOLÓGICOS PARA RECONSTRUCCIONES ARTÍSTICAS: Mezquita Aljama de Granada, reconstrucción virtual

**CARLOS BELLÓN**

Universidad de Granada / juancarlosarabellon@gmail.com

Recibido: 18-12-21 / Aceptado: 23-05-22

## INTRODUCCIÓN

¿Por qué utilizar medios digitales/3d en la reconstrucción de patrimonio?

- Gran versatilidad: con una sola herramienta se pueden crear modelos de arquitectura, artefactos, paisajes, personas... Además, estos modelos se pueden editar fácilmente, por lo que, si se encuentran nuevos datos o se llega a nuevas conclusiones, se pueden hacer cómodamente modificaciones en el modelo.

- Comodidad/economía: un mismo modelo 3d sirve para representar todas las vistas ortogonales del objeto de estudio, detalles, vistas generales, diferentes tipos de perspectivas, fases constructivas, etc.

- Realismo: se pueden alcanzar resultados más realistas en cuanto a volumetría, iluminación, texturas, atmósfera, a través de herramientas que se encuentran en el propio programa y que son relativamente fáciles de aplicar, al menos mucho más que en medios tradicionales.

Todos estos argumentos no pretenden desprestigiar los medios 2d, que son complementarios a los 3d y esenciales en las representaciones tridimensionales (plantas, planos, alzados...). Por las necesidades de los proyectos, yacimientos o encargos, el 3d aparece como una técnica muy práctica y muy ágil en la representación del patrimonio, pero nunca sustitutiva de medios tradicionales.

## PRINCIPIOS DE SEVILLA

Los Principios de Sevilla son unas bases para la práctica de arqueología virtual establecidas en el

FORUM INTERNACIONAL DE ARQUEOLOGÍA VIRTUAL (2011). Estas directrices garantizan que los resultados sean fiables, se ajusten a los datos científicos y complementen la investigación. Los más relevantes para esta reconstrucción se explican a continuación:

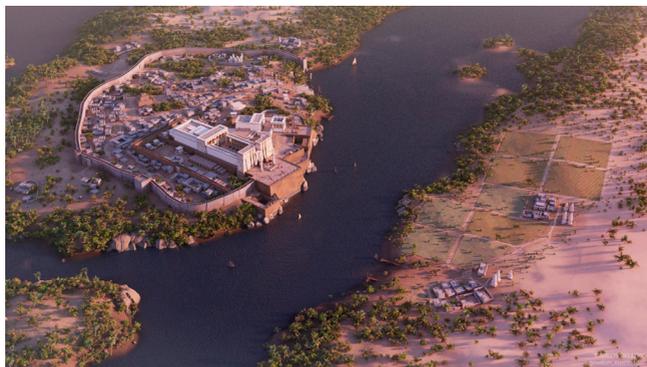


Fig. 1, 2 y 3 Reconstrucción de la ciudad de Elefantina en el s. II d.C. (Juan Carlos Lara Bellón)

- **Principio 1: Interdisciplinariedad**

Dada la compleja naturaleza que presenta la visualización asistida por ordenador de patrimonio arqueológico, esta no puede ser abordada únicamente por un solo tipo de experto sino que necesita de la colaboración de un buen número de especialistas (arqueólogos, informáticos, historiadores, arquitectos, ingenieros...)

- **Principio 2: Finalidad**

Previamente a la elaboración de cualquier visualización asistida por ordenador siempre debe quedar totalmente claro cuál es la finalidad última de nuestro trabajo, es decir, cual es el objetivo final que se persigue alcanzar. Consecuentemente, diferentes niveles de detalle, resolución y precisión pueden resultar necesarios.

- **Principio 3: Complementariedad.**

La aplicación de la visualización asistida por ordenador en el campo de la gestión integral del patrimonio arqueológico debe de ser entendida como complementaria, no como sustitutiva, de otros instrumentos de gestión más clásicos, pero igualmente eficaces.

- **Principio 4: Autenticidad.**

La visualización asistida por ordenador trabaja de manera habitual reconstruyendo o recreando edificios, artefactos y entornos del pasado tal y como se considera que fueron, es por ello que siempre debe ser posible saber que es real, veraz, auténtico y que no. En este sentido la autenticidad debe ser un concepto operativo permanente para cualquier proyecto de arqueología virtual. Al final del artículo se aclararán qué partes de la reconstrucción tienen mayor evidencia arqueológica mediante la escala de evidencia arqueológica.

## FUENTES

## BIBLIOGRAFÍA

Azuar Ruiz, R. (2020). Arqueología de al-Andalus Almorávide. Alicante: MARQ. Museo Arqueológico de Alicante, Diputación de Alicante.

Sarr Marroco, B. (2009) Un análisis de la granada zirí a través de las fuentes escritas y arqueológicas. *Biblid* (27), pp. 127-151.

Calvert, A. F. (1906). *The Alhambra, being a brief record of the Arabian conquest of the Peninsula with a particular account of the Mohammedan architecture and decoration*. Londres: J. Lane

Castilla, J y Orihuela, A. (2002). *En busca de la Granada Andalusí*. Granada: Editorial Comares.

Espinar, M. (2019). Noticias para la Arqueología e Historia de Granada: Plano de la Mezquita Mayor de Granada de 1507 en poder de Cisneros. *Al-Qantara* (XL 1), pp. 253-261. Recuperado de: <https://doi.org/10.3989/al-qantara.2019.008>

Fernández-Puertas, A. (2004) La mezquita aljama de Granada. *Biblid* (53), pp. 39-76.

Torres Balbás, L. «La mezquita mayor de Granada». *Al-Andalus*, 1945, vol. X, pp. 412-413. Según el arquitecto granadino fue entre el gobierno de Zāwī (1016-1017) y el reinado de H5abūs (m. 1038)

## FUENTES GRÁFICAS

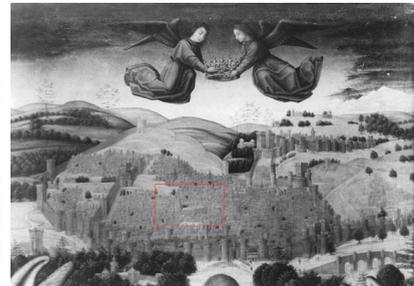
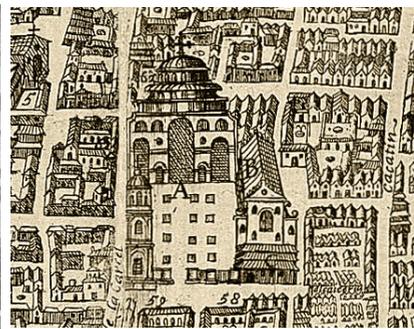


Fig. 4 Detalle del fresco de la Batalla de Higuera en el Escorial obra de Nicolás Granello 1575-1579, copia de la pintura de 1431 (Fernández-Puertas, 2004: 67)

Fig 5. Plataforma de Ambrosio de Vico. Ambrosio de Vico (ca. 1555-1623), dibujo; Francisco Heylan (1564-1650), grabado.

(<http://bibliotecadigitalhispanica.bne.es:80/webclient/DeliveryManager?pid=936754>)

Fig 6. Vista de Granada fechada el 1563 del Civitates Orbis Terrarum. (Foto C. Sánchez Gómez) (Fernández-Puertas, 2004: 71)

Fig 7. Detalle de la ciudad de Granada por Pedro Cristo II. (Foto Archivo Mas) (Fernández-Puertas, 2004: 70)

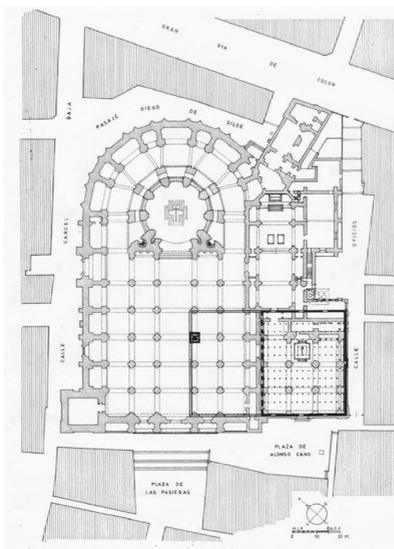


Fig. 8 Planta de la mezquita según la hipótesis de A. Fernandez Puertas. (Dibujo de M. López Reche) (Fernández-Puertas, 2004: 60)

## CONTEXTO HISTÓRICO

La Mezquita Aljama de Granada fue construida en el siglo XI por los ziríes. Actualmente, el lugar donde se encontraba la Mezquita Aljama está ocupado por la Catedral y la Iglesia del Sagrario, frente a lo que ahora son la Plaza de las Pasiegas y la Plaza de Alonso Cano. Hacia el noreste, a unos pocos pasos (en la actual Calle Oficios) estaba el pabellón de abluciones y la Madraza de Yusuf I, que hoy alberga la sede del centro cultural Palacio de la Madraza, donde aún se conservan algunos restos arquitectónicos del edificio musulmán. También se encontraba junto a la Alcaicería, mercado de sedas, que se mantuvo en uso hasta la reconquista.

Fue remodelada en el siglo XII en época almorávide, y no existen más noticias de intervenciones posteriores (Fernández-Puertas, 2004: 41), lo que hace suponer que, hasta su progresivo abandono en época cristiana, su aspecto debió variar poco. Además, existe una imagen de la mezquita del siglo XV, concretamente de 1431, en un fresco en el monasterio del Escorial que representa la Batalla de Higuera, entre cristianos y musulmanes frente a la ciudad. En esta pintura podemos ver el alminar, rematado por almenas y una cúpula con su característica veleta con forma de gallo, las naves con tejados a dos aguas y los arcos del patio de abluciones (Castilla y Orihuela, 2002: 268).

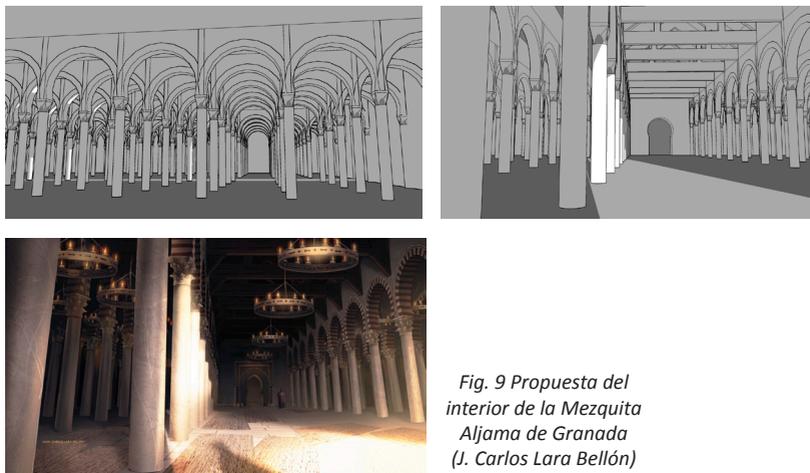
Tras la capitulación del reino nazarí, la mezquita se siguió utilizando como tal hasta 1501. En este año fue reconvertida en parroquia como consecuencia de la sublevación mudéjar, que aconteció a raíz de la pérdida de los derechos acordados tras la rendición musulmana (Castilla y Orihuela, 2002: 265).

Finalmente, al construirse la Catedral sobre parte de la Mezquita, a finales del siglo XVI, el alminar y el patio de abluciones fueron demolidos. Mientras se construía el templo cristiano, la sede de la catedral se trasladó a la antigua mezquita y fue remodelada varias veces. Tras su abandono y debido a las numerosas alteraciones, el edificio calló en ruina, y los últimos restos de la mezquita mayor desaparecieron cuando fue demolida en el siglo XVIII para construir la actual Iglesia del Sagrario, adyacente a la Catedral (Gallego y Burín, 1987: 249).

## ANTECEDENTES

Las características estéticas, artísticas y arquitectónicas de la mezquita se han extraído de testimonios de viajeros que visitaron el edificio y otros documentos históricos de personas que lo estudiaron antes y después de su desaparición. Torres Balbás habla de (este dato también será importante en la representación del exterior) Las columnas no tenían basas para que los fieles pudieran circular y rezar en el templo sin obstáculos, como ocurría en la mezquita de Córdoba del siglo XI. También se menciona que estas columnas que sostenían las galerías de arcos del oratorio estaban hechas de mármol blanco, coronadas con capiteles de época emiro-califal, algunos de ellos de yeso. Estos capiteles no casaban con el fuste de las columnas, por ser o demasiado grandes o demasiado pequeños. (Fernández-Puertas, 2004: 58). Jerónimo Münzer describe su interior de la siguiente forma:

Toda está recubierta de finos tapetes de blanco junco, lo mismo que el arranque de las columnas. Tiene setenta y seis pasos de an-



*Fig. 9 Propuesta del interior de la Mezquita Aljama de Granada (J. Carlos Lara Bellón)*

chura y ciento trece de largura; en el centro, un palacete con una fuente, para sus abluciones, y nueve naves u órdenes de columnas; en cada nave hay trece columnas exentas y catorce arcos. Además de las columnas laterales, hay huertos y palacios. Vimos también arder muchas lámparas, y a sus sacerdotes cantar sus Horas... (Fernández-Puertas, 2004: 46).

Todos estos datos ya nos permiten formar una imagen más o menos clara del aspecto interior de la mezquita. Para esta hipótesis visual se han extraído, en resumen, los datos que se enumeran a continuación. 1) La mezquita tenía unas dimensiones de 36 por 45 metros, con once naves de ancho y catorce de largo. Las naves laterales y centrales eran más anchas que el resto. 2) Las naves estaban separadas por galerías de columnas. 3) Las columnas no tenían basa, eran de mármol blanco y los capiteles de estilo califal no encajaban con el diámetro del fuste. 4) Los arcos sostenían la cubierta de madera a dos aguas, sin decoración. 5) Los suelos estaban cubiertos de esteras de junco. 6) Las paredes carecían de decoración, salvo en las puertas.

## RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL

A continuación, se explica el proceso de reconstrucción virtual. Nos detendremos en los diferentes elementos constructivos de la mezquita, explicando cómo se ha realizado cada uno. Para generar el modelo 3d y las imágenes finales se han empleado dos softwares: Blender, para 3d y Adobe Photoshop, para el post-procesado de las imágenes.

## LA PLANTA Y EL ALZADO

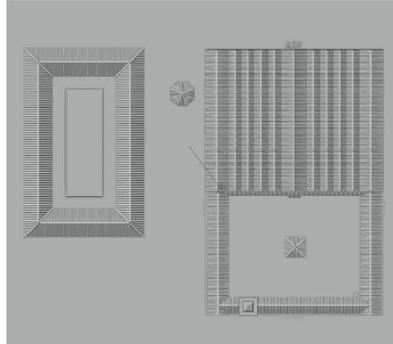
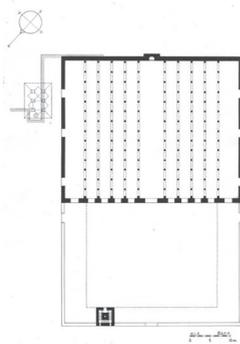


Fig. 10 Planta de la mezquita según la hipótesis de A. Fernández Puertas. (Dibujo de M. López Reche) (Fernández-Puertas, 2004: 59)

Fig. 11 Reconstrucción de la planta de la mezquita según Fernández Puertas (Juan Carlos Lara Bellón)

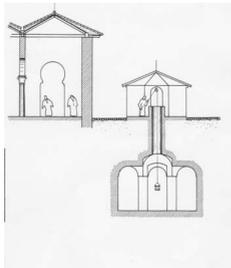


Fig. 12. Sección del aljibe junto a la mezquita. Pabellón octogonal nazarí sobre el aljibe que cubría la fuente. (según M. López Bueno y P. Salmerón)(Fernández-Puertas, 2004: 63)

Fig. 13. Reconstrucción del alzado de la mezquita según Fernández Puertas (Juan Carlos Lara Bellón)

Esta mezquita era la más amplia de la ciudad. Con respecto a su tamaño, varios autores, como Manuel Gómez Moreno en su Guía, o Leopoldo Torres Balbás en “La mezquita” coinciden en que la planta rectangular tenía unas dimensiones de 36 por 45 metros. Gómez Moreno describe al mismo tiempo otras características del templo que aportan claves importantes sobre su aspecto interior:

... los muros eran de tapias sin cintas ni rafas, salvo dos puertas de su nave quinta, donde había postes hechos con piedra y yeso sobre cimientado de argamasa. Sus dimensiones alcanzaban, aproximadamente, a 36 por 45 metros. Las naves debieron ser once, encabezadas hacia SE., como ya en el siglo X se usaba por acá ... Había tres puertas a cada costado, con inscripciones encima; el patio estaba a los pies, quizás sin galerías, y la torre era exenta, le tocaba por un ángulo septentrional.... (Fernández-Puertas, 2004: 53).

Con respecto a la planta, existen discrepancias entre la hipótesis de Fernández-Puertas y la propuesta de Torres Balbás, según la noticia de Espinar Moreno en la revista *Al-Qantara*. Torres Balbás y Fernández-Puertas coinciden que las naves de los extremos y la central serían más anchas (en torno a los cuatro y seis metros respectivamente) que el resto, que alcanzaban casi los tres metros de ancho. Sin embargo, el número de naves y de columnas en cada fila varía. Fernández-Puertas establece en su hipótesis de planta que las naves están separadas por trece columnas exentas y catorce arcos, con once naves de noroeste a suroeste y catorce de noroeste a sureste (Fernández-Puertas, 2004: 59) (esta propuesta coincide con la hipótesis de Manuel Gómez Moreno, que cuenta quince columnas por fila, quizás porque contó las columnas adosadas a los muros noroeste y sureste).

Por otro lado, Espinar Moreno, en la propuesta que aparece en la noticia de *Al-Qantara*, establece once naves de anchura (igual que la planta de Fernández Puertas), pero diez de profundidad (con diez columnas exentas en cada fila) (Espinar, 2019: 260). Esto alteraría las medidas propuestas por Torres Balbás y Fernández-Puertas. Dado que por el momento existen más datos y documentación en las investigaciones de Fernández-Puertas, el plano que se ha utilizado de referencia es el suyo. Por otra parte, y como ya se ha mencionado anteriormente, dado que esta propuesta es sólo un primer acercamiento, no se descarta en ningún momento la revisión de la misma en el futuro.

Destacar, además, que las columnas no tenían basa, eran de mármol blanco y los capiteles de estilo califal no encajaban con el diámetro del fuste.

En el exterior existía un pabellón octogonal de época Nazarí con un pozo en su interior que comunicaba con un aljibe. Este aljibe es la única parte que aún se conserva de la mezquita, bajo la actual Capilla Real. Un pozo moderno, en el exterior, junto a la fachada del edificio, comunica con su interior.

## MINARETE

La planta cuadrada de la torre de la mezquita medía 4.46 m por lado y tenía 13.40 m de alto cuando se demolía. Su altura debió de ser mayor, ya que fue parcialmente destruida por un terremoto. Estaba rematado con almenas y una cúpula y una veleta con forma de gallo. Se decía que era “Hermana gemela” de la torre de la Iglesia de San José, aunque algo mayor (Fernández-Puertas, 2004: 53). Gracias a las descripciones de viajeros e historiadores y las imágenes de diferentes representaciones artísticas (especialmente la de la Batalla de Higuera Fig 15), podemos obtener una imagen bastante completa de la torre del templo. Del mismo modo, podemos observar paralelos históricos (Fig 16) para obtener conclusiones que apoyen nuestra hipótesis.

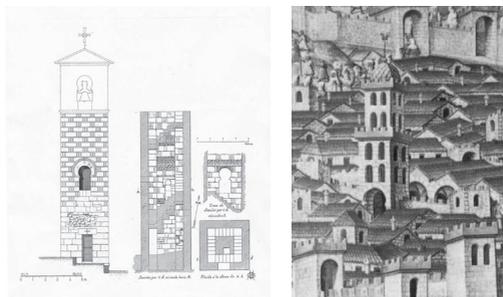


Fig 14. Planta, alzado y sección del alminar de San José.  
(Dibujos de M. López Reche y M. Gómez-Moreno) (Fernández-Puertas, 2004: 65)

Fig 15. Detalle del fresco de la Batalla de Higuera en el Escorial obra de Nicolás Granello 1575-1579, copia de la pintura de 1431 (Fernández-Puertas, 2004: 67)



Fig 16. Sección longitudinal de la mezquita de Tremecén (A. Almagro) (Azuar Ruiz, 2020: 168)

Fig. 17. Representación ideal del Minarete de la Mezquita Aljama de Granada  
(Juan Carlos Lara Bellón)

## FACHADAS Y PATIO

La mezquita tenía 3 puertas a cada costado (N y S), de piedra y yeso, con inscripciones encima. Las puertas las trajeron de Córdoba los almorávides. Eran la única parte del exterior que poseía decoración.

Los muros no tenían contrafuertes, eran de tapial sin decoración. Había un patio al N con una fuente de abluciones en un “palacete”, como mencionan las fuentes. Una galería de arcos existía en torno al patio. La reforma almorávide sustituyó los pilares de las arquerías por columnas de mármol. El tejado era a dos aguas. En el patio había árboles frutales y un pozo de ladrillo.

En este caso también se han empleado paralelos para poder asegurar el aspecto de ciertos elementos constructivos (Fig 18). En el caso de los arcos del patio, se han simplificado con respecto al paralelo almorávide de la mezquita de Tremecén, siguiendo las descripciones de la mezquita que hablan de su sencillez en la decoración.

Tras recopilar suficientes datos se ha podido elaborar una propuesta del aspecto exterior de la mezquita (Fig 19). Para ciertos elementos, como las puertas, se han empleado como referencia dibujos de elementos arquitectónicos como la Puerta del Vino de la Alhambra (Fig 20), que guarda cierto parecido con las puertas de la mezquita de Córdoba, de la misma época que la mezquita Aljama, y que supone un paralelo adecuado por proximidad en el tiempo y el espacio.

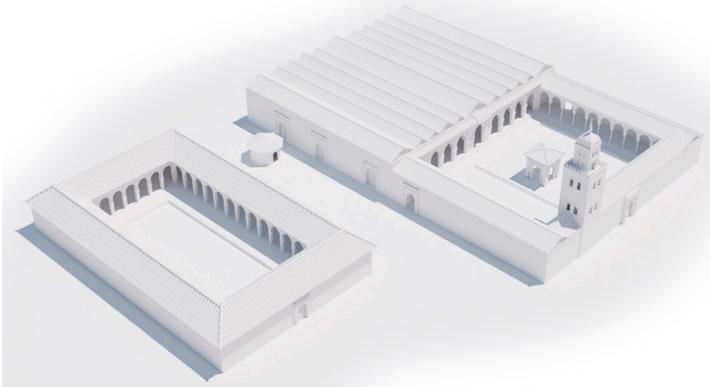
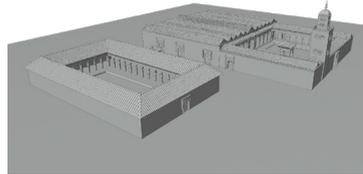
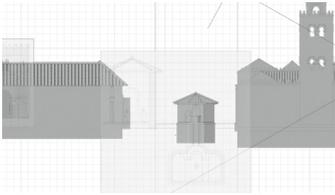
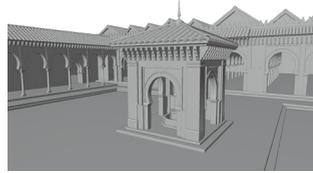
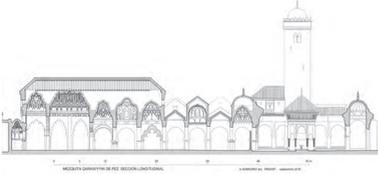
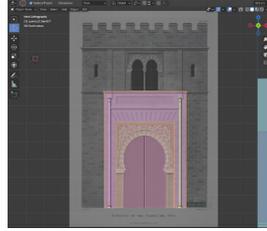
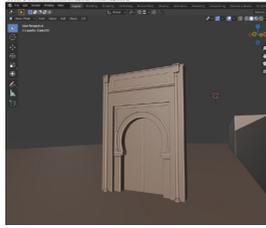
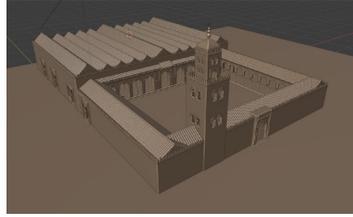
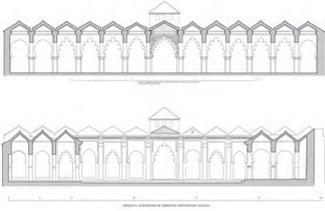
Para el “palacete” que guardaba la fuente de abluciones del patio de la mezquita hemos utilizado como referencia un alzado de la mezquita de Qarawiyyin de Fez (Fig 22)

## PABELLÓN DE ABLUCIONES Y ALJIBE

En el exterior de la mezquita había un pabellón de abluciones exento localizado en la plaza donde ahora se encuentran la Capilla Real y El Palacio de la Madraza. En el centro de este edificio había una alberca de mármol, de 20 pasos (27,86 m) de longitud que servía para abluciones

Junto al pabellón estaba el aljibe ya mencionado, bajo un pequeño edificio octogonal. Para realizar este pabellón, dada la falta de paralelos y descripciones detalladas, se ha copiado el modelo del patio de la mezquita.

Acabada la fase de modelado, podemos obtener un renderizado, o imagen 2d a partir de nuestro trabajo 3d (Fog 26.). A continuación, lle-



vamos a cabo la fase de texturizado, que aportará realismo al modelo y aportará información sobre los materiales y la decoración del edificio.

## TEXTURAS

Los datos sobre los materiales que hemos extraído de las fuentes son los siguientes:

- Muros de tapial estucados en blanco. El edificio destacaba por su color y tamaño en la distancia
- Minarete de sillares colocados a soga y tizón.
- Las columnas eran de mármol blanco, así como la alberca del pabellón de abluciones.
- Las puertas eran de piedra y yeso, decoradas, y traídas de Córdoba.
- El suelo del patio era de piedra.

## TEXTURAS PBR

Para texturizar el modelo se han empleado materiales PBR, (Physical Based Rendering). Son texturas que, al renderizar, calculan, sin necesidad de generar polígonos extra, relieve, iluminación y otros parámetros para crear superficies realistas. Estos materiales los forman diferentes mapas de texturización que aportan unas cualidades que, al sumarse unas a otras, consiguen un material con un alto grado de realismo.

Mapa de albedo, diffuse o color: Colores de la textura

Mapa de roughness o rugosidad: Rugosidad y brillo de la superficie

Mapa de normales: Detalle de la superficie en cuanto a iluminación

Mapa de height o altura: Relieve de la textura

Mapa de oclusión ambiental: Suciedad de la superficie

*Fig 18. Secciones transversales por la sala de oración y por el patio de la mezquita de Tremecén (A. Almagro) (Azuar Ruiz, 2020: 167) • Fig 19. Propuesta del exterior de la Mezquita Aljama de Granada (Juan Carlos Lara Bellón). • Fig 20. Alzado de la Puerta del Vino en la Alhambra (Albert Frederick Calvert) • Fig 21. Modelo de una de las puertas de la Mezquita Aljama de Granada (Juan Carlos Lara Bellón) • Fig 22. Sección longitudinal de la mezquita Qarawiyyin de Fez (A. Almagro) (Azuar Ruiz, 2020: 180) • Fig 23. Propuesta de fuente de abluciones del patio de la Mezquita (Juan Carlos Lara Bellón) • Fig 24. Reconstrucción del aljibe según M. López Bueno y P. Salmerón • Fig 25. Propuesta del pabellón de abluciones de la Mezquita (Juan Carlos Lara Bellón) • Fig 26. Modelo de la Mezquita sin texturizar (Juan Carlos Lara Bellón)*

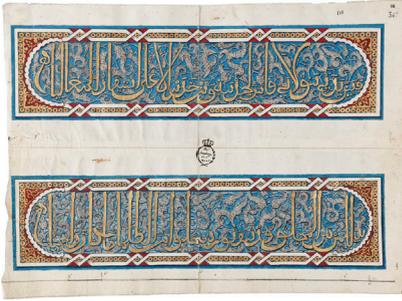


Fig. 27 Arredondo. Puerta al-Hakam Sánchez Sarabia. Cartelas decorativas

(<https://www.realacademiabellasartessanfernando.com/es/actividades/exposiciones/el-legado-de-al-andalus-las-antiguedades-arabes-en-los-dibujos-de-la-academia>)

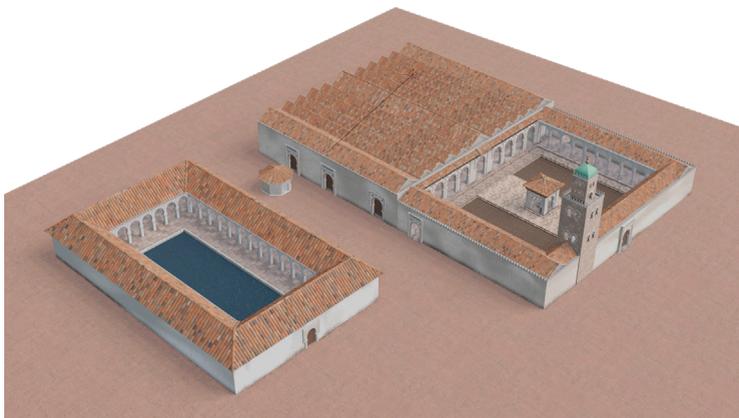


Fig. 28. Ejemplo de textura o material PBR



Fig. 29. Propuesta de la Mezquita texturizada (Juan Carlos Lara Bellón)

Fig. 30. Planta y alzado de la Mezquita texturizada (Juan Carlos Lara Bellón)



## ÚLTIMOS DETALLES E ILUMINACIÓN

Para finalizar el modelo, se han realizado una serie de elementos que “completan” la imagen global del edificio, aportan elementos de realismo y traen del pasado el edificio. Se han modelado unos naranjos, ya que en las fuentes se menciona que el patio estaba sembrado de árboles frutales. También se han creado unos puestos o tiendas para colocarlos alrededor de los muros exteriores de la mezquita, pues también sabemos gracias a la bibliografía que había mercados alrededor del templo. Por último, se han introducido figuras humanas. El elemento humano es muy importante en este tipo de reconstrucciones. En primer lugar, aportan la sensación de ser un lugar transitado y habitado. Además, sirven de escala y permiten hacerse una idea de las dimensiones de los elementos representados.



*Fig. 31. Modelo low poly de un naranjo (Juan Carlos Lara Bellón) y modelo low poly de tiendas de mercado (Juan Carlos Lara Bellón)*

*Fig. 32. Imagen final de la mezquita*

Otro elemento de vital importancia a la hora de renderizar es la iluminación. En un caso como este en el que se representa una escena exterior, debemos simular la luz del sol. Depende la inclinación, el ángulo y el color de la luz podemos crear atmósferas muy diferentes.

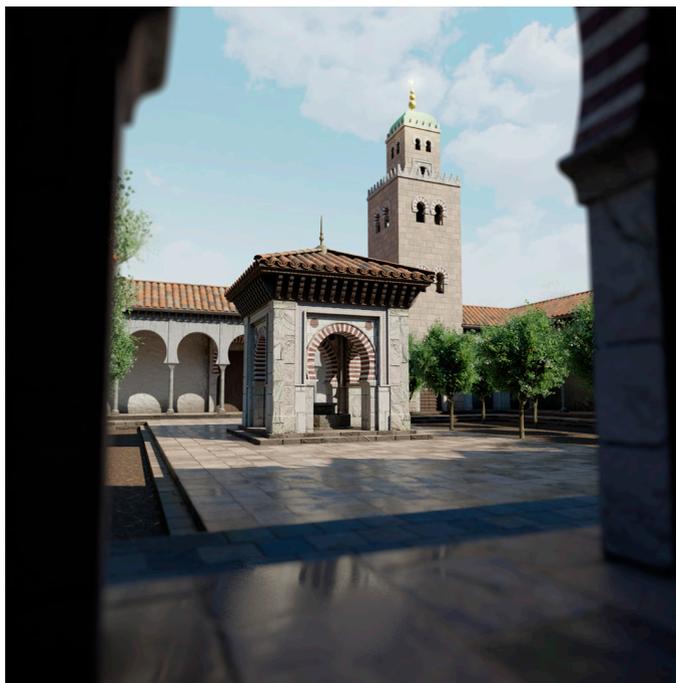
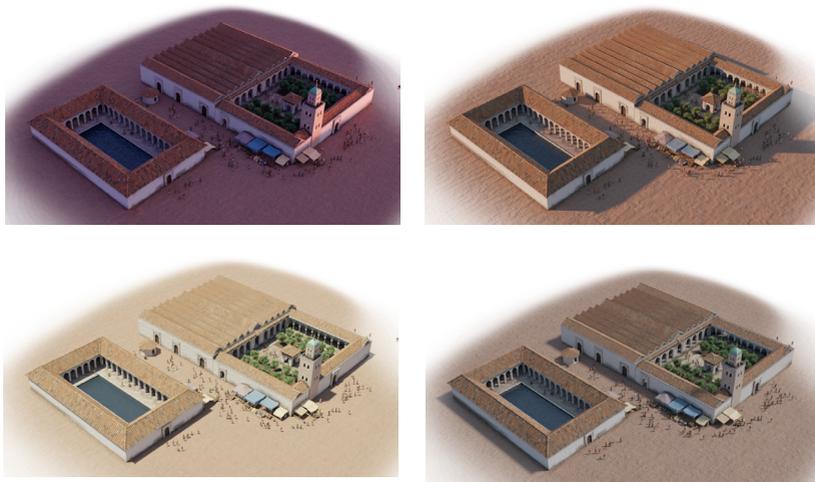


Fig 33. Diferentes iluminaciones en el modelo de la Mezquita Aljama (Juan Carlos Lara Bellón)

Se muestran también algunas imágenes de detalle de los diferentes espacios del templo. Utilizamos principios de composición, del mismo modo que se hace al crear una pintura o tomar una fotografía. Es importante que el trabajo final sea atractivo y atienda a principios estéticos. De esta forma generamos imágenes en las que el público se pueda sentir inmerso, que sean llamativas, equilibradas y adecuadas para representar el edificio.



*Fig. 34. Detalles de la reconstrucción virtual de la mezquita Aljama de Granada*

## LA ESCALA DE EVIDENCIA HISTÓRICO/ARQUEOLÓGICA

Como hemos mencionado antes, es importante reflejar en un trabajo de reconstrucción virtual los diferentes niveles de fidelidad histórica a los que está sujeto el modelo (fig 35). De esta forma dejamos

claro qué elementos son más fieles a la historia y cuáles son fruto de la interpretación o la imaginación, sin falsear la verdad. Este principio de autenticidad es vital para garantizar una investigación transparente y fiel a la historia, las evidencias arqueológicas y las fuentes.

Finalizamos el trabajo de reconstrucción aplicando este criterio a nuestra reconstrucción se obtiene un resultado muy colorido. Debido a la falta de restos arqueológicos en esta hipótesis de la mezquita Aljama de Granada predominan los tonos fríos, que hacen referencia a una evidencia histórica menos, proveniente sobre todo de las fuentes escritas y gráficas, de paralelos y de interpretaciones (fig 36)

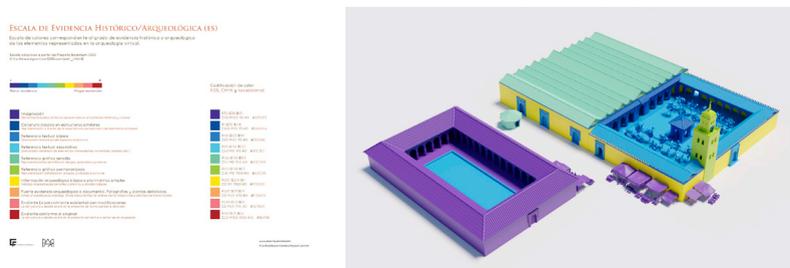


Fig 35. Escala de evidencia histórico/arqueológica elaborada por PAR virtual

Fuente: <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2014/07/21/escala-de-evidencia-historica-scale-of-historical-evidence/>

Fig 36. Escala de evidencia histórica/arqueológica aplicada a la Mezquita Aljama (Juan Carlos Lara Bellón)