



FOTOGRAMETRÍA AUTOMATIZADA Y MOTORES DE VIDEOJUEGOS PARA LA DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO.

LAS REALES ATARAZANAS DEL GRAO DE VALENCIA.

Ana García Montalvá.

Trabajo final de Grado.

Tutores: Pedro M. Cabezos Bernal - Daniel Martín Fuentes.

Universitat Politècnica de València.

Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Curso 2019 - 2020.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

**Fotogrametría Automatizada y Motores de Videojuegos para la Divulgación
del Patrimonio Arquitectónico.**

Las Reales Atarazanas del Grao de Valencia.

Trabajo fin de Grado

Ana García Montalvá

Tutores

Pedro M. Cabezos Bernal

Daniel Martín Fuentes

Grado en fundamentos de la Arquitectura.

Curso 2019-2020

Universitat Politècnica de València
Escuela Técnica Superior de Arquitectura



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Resumen

El trabajo final de grado tratará sobre las técnicas más actuales de realidad virtual dirigidas a la representación y puesta en valor del patrimonio arquitectónico. La finalidad del trabajo es la aplicación de las técnicas estudiadas para el desarrollo de un modelo informático de las Atarazanas del Grao de Valencia. Este ejemplar facilitará información acerca de la historia y características que presenta el edificio, del mismo modo que proporcionará información sobre la evolución constructiva y cambios a los que ha estado sometido a lo largo de su historia.

Para la realización del modelo se elaborará un levantamiento fotogramétrico mediante fotogrametría automatizada SfM (Structure from Motion). El ejemplar obtenido será exportado al motor de videojuegos de Unreal para su visualización en tiempo real a través de diferentes plataformas como ordenadores o dispositivos móviles.

Palabras Claves

Realidad virtual, patrimonio arquitectónico, levantamiento fotogramétrico, fotogrametría automatizada, motor de videojuegos de Unreal, tiempo real.

Abstract

The final degree work will deal with the most current virtual reality techniques aimed at the representation and enhancement of architectural heritage. The aim of the work is to apply the techniques studied to the development of a computer model of the Shipyards of Grao in Valencia. This copy will provide information about the history and characteristics of the building, as well as information about the construction evolution and changes to which it has been subjected throughout its history.

To make the model, a photogrammetric survey will be carried out using SfM (Structure from Motion) automated photogrammetry. The model obtained will be exported to Unreal's video game engine for real-time visualization through different platforms such as computers or mobile devices.

Keywords

Virtual Reality, architectural heritage, photogrammetric survey, automated photogrammetry, Unreal Game Engine, real time.

Resum

El treball final de grau tractarà sobre les tècniques més actuals de realitat virtual dirigides a la representació i posada en valor del patrimoni arquitectònic. La finalitat del treball és l'aplicació de les tècniques estudiades al desenvolupament d'un model informàtic de les Drassanes del Grau de València. Aquest exemplar facilitarà informació sobre la història i característiques que presenta l'edifici, de la mateixa manera que proporcionarà informació sobre l'evolució constructiva i canvis als quals ha estat sotmés al llarg de la seua història.

Per a la realització del model s'elaborarà un aixecament fotogramètric mitjançant fotogrametria automatitzada SfM (Structure from Motion). L'exemplar obtingut serà exportat al motor de videojocs de Unreal per a la seua visualització en temps real a través de diferents plataformes com a ordenadors o dispositius mòbils.

Paraules clau

Realitat virtual, patrimoni arquitectònic, aixecament fotogramètric, fotogrametria automatitzada, motor de videojocs de Unreal, temps real.

Índice

01-Introducción, objetivos y metodología	11
01· 1 Introducción	12
01· 2 Objetivos y motivaciones.	13
01· 3 Metodología.	14
01· 3· 1 Informática gráfica	15
02-Las Atarazanas del Puerto de Valencia	18
02· 1 Antecedentes históricos	19
02· 2 Relevancia del mar en la historia de Valencia	21
02· 3 Fecha de aparición y construcciones anteriores a las Atarazanas	22
02· 4 Descripción del edificio de las Atarazanas.	24
02· 5 Evolución de la construcción y de la ciudad de Valencia	26
02· 6 Recuperación y rehabilitación del edificio	29
02· 7 Descubrimientos recientes: “La Casa de las Atarazanas”	33
02· 8 Declaración como Monumento Histórico Artístico y Bien de Interés Cultural	34
02· 9 Usos actuales y propuestas de uso	35
03-Estudio constructivo	36
04-Realidad virtual	47
04· 1 Introducción a la realidad virtual	48
04· 2 Realidad virtual y arquitectura	49
04· 3 Historia de la realidad virtual	50
04· 4 Principales características de los instrumentos de realidad virtual	54
05-Caso práctico	56
06-Conclusiones	85
07-Anejo	89
08-Bibliografía y referencias	93
08· 1 Bibliografía	94
08· 2 Referencias	97
08· 3 Referencias a imágenes	98

01·Introducción, objetivos y metodología.

01· 1 Introducción

La representación visual ha coexistido con el ser humano a lo largo de la historia, considerando las paredes de las cuevas y cavernas el primer ejemplo donde encontrar estas expresiones artísticas. Más tarde, vasijas o herramientas, entre otros, pasaron a ser los elementos donde plasmar este tipo arte. El cuadro o las pinturas en caballete fueron los últimos integrantes de una pintura sobre papel, la cual, en la segunda mitad del siglo XX, daría paso al empleo de la pantalla de la computadora. Esto pudo ser posible gracias en parte a una constante evolución de las tecnologías, las cuales, décadas después han permitido la creación de espacios en dos o tres dimensiones.

Visualizar el aspecto final de un proyecto antes de su ejecución resulta posible gracias a la evolución a la que se han sometidos los sistemas de representación gráfica informática, vinculados en gran medida a la arquitectura. El objetivo que presentan las técnicas de realidad virtual es mostrar de la manera más real posible lo suscitado a través de los softwares informáticos.

La realidad virtual está compuesta por un conjunto de técnicas aplicadas a la representación y puesta en valor del patrimonio arquitectónico. A través de este trabajo se pretende hacer una comparación a partir de la realización de fotografías panorámicas esféricas de 360º y en la visualización en tiempo real de un modelo generado mediante un levantamiento fotogramétrico y tridimensional, que se visualizará utilizando el motor de videojuegos Unreal Engine 4. Sacando como conclusión el método que resultará más eficiente para representar un edificio histórico que ya se encuentre construido. El edificio de estudio son las Reales Atarazas del Puerto, construcción que tiene sus orígenes en los primeros años de la ciudad de Valencia. Al igual que la ciudad ha evolucionado, también lo ha hecho la edificación, teniendo sus momentos de esplendor en la época en la que el puerto presentaba el mayor apogeo, pasando al otro extremo, donde llegó a estar abandonado. Esta investigación va a permitir realizar una visita virtual de este monumento de manera profunda e interactiva a través de plataformas digitales.

01· 2 Objetivos y motivaciones

La fusión de diferentes motivaciones y objetivos ha dado como resultado este Trabajo Final de Grado.

Los objetivos a los que se quería llegar a través de este trabajo son:

En primer lugar, conseguir un levantamiento del edificio con la finalidad de mostrar el estado en el que se encuentra la edificación actualmente. Para ello, se recurrirá a toda la documentación gráfica posible, siendo de gran utilidad las plantas y alzados. Otro factor que va a permitir la creación de este es la realización de una ortofoto de cada fachada a partir de la unión de gran cantidad de imágenes superpuestas entre ellas. Incluso profundizar a través de la misma técnica en algunos elementos que llamaran nuestra atención, por ejemplo, en las tan representativas gárgolas que presenta el edificio.

En segundo lugar, se pretendía la realización de un recorrido virtual a través de un edificio considerado Patrimonio Arquitectónico de la ciudad de Valencia, pudiendo ser este las Atarazanas del Puerto de esta ciudad. El primer objetivo comentado será el encargado de facilitarnos las texturas que presentará el edificio para conseguir una mayor similitud con la realidad.

En cuanto a las motivaciones, el aspecto principal que me lleva a la elección de este tema fue la posibilidad de imaginar que, en un futuro no muy lejano, gran parte de los edificios más representativos de la arquitectura a nivel mundial contará con un recorrido por su interior, permitiendo a las personas que por diferentes motivos no puedan visitarlos poder apreciar desde los más pequeños detalles, pasando por diferentes tipos de sensaciones o emociones, encontrándose en el propio sillón de su casa.

Respecto al edificio escogido, partimos de la posibilidad de que fuese una construcción sugerente pero que por diferentes motivos en estas últimas décadas hubiese caído un poco en el olvido. La proximidad con el puerto, un símbolo tan importante para la ciudad de Valencia y el haber podido asistir en los últimos años varias veces a visitarlo fueron los aspectos que marcaron esta decisión.

01· 3 Metodología

En un primer momento, una vez decidido el tema, se investiga sobre la historia de las Atarazanas del Grao de Valencia, analizando todas las fases de remodelación que ha sufrido y cada uno de los usos que ha tenido durante sus siglos de historia. Asimismo, se realiza una investigación sobre técnicas de musealización virtual y se lleva a cabo un análisis de la evolución de la realidad virtual desde la primera mitad del siglo XIX hasta la actualidad.

A continuación, se procede a la adquisición de datos mediante fotogrametría en el lugar. La fotogrametría es una técnica cuyo fin es el estudio y definición de las dimensiones o forma de un elemento a partir de los datos adquiridos de una o varias fotografías. Este concepto, así como las herramientas informáticas mencionadas en la metodología se explican en mayor profundidad en el punto 01· 3·1 .

Para el levantamiento del edificio, el programa empleado es Agisoft PhotoScan, un software de escritorio para procesar imágenes digitales. Con este programa, se obtienen las ortofotos de las fachadas del edificio.

En el siguiente paso, se modela el proyecto en AutoCAD a partir de la información obtenida de fuentes como las ortofotos o algunas medidas tomadas in situ.

Una vez finalizado el modelado, se inserta en 3DsMAX para la inserción de algunos elementos como las tejas y las gárgolas y la implantación de las ortofotos y algunos materiales. Otros materiales se insertarán en UNREAL Engine.

Finalizada la parte de 3DsMAX, se exporta el modelo a UNREAL Engine, un programa de motor de videojuegos que, entre otras acciones, permitirá crear un recorrido virtual a través de las Atarazanas del Grao de Valencia.

Finalmente, se extraen las debidas conclusiones acerca del trabajo realizado.

01· 3·1 Informática gráfica

La informática gráfica es el campo de las tecnologías que posibilita la creación de imágenes partiendo de un conjunto de puntos en un espacio de referencia, permitiendo la escenificación en espacios de dos o tres dimensiones. Pese a que este tipo de ilustraciones resultan de gran importancia en la arquitectura, no es el único ámbito en el que se encuentra, siendo la medicina, la industria del videojuego o la cinematográfica grandes consumidores de ellas.

Actualmente y debido a la velocidad con la que avanzan las tecnologías, tanto la informática gráfica como el ámbito de los ordenadores y todo lo que engloba, está permitiendo la obtención de imágenes con un elevado grado de realidad y de complejidad.

La informática gráfica que se suele emplear en el ámbito de la arquitectura es, en primer lugar, el CAD (Diseño Asistido por Computadora), se define como “todo sistema informático destinado a asistir al diseñador en su tarea específica. El CAD atiende prioritariamente aquellas tareas exclusivas del diseño, tales como el dibujo técnico y la documentación de este, pero normalmente permite realizar otras tareas complementarias relacionadas principalmente con la presentación y el análisis del diseño realizado” Martín Ferrer. El diseño se lleva a cabo en 2D y en 3D. Este género presenta diversos subgéneros destacando entre ellos:

- CAAD o Diseño Arquitectónico Asistido por Ordenador.
- CAE o Ingeniería Asistida por Ordenador.
- CAM o Fabricación Asistida por Ordenador

AutoCAD o Rhino3D son algunos de los softwares pertenecientes a CAD, siendo el primero de ellos uno de los programas empleados para la realización de este trabajo.

AutoCad es un software comercializado por Autodesk y diseñado con la finalidad de crear y editar de manera profesional geometrías en 2D y modelos 3D a partir de sólidos, objetos y superficies.

3DS MAX. Software englobado en CAD, pero pudiendo también formar parte de CGA (Computer Graphics Application). Comercializado por Autodesk y encargado de la modelización, animación y renderización en 3D. Inigualable por la eficacia, simpleza y velocidad que presenta en sus diferentes procesos.

En segundo lugar, BIM (Building Information Modeling), metodología y no software como muchos consideran que permite el diseño de simulaciones digitales. La gran diferencia que presenta respecto a CAD es la incorporación de 4D, relacionado con el tiempo, y de 5D, centrado en los costos. Por lo que este sistema se puede encargar de la planificación, diseño, construcción y administración de edificaciones. Revit o ArchiCAD son algunos de los softwares donde este sistema puede emplearse.

En tercer lugar, la técnica Structure from Motion (SfM). Sistema de fotogrametría automatizada con un alto nivel de resolución, pero sin apenas costes en comparación con otros medios que emplean las mismas técnicas. La forma de trabajo es muy similar a la de fotogrametría estereoscópica, es decir, crear el modelo 3D a partir de la superposición de imágenes realizadas desde diferentes puntos de vista.

Programas como Recap Pro y Agisoft Metashape anteriormente conocido como Photoscan han sido los empleados para este trabajo.

Recap Pro es un software comercializado por Autodesk y encargado de convertir un conjunto de fotografías en un dibujo 2D o incluso en un modelo en 3D. El modo de trabajo de este programa es la creación de una malla o una nube de puntos.

Agisoft Metashape es un software que trabaja de manera independiente y realiza un proceso fotogramétrico de imágenes, a partir de las cuales se originan datos en 3D, que pueden ser empleados en diferentes finalidades como documentación de patrimonio arquitectónico, realización de efectos visuales o mediciones indirectas de elementos a diferentes escalas.

Para finalizar, los motores de renderizado. Se define este término como al conjunto de bibliotecas de programación que posibilitan la creación, el diseño y, por último, la representación de una escena. Los parámetros fundamentales que diferencian unos motores de otros son:

-Capacidades gráficas: Aspecto que posibilita la proyección de imágenes en la pantalla.

-Motor de físicas: Elemento que aproxima al jugador a la “realidad”.

-Motor de sonido: Encargado de la parte del audio, tanto de la banda sonora como de la diferente sonoridad.

-Scripting: Lenguaje de programación encargado de las personas y objetos que constituyen el videojuego.

Algunos de los motores de renderizado más empleados en la actualidad:

Unity 3D: Motor que permite el acceso y posterior empleo del juego sin la necesidad de ser instalado, es decir, a través de un navegador.

Frostbite Engine: Motor creado por Digital Illusions CE y centrado en la creación de videojuegos de acción.

Unreal Engine: Motor gráfico comercializado por Epic Games que permite el desarrollo de trabajos de Realidad Virtual. El lenguaje de programación que emplea es el C++. No solo centrado en la industria del videojuego, sino que se ha expandido a campos como el de la arquitectura y es el seleccionado para la realización de este trabajo.

02·Las Atarazanas del Puerto de Valencia.

02· 1 Antecedentes históricos



Figura 2.1_ Plano de Valentia Edetanorum.

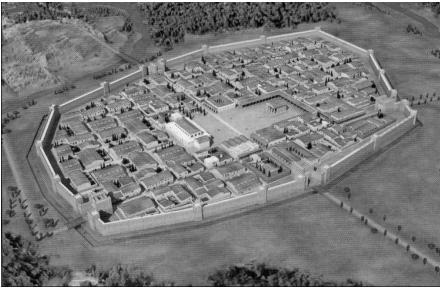


Figura 2.2_ Reconstrucción infográfica de la ciudad romana de Valencia.

Los orígenes de la ciudad de Valencia se remontan al año 138 a.C, momento en el que el Cónsul romano Junio Bruto Galaico, otorga estos territorios a sus tropas como recompensa por el coraje y la entereza demostrados en las batallas. Anteriormente este espacio había sido habitado por los pueblos prerromanos (Peñarrocha y Cabanillas, 2018).

A partir de la adjudicación de estas propiedades a 2000 colonos, este espacio pasa a obtener el rango de colonia y recibir el nombre de “Valentia Edetanorum”. Gracias a los restos percederos, actualmente visitables en el museo de L’Almoina, se puede situar el corazón de la ciudad en las proximidades de la Catedral y de la actual Plaza de la Virgen (Peñarrocha y Cabanillas, 2018). Siendo este espacio un lugar seguro, puesto que se encontraba alejado de la costa. Considerando esta área como un medio “hostil e inseguro para la vida humana” (Catalá, 1995, p.4).

Actualmente aún persisten los restos del cruce entre las principales calles de ese momento, el Cardo (norte-sur) y el Decumano (este-oeste) (Peñarrocha y Cabanillas, 2018).

Pesé a la negativa de asentar el centro de la civilización en lugares cercanos a la costa, por miedo a posibles saqueos. Existía la necesidad de un poblamiento en la zona inmediata al mar, que actuase como “base de la defensa del litoral y de los intercambios comerciales marítimos que la ciudad precisaba” (Catalá, 1995, p.4).

Acontecimientos como la Caída del imperio Romano de Occidente, la posterior apropiación por parte de los visigodos y la ocupación en el año 711 d.C de la ciudad de Valencia por parte de musulmanes, son hechos que se anteponen a la conquista de la ciudad por parte del rey de Aragón, Jaime I, en el año 1238 d.C. (Peñarrocha y Cabanillas, 2018).

Tan solo un año después, año 1239 d.C., tendrá lugar la aprobación de la ley de “la Costum”, a partir de la cual se permitirá la regulación de “todos los aspectos de la vida urbana de la ciudad de Valencia” (Peñarrocha y Cabanillas, 2018, p.5).

Como anteriormente se ha citado, los restos hallados a partir de dos excavaciones, fechadas en el año 1985 y 2005, se encuentran en el museo de l’Almoina. La sugerente museografía existente lo posiciona entre uno de los mejores de todo el territorio europeo. También contribuyen en esto las tecnologías empleadas como simulaciones en tres dimensiones de edificios de las diferentes épocas. Ocupa un espacio de 2500 m2 y recoge elementos de la historia desde el siglo II a.c (época romana) hasta la época medieval, es decir, siglo XIV.



Figura 2.3_ Excavación bajo el subsuelo del museo de l’Almoina.

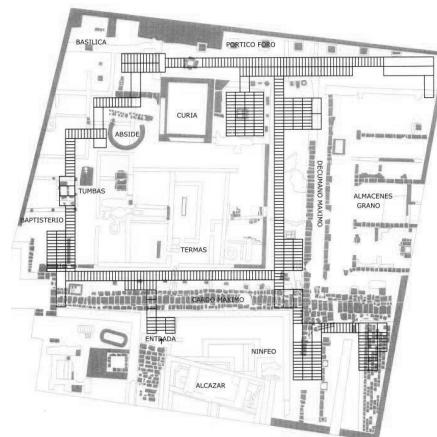


Figura 2.4_ Trazado y diferentes dependencias de la ciudad de Valencia anteriores a Jaime I.

02· 2 Relevancia del mar en la historia de la ciudad de Valencia

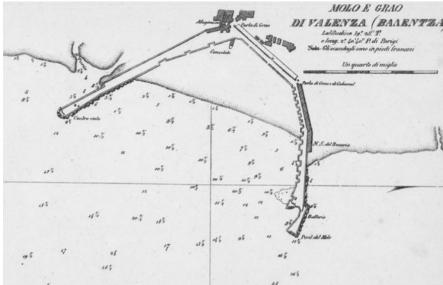


Figura 2.5_ Muelle y Grao de Valencia. Tomasso Santoni.



Figura 2.6_ Vista del Muelle del Grao. Vicente Cabrera.

Desde los inicios de la ciudad de Valencia, la parte costera tendrá gran importancia. Es en el año 138 a.C., fecha de fundación de la ciudad, donde empezará a constar como que la zona inmediata al mar actúa como “base de la defensa del litoral” y como “lugar donde llevar a cabo los intercambios marítimos” necesarios para la ciudad.

Conforme se produce un crecimiento del núcleo de la ciudad, también lo hará la parte litoral de esta. Por ello, es posible encontrar textos pertenecientes a la época islámica, que tratan sobre esta parte del territorio. “Está edificada en el llano, bien poblada y allí viven muchos comerciantes y agricultores. Hay mercados y es un lugar de partida y llegada de naves”, autor musulmán, Al Idrisi.

Con anterioridad a estos acontecimientos, en el siglo XIII, la costa valenciana ya presentaba una fachada marítima que formaba parte de gran cantidad de intercambios comerciales, provenientes de todos los puntos del mar Mediterráneo.

Será el momento de la conquista de la ciudad de Valencia por parte del Rey de Aragón, Jaime I, cuando se produzca la mayor transformación puesto que “se inicia una política de creación de nuevos graos y núcleos de población anexos a lo largo de toda la costa valenciana”. La fundación del Grao de Valencia facilitará la instauración de un arrabal, que aparte de actuar como elemento de defensa, reducirá la distancia existente entre el mar y la ciudad.

Dentro de la estrategia de control del territorio del nuevo reino, se llevará a cabo la creación de la Vilanova de la Mar. Punto comercial y defensivo, tutelado por la ciudad de Valencia y que a finales del siglo XIII se utilizó como base donde reparar y aprovisionar las naves (Catalá, 1995).

02· 3 Fecha de aparición y construcciones anteriores a las Atarazanas

La fecha de aparición de las Atarazanas del puerto de Valencia y la existencia de una construcción anterior con el mismo uso, genera controversia entre los diferentes autores consultados.

Por un lado, según Portaceli (Portaceli, 1993), encargado de llevar a cabo la rehabilitación de este edificio, la construcción de este tiene lugar el 27 de agosto del año 1338. El Consejo de la ciudad es el encargado de cumplir la solicitud llevada a cabo por Pedro el Ceremonioso de construir una casa, unas “galeras” en las que se pudiesen custodiar elementos relacionados con las embarcaciones marítimas como velas o remos. La fecha de finalización se data en el agosto de 1391, pese a esto, consta que en el año 1409 se le encarga al cantero de la ciudad de Valencia la construcción de “bell portxe” formado por tres arcos de piedra, lo que mejoraría su funcionalidad. Durante el siglo XVI, hay escritos que hacen referencia a ellas (Portaceli, 1993).

Según autores como Ferrando y Sánchez, existieron unas atarazanas anteriores situadas en la parte interior del recinto amurallado de la ciudad. Los pocos escritos existentes de la época sitúan esta construcción próxima al desaparecido “barrio de Pescadores”, además de afirmar su destrucción y remplazo por la antigua Aduana.

En cuanto a las Atarazanas que son el objeto de estudio de este trabajo, según estos autores, la primera citación que se puede encontrar sobre ellas es el 14 de febrero del año 1410. El Concejo de la ciudad, demanda la necesidad de unos astilleros, los cuales deben estar contruidos a partir de “pedra e arcs bellament en lo Grao de la Mar”(Ferrando y Sánchez, 1947, p.8). Desde el punto de vista de los autores comentados anteriormente, esta edificación nunca fue llevada a cabo, puesto que en un escrito fechado el 12 de agosto de 1500 se vuelve a mencionar la necesidad de un espacio donde poder ejecutar grandes partes de los trabajos navieros. Por lo tanto, sitúan el origen de estas a principios del siglo XVI (Ferrando y Sánchez, 1947).

Según Catalá (Catalá, 1995), con anterioridad a estas, existieron “las Atarazanas o la Draçana del Senyor Rei”. Su ubicación se encontraba próxima al emplazamiento de las Atarazanas que actualmente persisten y los primeros documentos en los que hacen referencia a ellas datan del año 1321.

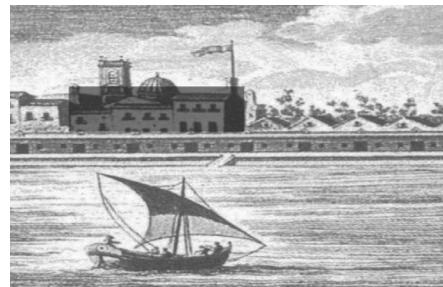


Figura 2.7_Grabado del Puerto de Valencia, Manuel Mirallas (1798). Sombreado el lugar que ocupaban las Atarazanas.



Figura 2.8_Puerto de Valencia y vistas del Grao, Cavanilles (1795-1797).

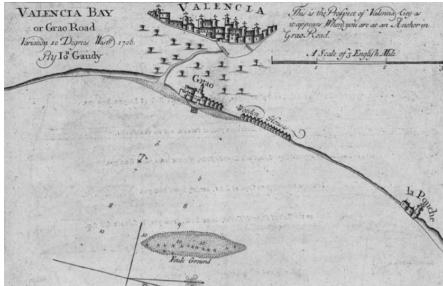


Figura 2.9_ Badía de Valencia o Camí del Grau. (John Gaudy-S. Parker. Gravet).



Figura 2.10_ Espacio ocupado por las destruidas Atarazanas de intramuros.

Pese a que los manuscritos existentes no facilitan información sobre la organización y construcción que presentaban, sí recogen la importancia de las naves que se construyeron en ellas, siendo algunas partes de estas de grandes expediciones militares llevadas a cabo en el Mediterráneo, por parte de Don Jaime el Conquistador o Pedro III, su hijo.

Un segundo astillero precedió a las Atarazas del Grao. Su emplazamiento estuvo situado en la vía Taraçana, una zona comprendida entre las actuales Calle de las Barcas y la Calle del Mesó de la Nau.

Es posible que la localización del estillero comentado anteriormente estuviese en el inicio de la Calle Poeta de Quintana y que ocupase parte del conocido parterre, ocupando el espacio que anteriormente ocupaban el edificio de la Aduana, en estos momentos Palacio de la Justicia. En el siglo XVIII tuvo lugar su desaparición, después de haber estado destinadas a la creación de embarcaciones pesqueras de poca importancia y como espacio de almacenamiento de elementos navales (Catalá, 1995). Tras los dos arsenales nombrados anteriormente, tuvo lugar la creación del objeto de este trabajo (Catalá, 1995).

Por último, según Calvé, las primeras noticias que constan de las Atarazanas del Grao son del año 1338, cuando su construcción fue demandada por el gobierno municipal con la finalidad de ser un espacio donde guardar aparejos y remos de las naves.

Hasta 1398, momento en el que se empieza a hablar de las posibles obras de cubrición, no hay ningún documento que recoja nueva información sobre esta construcción. Este autor se adentra más y señala el año 1416 y 1418 como fechas donde se llevarán a cabo unas intervenciones que permitirán la incorporación de un significativo porche (Calvé, 2015).

02· 4 Descripción del edificio de las Atarazanas del Puerto

El edificio está compuesto por cinco naves que componen una planta rectangular, de 68 metros de ancho y 48 metros de longitud, creando una superficie de 3500 m². Otorgándole estas dimensiones el privilegio de ser “el mayor espacio cubierto de la arquitectura medieval valenciana”. La construcción se edifica a partir de “base de tapial “y” enfoscado de mortero de arena y cal, revestido de ladrillo en arcos y pilares” (Catalá, 1995, p. 14). En cuanto a cerramiento según Catalá emplearon “verdugadas de ladrillo y calicanto” mientras que para Peñarocha y Cabanillas, la técnica empleada fue “fábrica mixta de ladrillo a calicanto” (Peñarocha y Cabanillas, 2018, p.7). Respecto a la cubierta, teja moruna sobre ladrillo de barro cocido macizo que reposan sobre vigas de madera (Catalá, 1995).

En cuanto a las cinco naves, cada una se encuentra dividida en ocho tramos, que da como resultado de la intersección nueve arcos diafragmáticos de ladrillo, generando un total de cuarenta y cinco. Las dimensiones que presentan los elementos nombrados anteriormente son: 10,40 metros de luz, 9 metros de altura en el vértice y 82 centímetros de grosor, los cuales reposarán sobre sobre “pilares rectangulares transversales al eje mayor de las naves” (Catalá, 1995). Cada pilar sostendrá dos arcos, a excepción de los arcos que dan a las fachadas norte y sur, puesto que estos descansan sobre contrafuertes (Catalá, 1995). En sentido perpendicular, se encuentra una serie de arcos apuntados formeros. El tamaño presentado se muestra un poco inferior al de los existentes en el otro sentido, siendo sus dimensiones de 5,30 metros de luz, 7 metros de altura y con un grosor de 0,85 (Catalá, 1995). La combinación de todos ellos conseguirá la obtención de un espacio único, diáfano e interrelacionado.

El acceso al edificio se realiza a través de un zagúan porticado, en el que los arcos se encuentran descubiertos en su totalidad. Este aspecto tiene su origen en el momento en el que las embarcaciones realizaban a través de estos muros sus entradas y salidas. El siguiente tramo a este, ya presenta sus arcos tabicados parcialmente, puesto que contiene ciertos ventanales (Catalá, 1995).



Figura 2.11_Vista interior: Arcos diafragmáticos.



Figura 2.12_Vista interior: Arcos apuntados formeros.



Figura 2.13_Vista superior del edificio: Cubierta compuesta por correas de madera, tableros de ladrillos y tejas árabes.



Figura 2.14_ Vista interior del edificio: Se puede observar las correas de madera y los tableros de ladrillos.



Figura 2.15_ Vista exterior: Acceso al edificio, como en su origen.



Figura 2.16_ Vista exterior: Parte trasera del edificio, arcos tabicados.

La cubierta es a dos aguas y está compuesta por correas de madera “hendididas sobre el trasdós de los arcos diafragma” (Catalá, 1995, p. 14) y una cumbra en la parte superior. Un entramado de madera será el encargado de actuar como soporte para los tableros de ladrillos. Sobre ellos se adhieren tejas árabes, que según escritos en sus inicios debieron de presentar una forma plana.

Por mucho que los años hayan pasado, aún permanecen elementos de épocas anteriores. Por ejemplo, los cuatro canalones de piedra caliza que actúan como gárgolas. Como detalle curioso hay que destacar la presencia en el frente de este elemento constructivo del escudo de la ciudad de Valencia (Catalá, 1995).

02· 5 Evolución de la construcción y de la ciudad de Valencia

A través del desarrollo de este edificio se podrá mostrar la evolución que tiene la ciudad de Valencia. En los inicios del siglo XV, época de prosperidad económica para la ciudad y con un favorecedor y próspero comercio marítimo. Los Reyes Católicos serán en parte los responsables de este auge, siendo los encargados de mandar la construcción de “una serie de infraestructuras básicas, estímulos al poblamiento y órganos de gobiernos propios” (Catalá, 1995, p.5). El edificio de las Atarazas se encuentra totalmente finalizado a principios de este siglo, por lo que ya podrá ser utilizado en este periodo. Este será un momento en el que la ciudad de Valencia no solo llevará a cabo la creación de embarcaciones de mediano tamaño, sino que será fundamental en el aspecto del tránsito de embarcaciones de una escala superior. Pero su funcionalidad no acababa ahí, debido a su proximidad con la costa, servía como protección frente a los ataques de los piratas (Catalá, 1995).

Si bien los inicios se muestran prometedores, no tanto las décadas venideras. Teniendo que cambiar, en el S XVI, el marcado carácter funcional que presentaba la construcción como factoría y almacenamiento de naves, por servir como espacio de alojamiento y tal vez de forma esporádica como taller de naves. El empleo posterior del edificio como espacio donde guardar el cereal y donde llevar a cabo la fabricación de artillería destinada a la guerra, muestra la pésima situación de la construcción naval en el territorio valenciano (Peñarrocha y Cabanillas, 2018). La decadencia en este siglo estará propiciada por el descubrimiento de América. El hallazgo de este territorio supondrá que el comercio central se desplace del Mar Mediterráneo, hacia el Mar Atlántico (Catalá, 1995).

No resulta extraño, que como consecuencia de la gran afluencia y de la cantidad de actividades que estuvo albergando, tuviera que someterse a su primera restauración a principios del siglo XVII (Peñarrocha y Cabanillas, 2018).

El paso del tiempo y la sucesión de acontecimientos generó el traspaso de las Atarazanas entre diferentes entidades. Tras su creación por parte de la corona de Aragón, será esta la encargada de tutelarla, porque supone para ellos un lugar muy importante, a nivel comercial y defensivo.

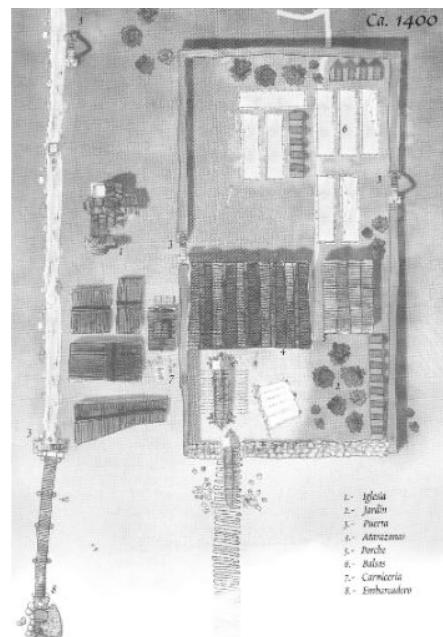


Figura 2.17_ Imagen de las Atarazanas del Grao. Año 1400.



Figura 2.18_Nave de las Atarazanas.

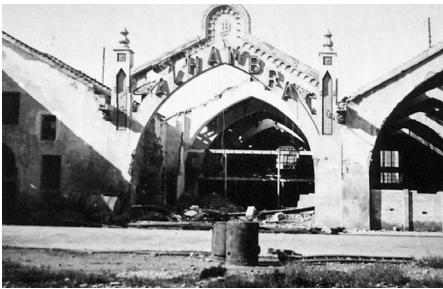


Figura 2.19_Nave de las Atarazanas, la cual albergaba un cine. Años 40.

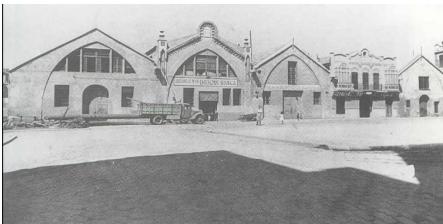


Figura 2.20_Atarazanas del Puerto de Valencia, antes de su rehabilitación.

Más tarde, pasará a ser propiedad del Consell Municipal, de miembros de la corte de Felipe V, incluso llegando a ser un bien de la Hacienda Real. En el momento que pasan a ser propiedad del Gobierno Central se opta por venderlas de manera individual, por lo que, tuvieron que recurrir al tabicado de los arcos que denegará la comunicación entre sí (Peñarrocha y Cabanillas, 2018).

A partir de este momento (S.XX) y puesto que cada una ya actúa de manera particular, sufrirán diferentes modificaciones que acabarán otorgándoles un carácter propio.

Todas las naves sufrirán transformaciones de diferente consideración en distintos intervalos de tiempo. Algunas de estas serán llevadas a cabo por ilustres como Pere Comte o Joan Porcar. Cambio a las que todas se someterán será a volver a ser pavimentadas con el simple objetivo de mejorar el almacenamiento del trigo y evitar posibles daños provocados por la humedad (Catalá, 1995).

Pueden destacarse las modificaciones llevadas a cabo en la segunda nave, la cual albergó una vivienda con sus respectivos balcones incluidos. Respecto a la cuarta, es sometida a una alteración en la fachada principal, donde intentaron plasmar unas pinturas que presentaban un cierto carácter morisco (Peñarrocha y Cabanillas, 2018).

En los escritos recogidos, no se tiene claro cuál de ellas fue, pero una de las naves albergo un teatro que más tarde pasó a emplearse como cine. La Guerra Civil contribuyó al deterioro exterior, tras el estallido de una bomba en las inmediaciones (Catalá, 1995).

Muchos ya temían que esta construcción tan emblemática hubiese perdido “la propiedad total de conjunto”, tras diferentes restauraciones consiguen que vuelva a obtener el carácter de sus inicios.

En 1950 se promulga un decreto llevado a cabo por el Ministerio de Educación Nacional, en el que el edificio es declarado “Monumento Histórico Artístico”. Según recogen algunos escritos “Las Atarazanas del Grao de Valencia, a pesar de las modificaciones sufridas constituye una serie de edificios con aspecto monumental que recuerda el poderío naval de la antigua Valencia... por lo que se impone adoptar las medidas oportunas para atajar la desnaturalización de edificaciones que deben perdurar como vivo testimonio de grandezas y estímulo de continuidad” (Catalá, 1995, p.11).

Tras otorgarles este reconocimiento, se creyó que los cuidados y atenciones dedicados a ellas, se iban a incrementar. Lejos de eso, se construyeron edificios de viviendas que le arrebataron su proximidad con el mar y cualquier posible comunicación con el frente marítimo (Catalá, 1995).

Por lo tanto, actualmente, las Atarazanas del Grao, componen una manzana aislada, circunscrita por la plaza Juan Antonio Benlliure, la Plaza del tribunal de las Aguas y las calles José Aguirre Y Salvador Gasull (Peñarrocha y Cabanillas, 2018).



Figura 2.21-2.22_Vistas generales de la primera y tercera nave.



Figura 2.23-2.24_Vistas generales de la cuarta y quinta nave.

02· 6 Recuperación y rehabilitación del edificio



Figura 2.25_Atarazanas del Puerto de Valencia, antes de su rehabilitación. Años 60.



Figura 2.26_Atarazanas del Puerto de Valencia, tras su rehabilitación.

Si bien no presentaba sus mejores condiciones desde hacía décadas, no fue hasta 1978, cuando se plantearon un proyecto de recuperación para el edificio. En primer lugar, tuvieron que comprar todas las naves, que pertenecían a propietarios diferentes y habían sido sometidas a funciones de lo más diversas. En segundo lugar, se tuvo que realizar un estudio sobre el estado de conservación que presentaba el edificio. El arquitecto encargado de llevar a cabo este proceso de regeneración fue Manuel Portaceli.

La primera y la tercera de las naves soportaron cambios poco considerables. La mayoría de los arcos longitudinales fueron obstruidos, otra pequeña modificación a la que se tuvieron que exponer fue a la creación de altillos destinados a oficinas.

La segunda del lado sur fue la más alterada, puesto que acogió en sus inmediaciones un cine y, por lo tanto, optaron por la compartimentación del espacio. La fachada también fue modificada puesto que “ocultaron el arco matriz y decidieron levantar sobre el muro decorados”.

En el cuarto recinto, derribaron los dos primeros tramos, además, como consecuencia también sus respectivos arcos transversales. Esto fue debido a que albergó una casa “de estética modernista con balcones y miradores”. La cubierta de este espacio estaba muy deteriorada.

Para finalizar el análisis de las naves, la quinta solo tuvo que someterse a trabajos de restauración en dos de sus arcos, puesto que las bombas de la guerra civil, los deterioraron (Peñarrocha y Cabanillas, 2018).

Años más tarde, a principios de la década de los noventa, el mismo arquitecto llevará a cabo otra intervención, siendo inaugurada de manera oficial el 10 de noviembre de 1992.

El pavimento también sufre modificaciones, siendo a partir de ahora de losa de piedra “de Borriol”. Como conclusión de esta última rehabilitación, remarcar que ha conseguido potenciar el espacio diáfano y la articulación existente entre los arcos diafragmáticos.

La parte negativa patente en este edificio será la dificultad existente a la hora de diferenciar las diversas épocas constructivas del edificio. (Catalá, 1995).

En el año 2019, el edificio de las Atarazanas permaneció cerrado desde el mes de junio hasta octubre, debido a que la fachada norte de la construcción tuvo que someterse a una reparación debido a las humedades que habían salido en los últimos tiempos. También se aprovechó para intervenir sobre las carpinterías.



Figura 2.27_Atarazanas del Puerto de Valencia, antes de su rehabilitación. Años 60.



Figura 2.28_Atarazanas del Puerto de Valencia, tras su rehabilitación.

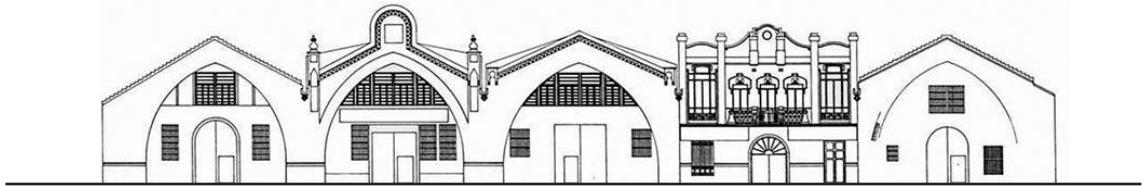


Figura 2.29 _Alzado Atarazanas antes de su rehabilitación. Información publicada por el estudio de Manuel Portaceli.

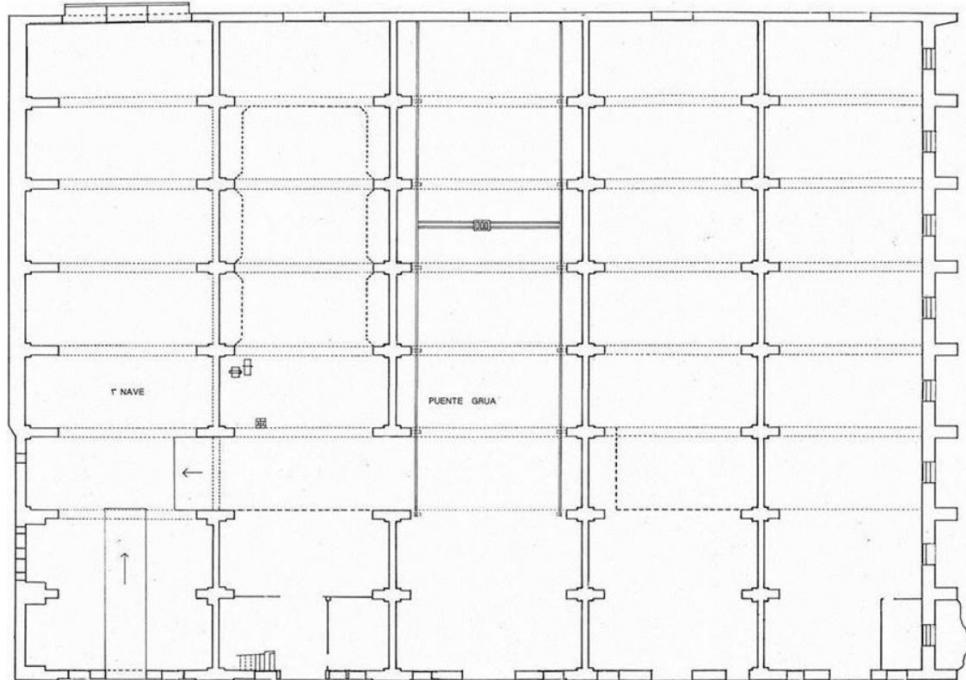


Figura 2.30 _Planta Atarazanas antes de su rehabilitación. Información publicada por el estudio de Manuel Portaceli.

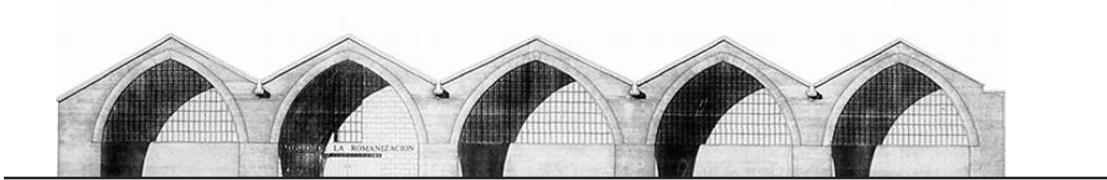


Figura 2.31_Alzado Atarazanas tras su rehabilitación. Información publicada por el estudio de Manuel Portaceli.

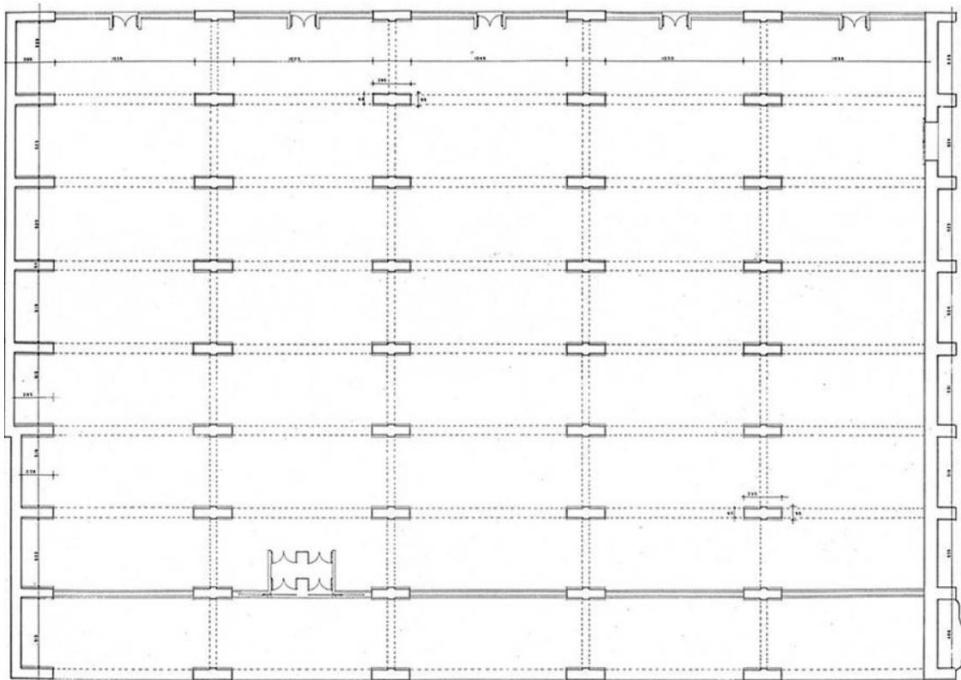


Figura 2.32_Planta Atarazanas tras su rehabilitación. Información publicada por el estudio de Manuel Portaceli.

02· 7 Descubrimientos recientes: “La Casa de las Atarazanas”



Figura 2.33_ Reconstrucción de Vilanova del Grao en 1425, imagen de Pablo Aparicio Resco.



Figura 2.34_ Reconstrucción de Vilanova del Grao en 1425, imagen de Pablo Aparicio Resco.

Cuando hablamos de la Casa de las Atarazanas estamos frente a una edificación de la que se tiene conocimiento desde hace apenas una década, cuando Gemma M. Contreras descubrió la existencia de este edificio antiguo mientras desarrollaba su Tesis de Licenciatura sobre las Atarazanas.

Este formaba parte de una serie de edificios que fueron construidos en el siglo XV y que tenían como finalidad ser edificios representativos y suponer un importante embellecimiento urbano. Actualmente se conservan muy pocos de ellos, no siendo la Casa de las Atarazanas uno de estos.

La ciudad de Valencia presentaba una particularidad respecto a otros núcleos portuarios. Muchos de ellos, como pueden ser Alicante o Barcelona contaban con el centro urbano cerca de sus costas, mientras que el de Valencia se encontraba situados a kilómetros de distancia del puerto. Por ello, el frente marítimo no presentaba ningún edificio representativo.

Los únicos edificios existentes en el siglo XV eran las Atarazanas y una antigua torre de vigilancia. Por lo que, ante esta situación, se optó por el levantamiento de una construcción representativa, que se observase desde el mar y se convirtiera en un símbolo de la ciudad.

Fue considerado un edificio polivalente puesto que desarrollaba doble función. En primer lugar, la de almacén de los astilleros. Y, en segundo lugar, la de palacio, que servía como punto de recepción de los personajes más ilustres existentes en la época que llegaban a la ciudad a través del mar. Algunos de ellos eran Benedicto XIII, Alfonso el Magnánimo o el rey Fernando el Católico y su mujer Doña Germana de Foix (Iborra y Miquel, 2007).

02· 8 Declaración como Monumento Histórico Artístico y Bien de Interés Cultural

Tal y como recoge el Boletín Oficial del Estado, el 11 de noviembre de 1949 las Atarazanas del Grao son declaradas monumento Histórico-Artístico.

“Las Atarazanas del Grao de Valencia, a pesar de las modificaciones sufridas, constituyen una serie de edificios con aspecto monumental que recuerda el poderío naval de la antigua Valencia y consiguientemente, de España, por lo que se impone adoptar las medidas oportunas para atajar la desnaturalización de edificaciones que deben perdurar como vivo testimonio de grandezas y estímulo de continuidad”(Peñarrocha y Cabanillas, 2018, p. 10).

Los reconocimientos recogidos no cesarán, siendo en 1985 considerada por la ley de Patrimonio Histórico como Bien de Interés Cultural. Dicha ley, en el artículo noveno, cita:

“Gozarán de singular protección y tutela los bienes integrantes del Patrimonio Histórico Español, declarados de interés cultural por ministerio de esta Ley o mediante Real Decreto de forma individualizada”(Ley 16/1985, de 25 de junio). También cuenta entre su reconocimiento con la Declaración de Bien de Relevancia Local.

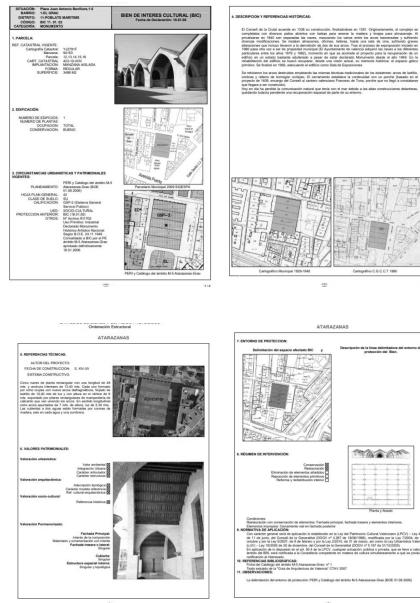


Figura 2.35_ Documentación acreditativa como Bien de Interés Cultural.

02· 9 Usos actuales y propuestas de uso



Figura 2.36_Imagen de las exposiciones temporales que alberga.



Figura 2.37_Imagen de Albert Ribera, que plasma las capacidades que presentan las Atazaranas para exponer diferentes tipo de embarcaciones a una escala real.

Debido a su localización, desde el momento que fue rehabilitado, se barajó la posibilidad de que albergará el Museo Marítimo de la ciudad de Valencia.

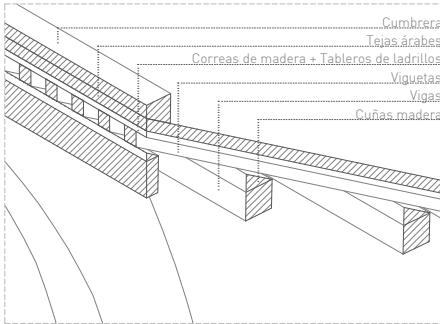
Eran muchos los que pensaban que la recuperación de este edificio suponía la puesta en valor de aspectos como la importancia histórica, la singularidad arquitectónica, entre otros rasgos. Apostaban por la “reproducción de embarcaciones a escala real”, siempre teniendo en cuenta el protagonismo que presenta la construcción por la esencia, testimonio histórico y funcionalidad. Por desgracia, todavía no se ha conseguido ni se tiene previsto a corto plazo.

Desde el primer momento de su inauguración, se emplearon para eventos de ámbito cultural de carácter temporal y para exposiciones de poca duración. Amantes de este edificio consideran que este no es el tipo de exhibiciones que deben encontrarse en él. Siendo partidarios de continuar con la idea de Museo Marítimo, llegando incluso a aumentar esta colección con la incorporación de maquetas relacionadas con la tipología náutica mediterránea (que años atrás fueron expuestas en el edificio del Reloj del Puerto de Valencia).

Según Catalá (1995) la combinación perfecta estaría compuesta por una fusión de exposiciones temporales y otras de carácter permanente. Estas últimas unidas a la funcionalidad que presentaban originalmente las Atazaranas del Puerto. Este autor también idealiza con la posibilidad de incorporar en el edificio el antiguo puerto que existió en la ciudad en el siglo XVII. Lo que este autor pretende conseguir es progresar hasta “liberar el edificio de cualquier uso que no fuera tendente a potenciar su valor histórico, poner en valor la singular entidad arquitectónica del mismo, a explicar todo lo relativo a su destinación primigenia y eventuales sucesivas funciones, resaltando de este modo lo que fue su razón de ser: casa de fabricación de naves”. Recurriendo para ello a las nuevas tecnologías museográficas, ya empleadas en otros museos de la ciudad, e incorporando elementos de carácter participativo y lúdico, lo que permitiría una mejor interacción con el espectador.

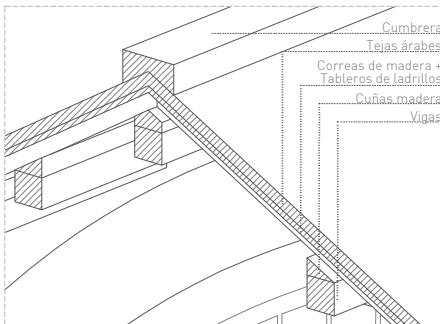
03·Estudio constructivo.

03·Estudio constructivo



Como ya se ha comentado en otros apartados, el edificio ha sufrido diversas modificaciones, pero a continuación se muestran esquemas y secciones donde se puede observar el estado constructivo actual de las Atarazanas del Grao de Valencia.

En la figura 3.1, se observa el encuentro entre las vigas de madera y las correas de la cubierta, sobre las que se colocan un tablero de ladrillo y tejas árabes. Debido a que la cubierta es inclinada, hay una cuña sobre las vigas que permite que se apoyen las correas. También hay que destacar en la misma imagen la cumbreira de la cubierta a dos aguas de una de las naves.



Asimismo, en las figuras 3.2 y 3.3, se puede ver una de las grandes vidrieras de la fachada este así como el canalón entre las naves para la evacuación del agua de lluvia.

En la sección A-A', con dirección de norte a sur, se puede observar la sección por los arcos paralelos a la fachada principal justo en el encuentro con los arcos perpendiculares. En cambio, en la sección B-B', también de norte a sur, sí que se secciona por mitad de estos arcos perpendiculares, solo seccionando la parte superior del arco de estos.

En la sección C-C', con dirección oeste a este, se secciona por mitad de la primera nave sur, desde la fachada principal hasta la fachada trasera.

Mientras que en la sección D-D', también con dirección oeste a este se secciona justo por el encuentro entre la segunda y tercera nave (empezando desde el sur), pudiéndose apreciar todos los arcos en sentido perpendicular a la fachada principal.

Por último, al final de este apartado se puede observar una axonometría expandida, en la que se observa el conjunto del edificio.

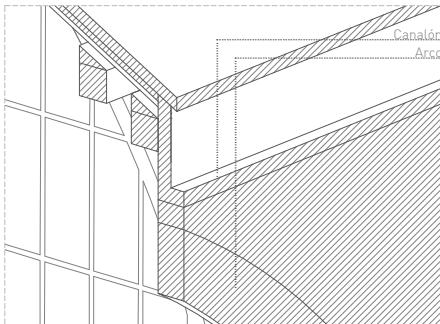
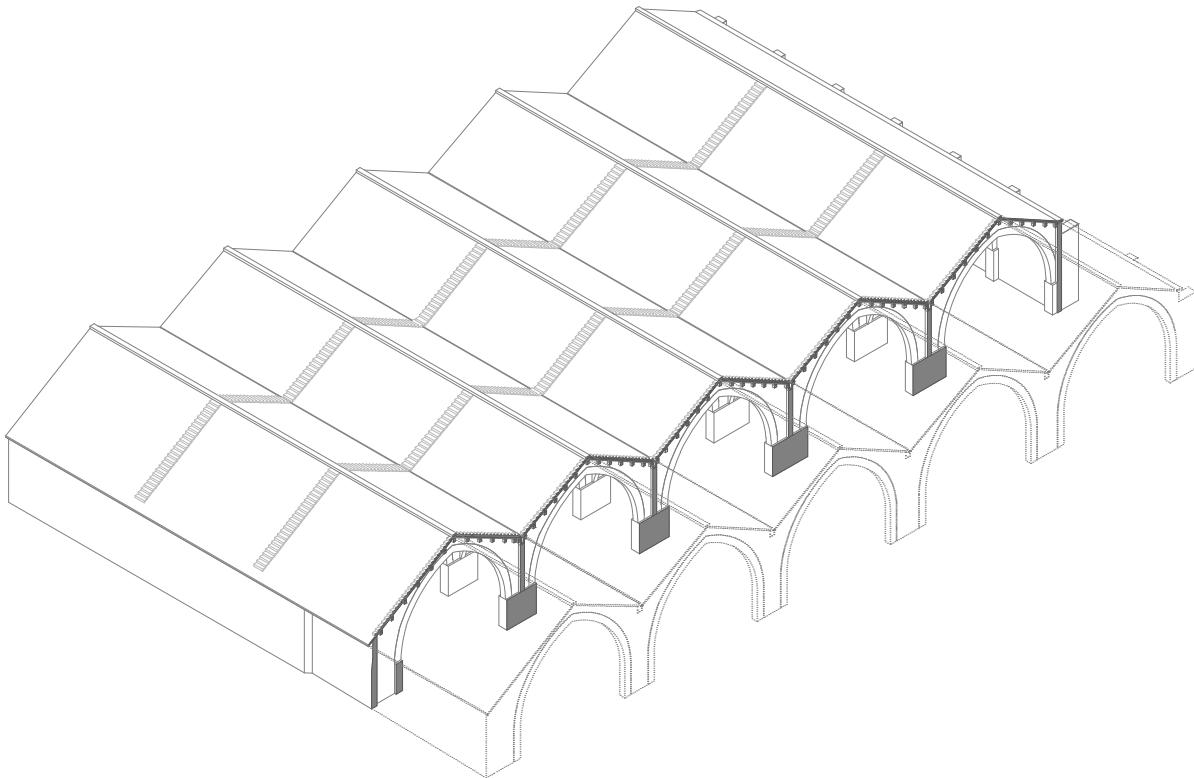


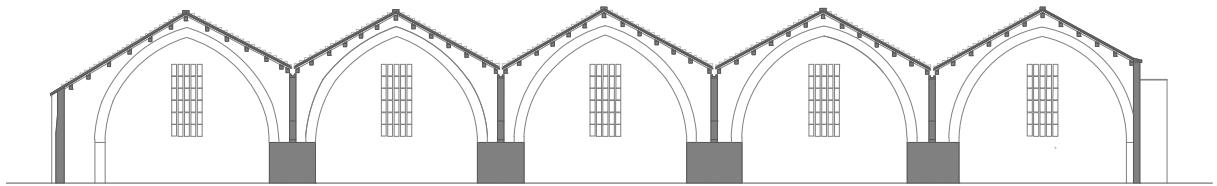
Figura 3.1_Esquemas constructivos. Elaboración propia



Sección A-A'



Figura 3.2_Sección A-A'. Elaboración propia.



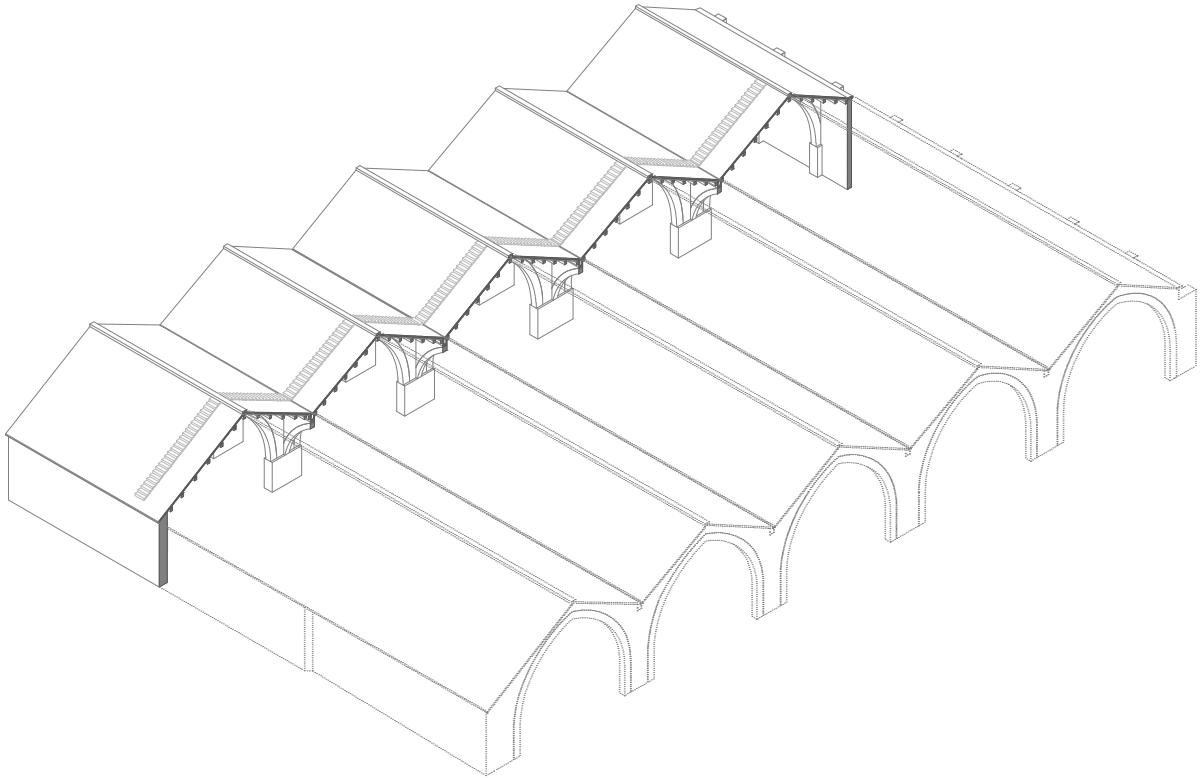
12 5 10 20

Sección A-A'

Escala: 1/500



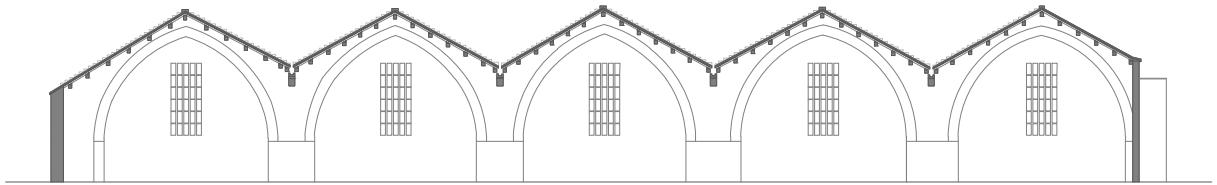
Figura 3.3_Sección A-A'. Elaboración propia.



Sección B-B'



Figura 3.4_Sección B-B'. Elaboración propia.



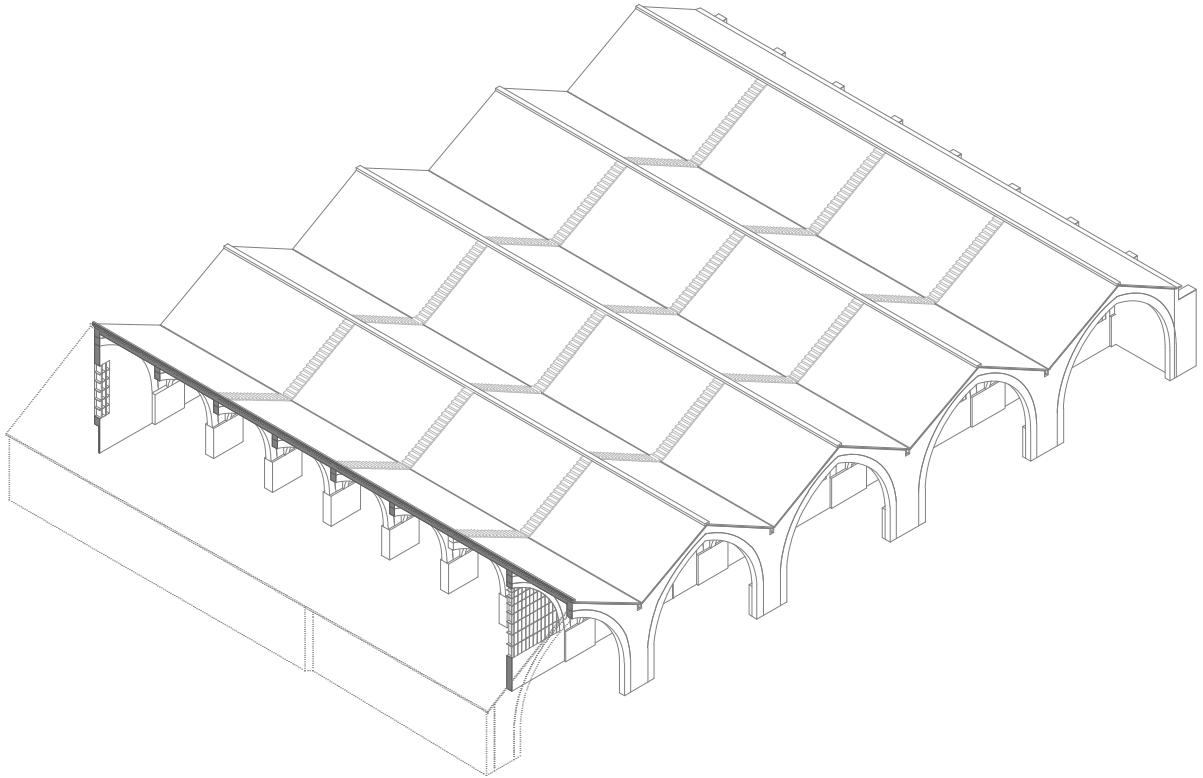
12 5 10 20

Sección B-B'

Escala: 1/500



Figura 3.5_Sección B-B'. Elaboración propia.



Sección C-C'

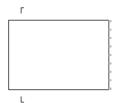
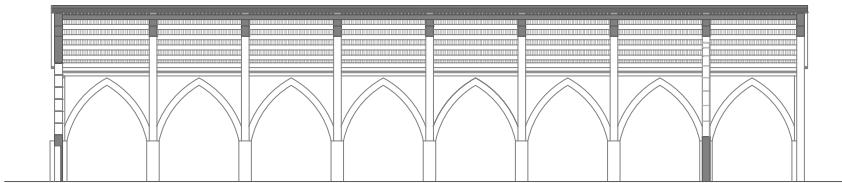


Figura 3.6_Sección C-C'. Elaboración propia.



12 5 10 20

Sección C-C'

Escala: 1/500

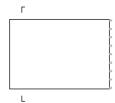
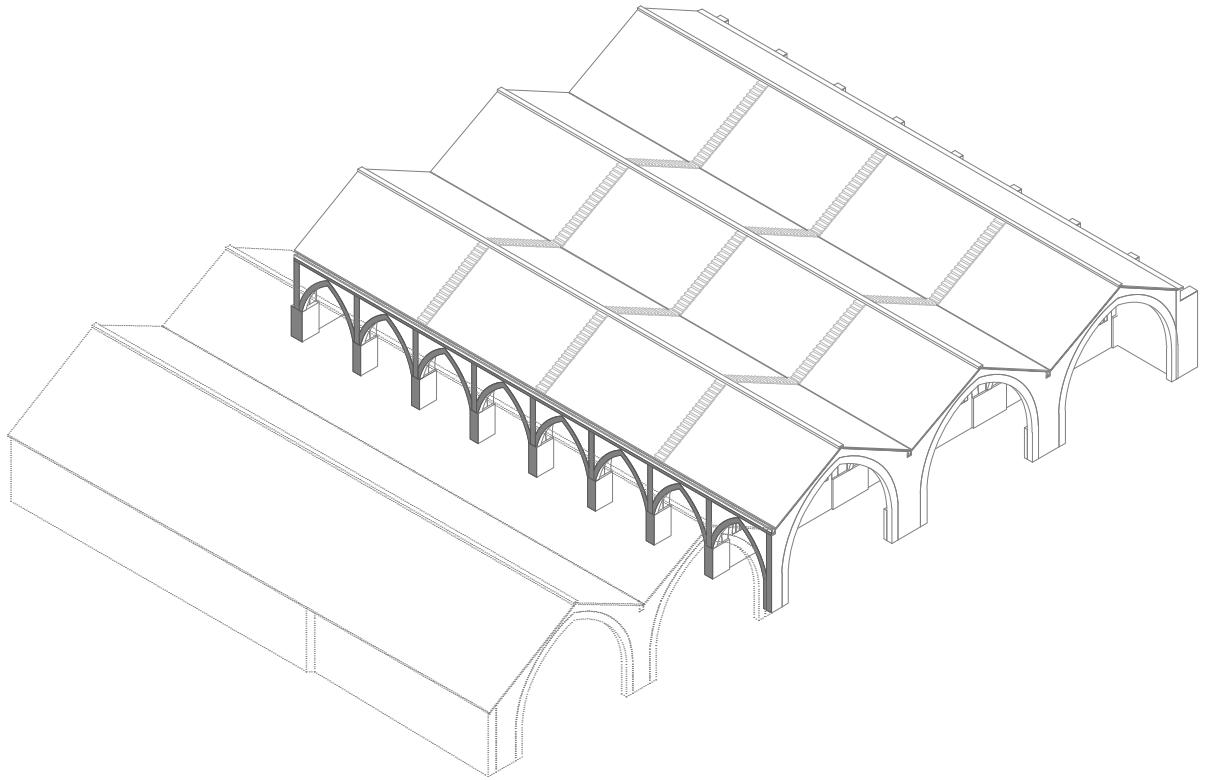


Figura 3.7_Sección C-C'. Elaboración propia.



Sección D-D'

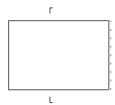
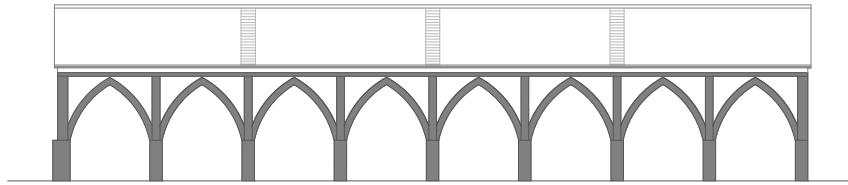


Figura 3.8_Sección D-D'. Elaboración propia.



12 5 10 20

Sección D-D'

Escala. 1/500

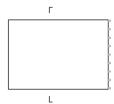


Figura 3.9_Sección D-D'. Elaboración propia.

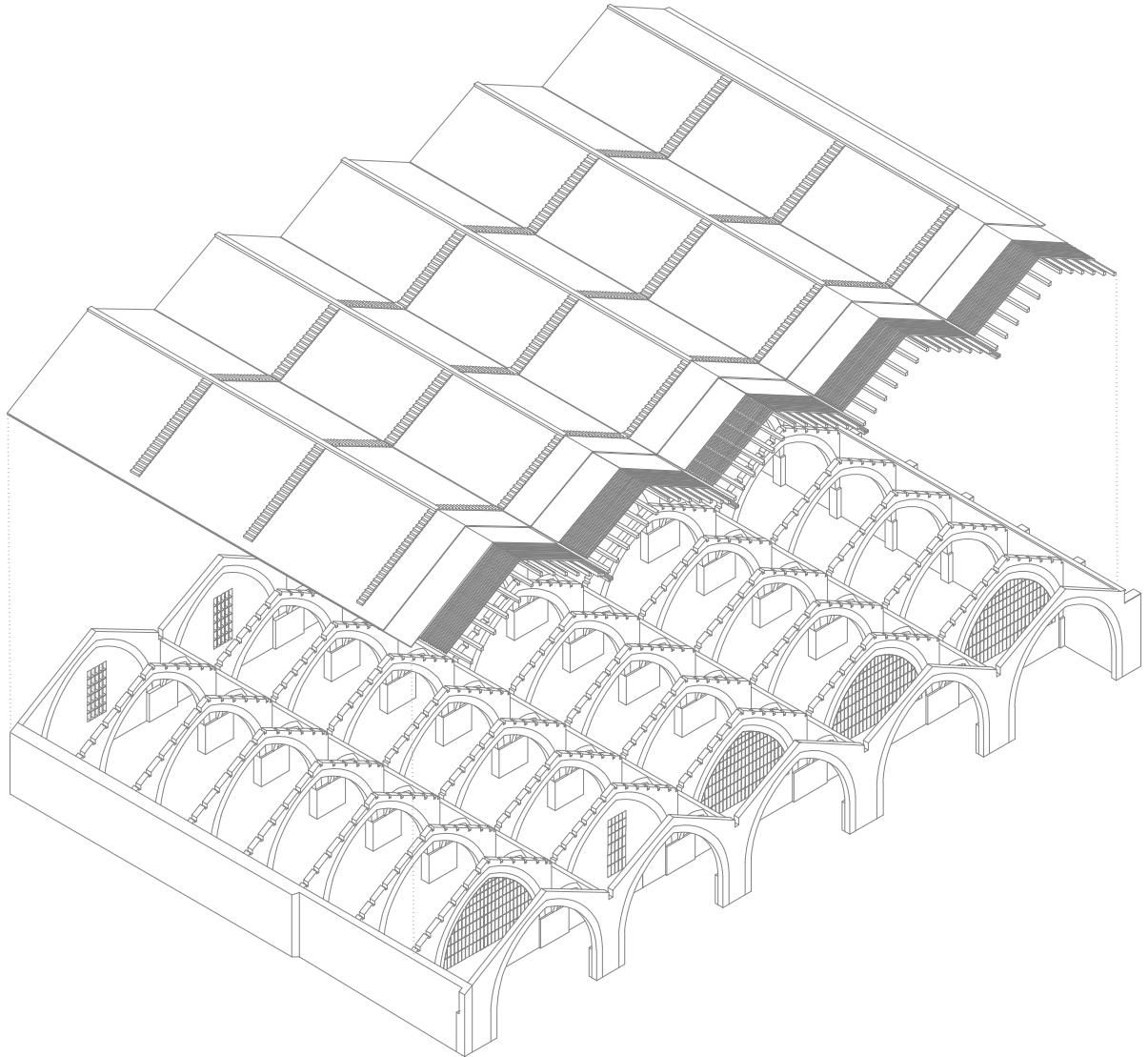


Figura 3.10_Sección expandida. Elaboración propia.

Sección Explicativa

04· Realidad virtual.

04· 1 Introducción a la realidad virtual



Figura 4.1_Personas visualizando una edificación antes de su construcción gracias a la RV.



Figura 4.2_Profesionales poniendo en práctica las nuevas tecnologías.

La definición proporcionada por la Real Academia Española de la lengua sobre la realidad virtual es la siguiente: “Representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real”. Profesionales del sector optan por definirla como: “Una inmersión sensorial en un nuevo mundo, basado en entornos reales o no, que ha sido generado de forma artificial y que podemos percibir gracias a unas gafas de realidad virtual o diferentes accesorios”.

De igual modo que la aparición de internet, de los teléfonos móviles, la de esta nueva realidad ha supuesto uno de los mayores cambios tecnológicos de los últimos tiempos. Por el momento la falta de medios para poder ponerlo en práctica o la insuficiencia de aplicaciones desarrolladas, no ha permitido demostrar la cantidad de cambios que llegará a suponer en la mayoría de los campos multimedia que nos rodean, ya sea en eventos deportivos, en los videojuegos o en temas relacionados con la industria del cine.

El objetivo que se pretende conseguir a través de esta nueva tecnología es la creación un mundo artificial del que poder ser participe e incluso llegar a ser el personaje principal.

04· 2 Realidad virtual y arquitectura

Al igual que avanza la sociedad, también lo hacen las tecnologías y por lo tanto campos como la arquitectura han de reinventarse. Aspectos como la inmediatez, la fiabilidad e incluso la capacidad para facilitar los procesos, resultan fundamentales para no quedarse retrasados. Siendo la realidad virtual una herramienta que permitirá la optimización de recursos y la mejora de resultados. Debido a la velocidad de desarrollo que lleva, las predicciones del uso de Realidad Virtual en diferentes campos, son las mostradas en la figura 3.3

La combinación de ambos conceptos va a permitir la visualización del edificio antes de la construcción de este, permitiendo superponerla en el entorno elegido y suponiendo cierto tipo de facilidades. La realidad virtual la podemos encontrar a lo largo de todos los procesos de la construcción de un edificio:

Fase comercial

La realidad virtual va a permitir al cliente comprender fácilmente las ideas plasmadas por el arquitecto, pudiendo ser consciente de las dimensiones que ocupan los espacios, las sensaciones creadas por ellos o el resultado final como consecuencia de probar diferentes acabados o materiales. Además, suponen un ahorro de tiempo, puesto que reduce el tiempo de comprensión del cliente.

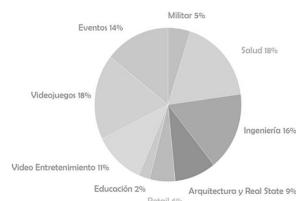
Fase de proyección y ejecución

Para llevar a cabo esta fase, tanto en la realidad virtual como en el mundo real, hay que tener claras ciertas condiciones, como pueden ser especificaciones de carácter técnico, dimensional o económico (instalaciones, tomas de electricidad, puntos clave del edificio, etc). Por lo que, si estas son aplicadas en el modelo 3D, se pueden verificar el correcto funcionamiento y solucionar posibles problemas que puedan ocasionarse. Suponiendo un ahorro de tiempo y dinero, por el hecho de resolver contratiempos que se encontrarían por primera vez en la construcción real.

Fase de mantenimiento y vida del edificio

La precisión en el diseño del “edificio virtual” puede permitir llevar a cabo el mantenimiento de este sin necesidad de trasladarse allí para solucionarlo. En esta fase, pretende que este modelo virtual les sirva de punto de apoyo.

PREDICCIÓN DE USO DE RV POR SECTOR EN 2025



Fuente: Goldman Sachs Global Investment Research

Figura 4.3_Gráfico que plasma la repercusión de la realidad virtual en diferentes sectores, año 2025.

DESARROLLO DEL PROYECTO INTEGRANDO RV

DISEÑO ARQUITECTÓNICO

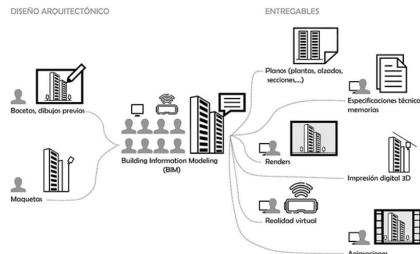


Figura 4.4_Forma de trabajar de muchas empresas en la actualidad. Como puede ser Ingennus Urban Consulting.

04· 3 Historia de la realidad virtual



Figura 4.5



Figura 4.6

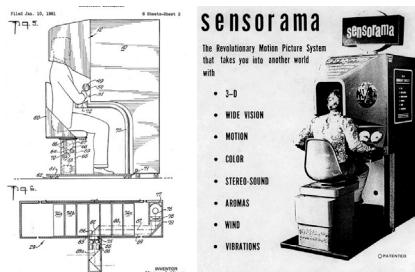


Figura 4.7

Estereoscopio de Wheatstone

1836

Charles Wheatstone, hace más de dos siglos, consigue a partir de la colocación de dos fotografías similares la creación de profundidad a través de una ilusión óptica. Esto se consigue debido a que, al actuar cada ojo de manera independiente, ambas imágenes se componen en nuestro cerebro, consiguiendo una imagen estereoscópica. Considerado como uno de los patrones iniciales, que ayudarían a la futura creación de visores de RV.

Blue Box

1929

Aparato creado para simular las condiciones reales de vuelo a las que se tendrían que someter los soldados estadounidenses. Consiguieron que fuera capaz de aparentar condiciones meteorológicas y que fuese capaz desplazarse de su lugar inicial a partir de las órdenes manifestadas por un piloto. Aproximadamente 500.000 soldados norteamericanos realizaron los entrenamientos en simuladores mecánicos de vuelo.

Sensorama

1957

Morton Heiling fue el encargado de desarrollar un estimulador que combinaba imágenes en 3D con sonido, viento e incluso olores, con la finalidad de crear una ilusión de realidad. Creó una cabina de grandes dimensiones que poseía la capacidad de estimular cuatro de los sentidos cinco sentidos existentes, descartando el del gusto. El resultado obtenido fue la fusión de sonido real, junto a una visión ampliada e imágenes en 3D.

Headsight

1961

Phillco Corporation llevó a cabo un proyecto compuesto por un casco que incorporaba una pantalla de video de pequeñas dimensiones y un control de posición de la cabeza, que a partir de un seguimiento magnético permitía la representación de imágenes correspondientes a la dirección de esta.



Figura 4.8

La espada de Damocles

1965

Ivan Sutherland fue una figura vital para esta nueva tecnología, describiendo por primera vez el concepto para años más tardes crear el dispositivo “Ultimate Display”, consistiendo en un “casco” acoplado a un ordenador. Este elemento posibilitaba el “desplazamiento y cambio de perspectiva” según los movimientos llevados a cabo por el usuario. Los cascos empleados presentaban unas dimensiones tan exageradas que debían estar colgados.

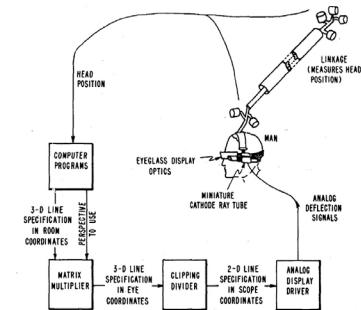


Figura 4.9

Tron

1982

Película de ciencia ficción llevada a cabo por Steven Lisberger que permitió acercar el concepto de realidad virtual al gran público. La estética mostrada en la película es la manera en la que se sigue desarrollando en la actualidad. En el año 2010 Walt Disney Pictures estreno en la gran pantalla la secuela de la película inicial debido a la gran cantidad de seguidores que cosecho el estreno de la primera de ellas.



Figura 4.10 / Figura 4.11



Figura 4.12

Data Glove

1982

Jaron Lanier desarrolló “Data Glove”, unos guantes que incorporan sensores, los cuales permiten reconocer la posición de los dedos, incluyendo la acción de doblar los mismos, además de su movimiento.

Los diferentes dispositivos incorporados posibilitan un rastreo de movimiento, un rastreo magnético incluso un rastreo inercial.



Figura 4.13/ Figura 4.14

SubRoc-3D

1982

La marca SEGA saca al mercado el primer videojuego que presentaba una imagen estereoscópica. Se consigue a través de unas gafas especiales y una máquina recreativa. Los gráficos empleados son mapas de bits bidimensionales, su elaboración fue a mano y consiguiendo un cuadro tridimensional. En la película WarGames (1983) se hace referencia a este juego electrónico.



Figura 4.15

Virtual Boy

1995

Nintendo presentó el dispositivo denominado “Virtual Boy”, considerada como la primera videoconsola que tenía la capacidad de usar gráficos de realidad virtual. El modo de empleo consistía en mirar a través de una pantalla la cual emitía imágenes monocromáticas rojas y negras. Su fracasada comercialización solo tuvo lugar en EE. UU. Y Japón. Esto fue consecuencia de la falta de sensores y la incomodidad debidas a su gran tamaño.

The matrix

1996

Película que incorporaba a un mundo del que ya formaba parte el progreso tecnológico y el internet, una nueva era de realidad Virtual. En la película se mostraban los beneficios y ventajas que suponía esta nueva realidad en un tiempo futuro. A partir del estreno de esta película se vertieron opiniones de este tipo: “En 10 años el cerebro no podrá distinguir el mundo real del virtual” Martín-Blas, CEO de la empresa New Horizons VR.



Figura 4.16

Palmer Luckey, prototipo de Oculus Rift

2010

Palmer Luckey fue el encargado de intentar volver a desarrollar la idea de unión entre las gafas y el casco. Consiguió desarrollar tras varios intentos fallidos el prototipo de “Oculus Rift”. La compañía Kickstarter fue la encargada de la financiación. Años más tarde, paso a ser comprado, no solo el prototipo sino también la compañía por el gran gigante Facebook.



Figura 4.17

Carrera por la realidad virtual

2020

El nacimiento del prototipo “Oculus” supuso un punto de partida para las grandes empresas iniciándose a partir de este momento un desarrollo desmesurado de gafas de realidad virtual. Decenas de compañías entre ellas Sony (PlayStation VR), Samsung (Samsung Gear Ientrenovator Edition) o Google (Google CardBoard) trabajan sin descanso con la finalidad de poder conseguir el mejor prototipo.



Figura 4.18/Figura 4.19/Figura 4.20

04· 4 Principales características de los instrumentos de realidad virtual

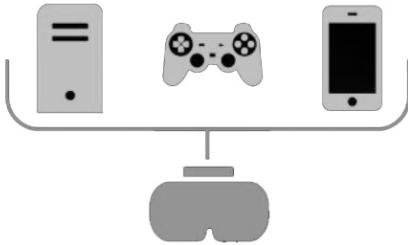


Figura 4.21_Esquema de los hardwares necesarios para poder beneficiarse de la RV.

Hardware necesario

Son muy pocos los dispositivos en los que la realidad virtual funciona con una cierta independencia, por lo que en la mayoría de los casos es necesario el empleo de otro instrumento que unido a las gafas de realidad permita el empleo de estas.

Actualmente es posible encontrar en el mercado gafas de realidad virtual que se encuentran conectados a diferentes hardwares. Algunos de estos ejemplos son los siguientes:

- Gafas de realidad virtual conectadas a un ordenador. Estas emplearán todo el potencial que tiene el PC al cual se encuentran vinculadas.

- Gafas de realidad virtual conectadas a un smartphone. El dispositivo móvil no solo actuará como un CPU, sino que permitirá el empleo la pantalla de este, puesto que a partir de unas lentes bifocales en las gafas se podrá producir un efecto de visión estereoscópica.

- Gafas conectadas a una consola, emplearán la CPU de este para el funcionamiento.

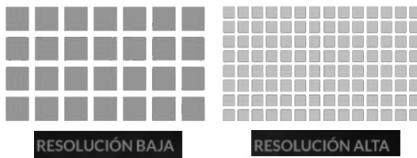


Figura 4.22_Comparación de una resolución alta y una baja resolución.

Resolución

La resolución de una imagen es fundamental en el empleo de monitores, de pantallas, pero sobre todo en las gafas de realidad virtual, donde el aspecto visual es todo. La cercanía que presenta la pantalla con nuestros ojos, potencia la importancia de la resolución. Asimismo, una mala resolución no les permitiría llegar a conseguir la sensación de realidad.

El parámetro con el que medir la resolución son los píxeles, siendo estos pequeños cuadrados en la pantalla, y la manera más habitual de encontrarla escrita, es a través de una multiplicación de dimensiones (alto x ancho). Mientras mayor sea la cantidad de píxeles mejor será la calidad de imagen. Cuantos más cuadrados sean capaz de iluminarse de diferentes colores mejor se representará en su conjunto cualquier imagen. En el caso de las gafas de Realidad Virtual mientras mayor sea este aspecto, la imagen resultará más nítida, resultando menos apreciable la malla formada por cuadraditos.

Tasa de refresco

La tasa de refresco permite ser conscientes del grado de fluidez que presentan las imágenes de una pantalla. Parámetro que de la misma manera que en la resolución, resulta más importante en la realidad virtual, puesto que la realización de rápidos movimientos con la cabeza sin una buena tasa de refresco no permitirá al usuario adentrarse en la realidad virtual. El parámetro con el que se mide la tasa de refresco son los Herzios y permite saber las veces que se actualiza la imagen en un determinado tiempo. Mientras más se restablezca la imagen, el movimiento de los elementos resultará más fluido.

Ángulo de visión

Mientras mayor ángulo de visión presenten las gafas, un mayor campo de visión pueden abarcar. Por lo que, mientras mayor sea este, menos riesgo hay de poder llegar al borde de la pantalla, lo que supondría una pérdida de realidad.

El parámetro a través del cual se mide el ángulo de visión horizontal y vertical son los grados. Resultando en la actualidad 120° el mayor.

Sensores

Estos elementos serán los encargados de chequear la posición, los movimientos realizados e incluso llevar a cabo la interacción con un posible dispositivo. Los sensores pueden ir incorporados a las gafas como en el caso de los destinados a captar los movimientos de la cabeza, siendo estos: acelerómetros, giroscopios y magnetómetros. Los sensores externos se encargan del rastrear la posición, su colocación es en la habitación y se encargan de registrar los movimientos que se llevan a cabo dentro de un área concreta.

Área de rastreo

El área de rastreo se define como la superficie en la que los movimientos son registrados por los sensores de posición. Las gafas de realidad virtual que por el momento mayor área de rastreo tiene son de 4,5 x 4,5 metros.



Figura 4.23_Paralelismos entre una baja tasa de refresco y una alta.

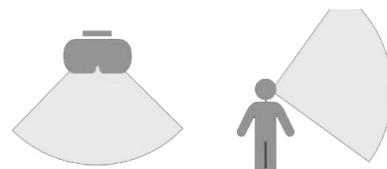


Figura 4.24_Ángulo de visión. Parte izquierda de manera horizontal. Parte derecha,vertical.

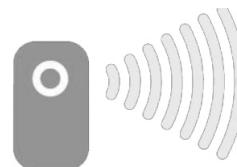


Figura 4.25_Sensores.

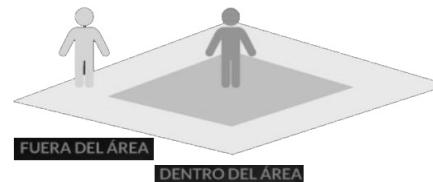


Figura 4.26_Área de rastreo.

05·Caso práctico.

Muchos son los requerimientos que hay que tener en cuenta para intentar obtener el mejor de los resultados. En primer lugar, el programa requiere la necesidad de tener un número considerable de fotografías que presenten un solape no inferior de un tercio entre imágenes continuas, puesto que la existencia de puntos idénticos facilitará al programa el cosido de imágenes. La luz empleada iba a ser un parámetro crucial a la hora de realizar las fotografías, considerando como mejor opción, y con la finalidad de ser leales a las condiciones naturales existentes, la luz natural. Se evita la proyección de cualquier tipo de luz directa o de cualquier sombra arrojada, lo que delimita las posibles horas de actuación, teniendo que realizar las sesiones de trabajo en horario de mañanas 7:15-9:00 y en horarios de tarde de 20:10-21:00 aproximadamente. Estos horarios han ido variando a medida que acortaban los días.

La realización de las fotografías debe ser rigurosa y muy cuidadosa debido a la gran calidad que necesitan. Algunos factores que han permitido llegar a este resultado han sido entre otros muchos el bloque del balance de blancos y la exposición. Otro parámetro importante es la inexistencia de ruido, empleando una sensibilidad de ISO del sensor limitada, siendo la mejor opción para este trabajo ISO 100. Con el fin de evitar cualquier fotografía movida se opta por emplear una velocidad de obturación elevada y ampliar la profundidad de campo con empleo de diafragmas cerrados, pero no excesivamente porque cabría la posibilidad de haberse dado una disminución de nitidez.

En cuanto a la distancia focal que se utiliza es de 18 mm, mientras que el diafragma empleado es f8, porque se piensa que a partir de estos valores se puede llegar a conseguir la mejor relación entre difracción y profundidad de campo.

Teniendo en cuenta todos los parámetros y condicionantes que hay que tener en cuenta y partiendo de que en todo momento se prefiere exceder en el número de imágenes con la finalidad de que al programa no le falte puntos de referencia, la media de fotografías obtenidas por fachada ronda las 150 imágenes.

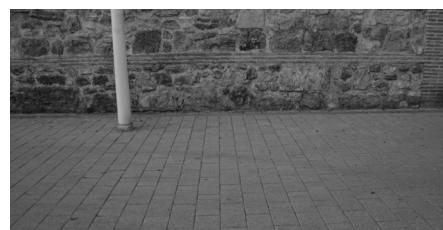


Figura 5.2/Figura 5.3/Figura 5.4/Figura 5.5_ Toma de fotografías que muestran la forma de trabajar llevada a cabo para conseguir la ortofoto.

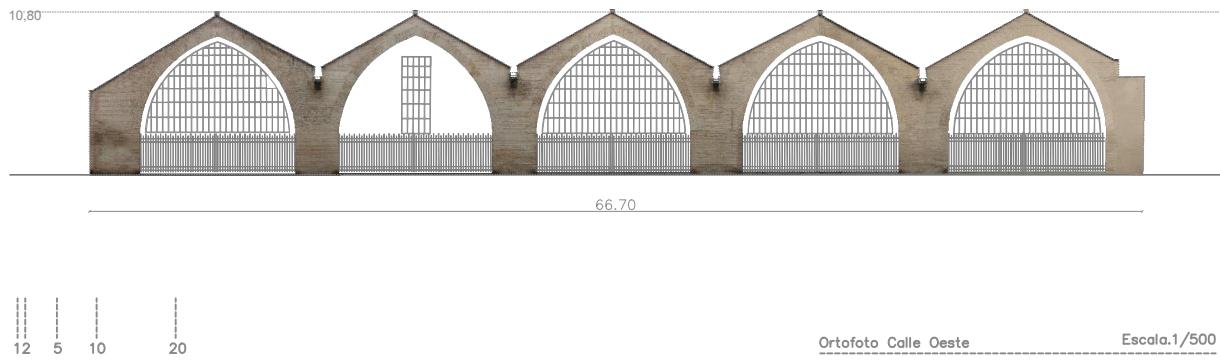


Figura 5.6_Ortofoto fachada Este. Elaboración propia.



12 5 10 20

Ortofoto Calle Este

Escala.1/50

Figura 5.7_Ortofoto fachada Oeste. Elaboración propia.

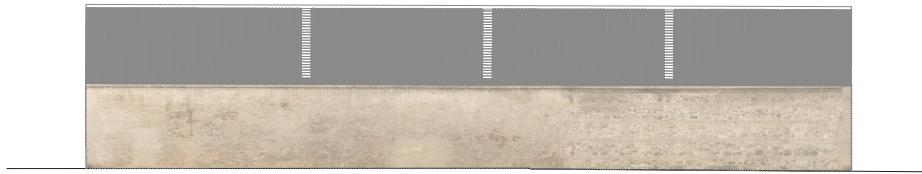


||| ||| ||| |||
12 5 10 20

Ortofoto Calle Norte

Escala.1/500

Figura 5.8_Ortofoto fachada Norte. Elaboración propia.



||| 12
||| 5
||| 10
||| 20

Ortofoto Calle Sur

Escala.1/500

Figura 5.9_Ortofoto Calle Norte. Elaboración propia.

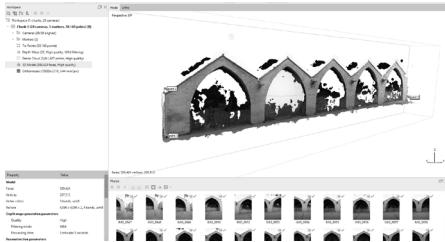


Figura 5.10_Imagen del programa Agisoft Metashape en la preparación de la ortofoto.

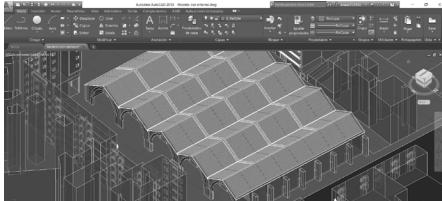


Figura 5.11_Captura de pantalla del programa AutoCAD durante el proceso de modelización.

De manera simultánea a la actividad comentada anteriormente, se desarrolla un modelo en 3D a través del programa AutoCAD.

El desconocimiento sobre la documentación de edificios de siglos pasados ha supuesto en las primeras etapas de este trabajo tener una seguridad adicional sobre los planos del edificio sobre el que se está trabajando. La información inicial sobre la que se empieza a trabajar se obtuvo a través de diferentes fuentes fiables. El contenido resultante de ellas presentaba: arcos con la misma altura, mismo grado de apertura, repetición de módulo en la mayoría de los elementos. Pero esto difiere en gran cantidad de la realidad (pudiendo observarse la superposición entre el alzado real y uno simplificado en el anejo del trabajo). La realidad es que cada uno de los objetos existentes en el edificio presentan unas medidas, unas proporciones incluso alturas diferentes.

La composición de la edificación permite conocer más al detalle el edificio y la manera en la que se construyó, además de posibilitar, como se va a comentar a continuación, la simplificación respecto a planos que se ha llevado a cabo sobre este edificio.

A través de las imágenes obtenidas, tomando la ortofoto como plantilla, se extraen las medidas del modelo, además de llevar a cabo varias mediciones in situ, puesto que elementos como las vigas o viguetas quedan ocultos por las fachadas principales. No poder acceder al interior, debido a las restricciones impuesta a raíz de la COVID-19, ha dificultado esta labor, teniendo en algunos casos que extraer medidas a partir de semejanzas entre elementos. Siguiendo el mismo proceso de construcción que se ha pensado que podía haberse realizado en el momento de construcción se han ido creando elementos en 3d. Al igual que en la realidad, lo ejecutado en último lugar fueron las construcciones aledañas al edificio. Para la elaboración del entorno, además de toda la información que se ha podido obtener en el espacio de trabajo, los planos obtenidos en el catastro y el visor de Google Maps han resultado de gran ayuda. Los edificios, dentro de una simplificación, presentan gran similitud con los que pueden encontrarse en la vida real. Antes de la importación al siguiente programa, se ha desplazado todo el conjunto de volúmenes a las coordenadas (0,0,0), para facilitar un futuro trabajo. Debido a la compatibilidad que presentan ambos programas no ha hecho falta exportarlo a ningún formato específico.

El número de elementos trasladados, habiendo llevado a cabo ya la unión según similitudes fue de 140 elementos. Divididos en 80 capas diferentes.

Siendo poseedores de las ortofotos y del modelo obtenido de AutoCAD, se recurre a exportarlo al programa 3DSMax, a partir del cual se iban a poder incorporar las texturas gracias a las ortofotos. La unión de ambos ha dado como resultado final, la obtención de un modelo en tres dimensiones del edificio de las Atarazanas del Puerto de Valencia que posee todas las texturas existentes, acercándolo más a la realidad.

Desde el momento de su importación ha habido que tener en cuenta ciertos parámetros con la finalidad de conseguir un buen facetado en todas las caras del modelo, acentuando este aspecto en la zona de los arcos. Para conseguir esto se modifican parámetros como “curve steps” o “maximum Surface derivation for 3D solids” siendo los siguientes los valores establecidos: 100 para el primero de ellos y 0,1 para el segundo.

Una vez introducido el modelo de manera correcta se opta por incorporar las ortofotos, debiendo para ello y con la finalidad de obtener la mejor de las calidades separar el edificio en tramos. Gracias a variables como “UVW Map” y “Unwrap UVW”, situadas en la opción “Modifier List” del programa empleado se puede acoplar de manera más precisa la imagen. Para la gran mayoría de los elementos del interior se sigue la misma actuación de trabajo. Tanto las texturas como los materiales aplicados son de tipo “standard”, por compatibilidad con el programa Unreal Engine, pese a que a partir de otro tipo de importación diferente a la que se ha llevado a cabo sí que hubiese resultado posible introducir otra variante de materiales.

La unión del conjunto permite apreciar un cambio de tonalidad entre las diferentes fachadas, por lo que se recurre a la herramienta “igualar color” de Photoshop para conseguir la misma tonalidad en los diferentes elementos. También se incorpora un “Mapas de normales”, con la finalidad de darle una cierta profundidad a la textura y así acercarse más al resultado esperado.

Debido a una elección personal relacionada con la experiencia con los programas empleados se escoge introducir unos materiales con 3DSMax y

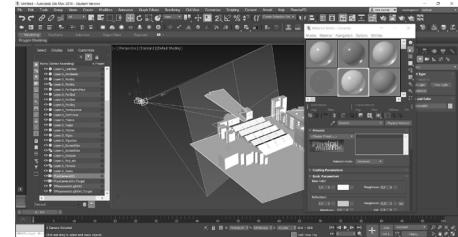


Figura 5.12_Imagen del programa 3DSMax a lo largo del proceso de elaboración de este trabajo.



Figura 5.13_Captura de pantalla del programa Unreal Engine durante la elaboración del recorrido.

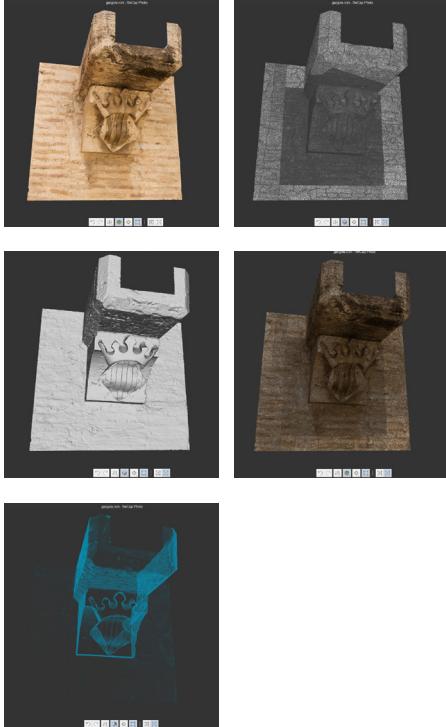


Figura 5.14_Captura de pantalla del programa Recap durante el proceso de modelización.

otros con Unreal Engine. Una vez teniendo todos los que se pretende conseguir a través del primer programa comentado en este párrafo, se apela a la introducción de detalles más minimalistas, pudiendo ser considerado estos como las tejas y las gárgolas.

Una vez considerada como concluida la parte del trabajo realizada con 3DS-Max y con el modelo estando en cm, se empieza a elaborar el diseño con la última versión de Unreal Engine hasta el momento, siendo esta la 4.25.3.

Para la importación, es necesario un formato. FBX, y pese a que hay diferentes tipos de importación la elegida en este caso es “Import Into Level”, por ser esta una de las mejores valoradas por los profesionales recurridos.

Una vez ya adentrados en el programa, de los parámetros que salían por defecto, son deseleccionados opciones como “Auto Generate Collision” o “Malla Es”, los demás se importan tal y como venían por defecto. A través de ellos se iba a conseguir una triangulación total del modelo, además de un suavizado de todos los elementos y la conservación de los ejes de referencia, siendo considerado el eje Z como el eje vertical.

Desde el primer momento se tuvo muy en cuenta la necesidad de los parámetros básicos que iban a facilitar la creación de un entorno similar a la realidad. “Light Source” y “Sky Light” son relaciones con la luz, el primero vinculado a la luz solar, mientras que el segundo presenta la cualidad de aportar iluminaciones de tipo difusa, las cuales permite aclarar el espacio de trabajo. Otro de ellos es “Atmospheric Fog”, como bien se indica a través de su nombre hace referencia a la niebla atmosférica que se puede intuir en la escena. Por último, “BP_Sky_Sphere”, que permite la creación y modificación de los parámetros relacionados con el cielo y “Player Start”, siendo el utensilio que va a permitir el inicio del recorrido virtual.

Si el orden resulta de vital importancia en la mayoría de los programas, en este incluso más. Por ese motivo, se opta por la diferenciación de todos los elementos exportados en 4 carpetas. La primera de ellas, destinada a incluir todas las geometrías existentes. La segunda y la tercera engloban todos los tipos de acabados, es decir texturas y materiales.

Y, por último, niveles. Tras este proceso, todas las piezas existentes en la carpeta número de geometrías, son seleccionadas y arrastradas hasta la pantalla de trabajo.

Tras la importación y siendo trasladadas muchas de las texturas se incorporan las restantes. Algunos de estos son creados de cero y otros muchos duplicados de los ya existentes y modificados para que se acercarán más a los auténticos del edificio.

A continuación, y habiendo obtenido el resultado estético esperado, se empezaron a crear las colisiones necesarias en cada uno de los elementos del modelo. Este componente permite no poder traspasar las paredes. En todos los casos se coloca una simplificación de tipo simple.

Tras la importación y siendo trasladadas muchas de las texturas se incorporan las restantes. Algunos de estos materiales han sido creados de cero, otros muchos duplicados de los ya existentes y modificados alterando el color inicial, la posición incluso el tamaño. Algunos de ellos también fueron creados a partir de la incorporación de texturas y mapas normales.

A continuación, y habiendo obtenido el resultado estético esperado, se empezaron a crear las colisiones necesarias en cada uno de los elementos del modelo. Este componente permite no poder traspasar las paredes. En todos los casos se coloca una simplificación de tipo simple.

Una vez todos los elementos poseían los materiales, se empezó a trabajar en la iluminación. Para la parte exterior la luz escogida fue “light source”, simulando la del sol. Pudiendo incluso programarla para que siguiese el mismo recorrido de este.

Mientras que para el interior y con la intención de simular la luz existente en el edificio, en el punto de arranque de los arcos se observa la presencia de dos luces puntuales a modo de foco. En la parte superior y proporcionando la gran mayoría de luz que alberga el edificio, un tubo fosforescente led, creado a partir de la combinación de un material blanco emisivo y un elemento cilíndrico.

En este momento se incorpora el “postprocessvolume”, elemento que va a



Figura 5.15_Momento de importación de la geometría.

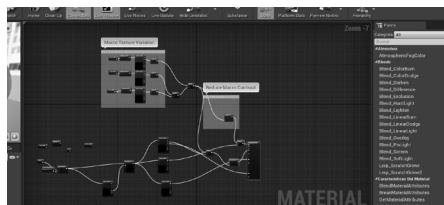


Figura 5.16_Proceso de modificación de algunos materiales con la finalidad de adaptarlos a las necesidades requeridas.

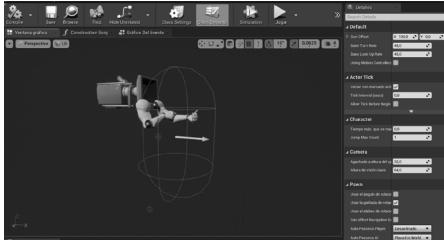


Figura 5.17_Creación del personaje con el que se va a trabajar.



Figura 5.18_Características y modos de trabajo del personaje.

permitir la regularización de los colores y de la intensidad, el enfoque y una larga lista de parámetros que proporcionarán más realismo al escenario de trabajo.

Durante el proceso y con la finalidad de poder llevar a cabo ciertas comprobaciones de los resultados que se van consiguiendo, se opta por la realización de manera rápida y superflua de simulaciones con escasa calidad.

El avance del proyecto ha dado lugar a la creación del protagonista o personaje de la escena. Elemento que permite a partir de ciertas variaciones en sus factores la posibilidad de realizar movimientos, albergando entre sus características la de andar, saltar, correr, incluso para los más apasionados del mundo del videojuego disparar a sus adversarios.

El individuo creado permite la incorporación de una cámara. Esta simulará la visión del jugador, por lo que la adhesión de esta en la parte superior del cuerpo, a la altura de los ojos, acercará posturas con el auténtico humano. A este debe asignársele el Player Start.

Con la intención de que no haya ningún tipo de problema en su visualización, se ha generado un documento que permite la contemplación de los diferentes escenarios creados a través de cualquier tipo de dispositivo electrónico. Apunte importante es que para la visita por este espacio virtual no se necesita la previa instalación de ningún tipo de programa. En este trabajo el elemento de estudio ha sido la relación del edificio existente con su entorno. Para finalizar, se crea un código QR que se adjunta a continuación y que va a posibilitar el reparto de información de una manera eficaz.

A continuación, se exponen imágenes realizadas durante el proceso de elaboración del resultado final. Al ser un recorrido por la evolución de trabajo no es de extrañar que algunos de los elementos que se pueden observar en las siguientes imágenes no tengan incorporados todos los materiales.

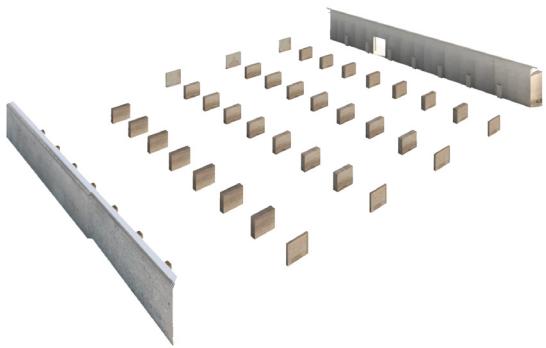


Figura 5.19_Imágenes de la evolución constructiva. Incorporación de fachada laterales y mocheta.



Figura 5.20_Imágenes de la evolución constructiva. Incorporación de arcos diafragmáticos. Fachada principal y fachada trasera.



Figura 5.21_Imágenes de la evolución constructiva. Incorporación arcos apuntados formeros y canalones.

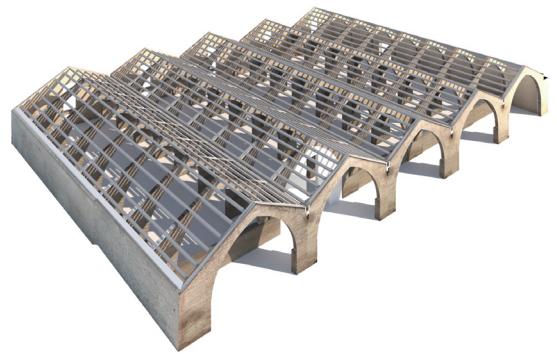


Figura 5.22_Imágenes de la evolución constructiva. Incorporación de vigas.

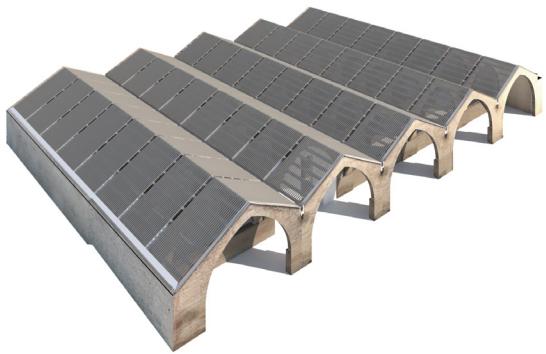


Figura 5.23_Imágenes de la evolución constructiva. Incorporación de viguetas.



Figura 5.24_Imágenes de la evolución constructiva. Incorporación tableros de ladrillo.



Figura 5.25_Imágenes de la evolución constructiva.Incorporación de tejas, escaleras y cumbreira.

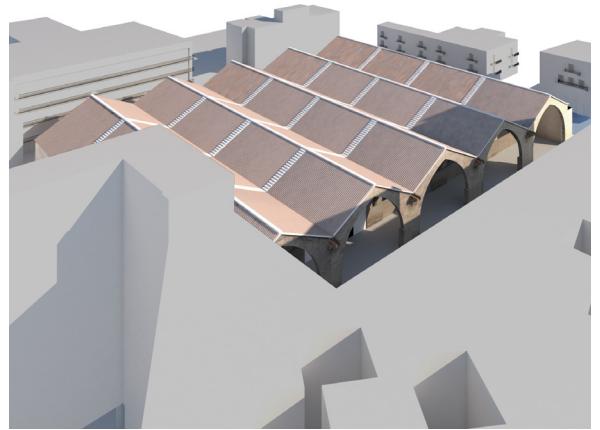


Figura 5.26_Imágenes de la evolución constructiva. Incorporación de edificios colindantes.



Figura 5.27_Imagen del proceso de elaboración. Imagen con programa 3DSMax.



Figura 5.28_ Imagen del proceso de elaboración. Confrontación de fachadas. Imagen con programa 3DSMax.



Figura 5. 29_ Imagen del proceso de elaboración. Incorporación de elementos. Imagen con programa 3DSMax. Los materiales de las vigas y viguetas se incorporan en el programa de Unreal Engine.



Figura 5.30_ Imagen del proceso de elaboración. Incorporación de elementos. Imagen con programa 3DSMax.

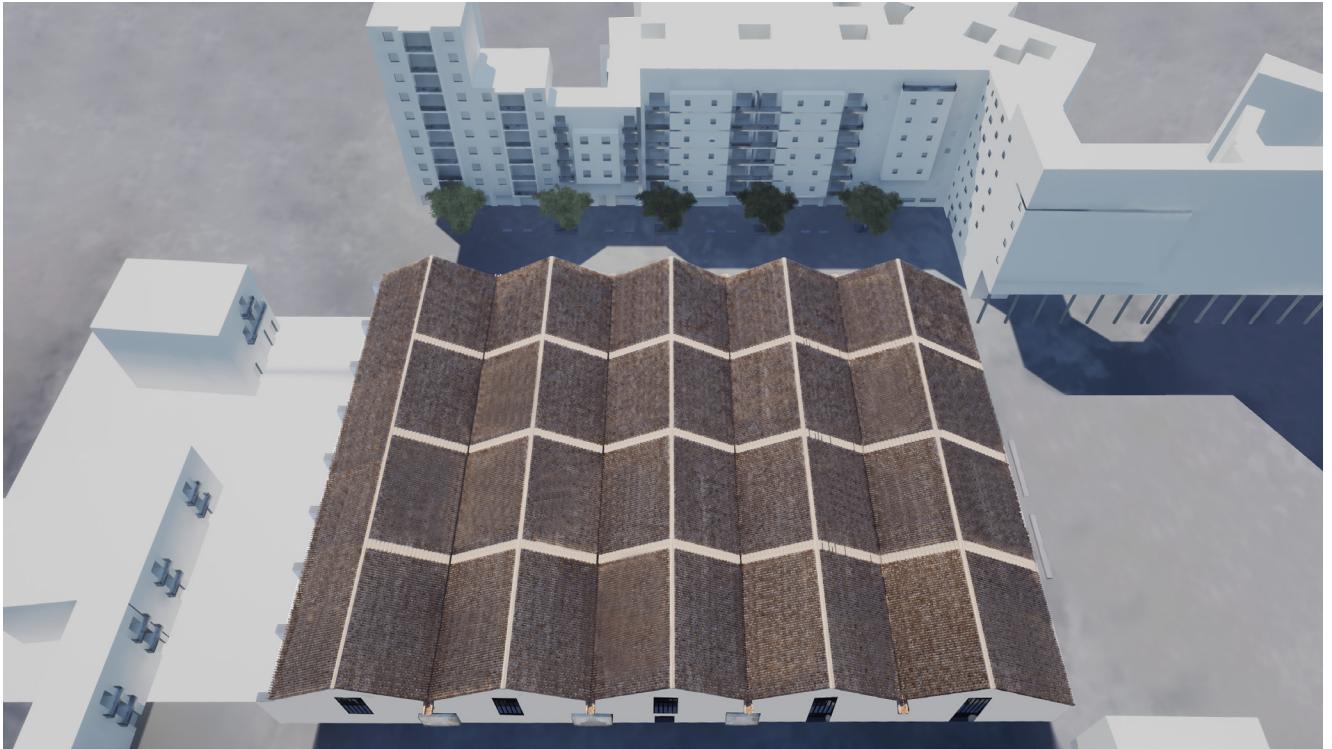


Figura 5.31_ Imagen del proceso de elaboración. Imagen con programa Unreal Engine 4.

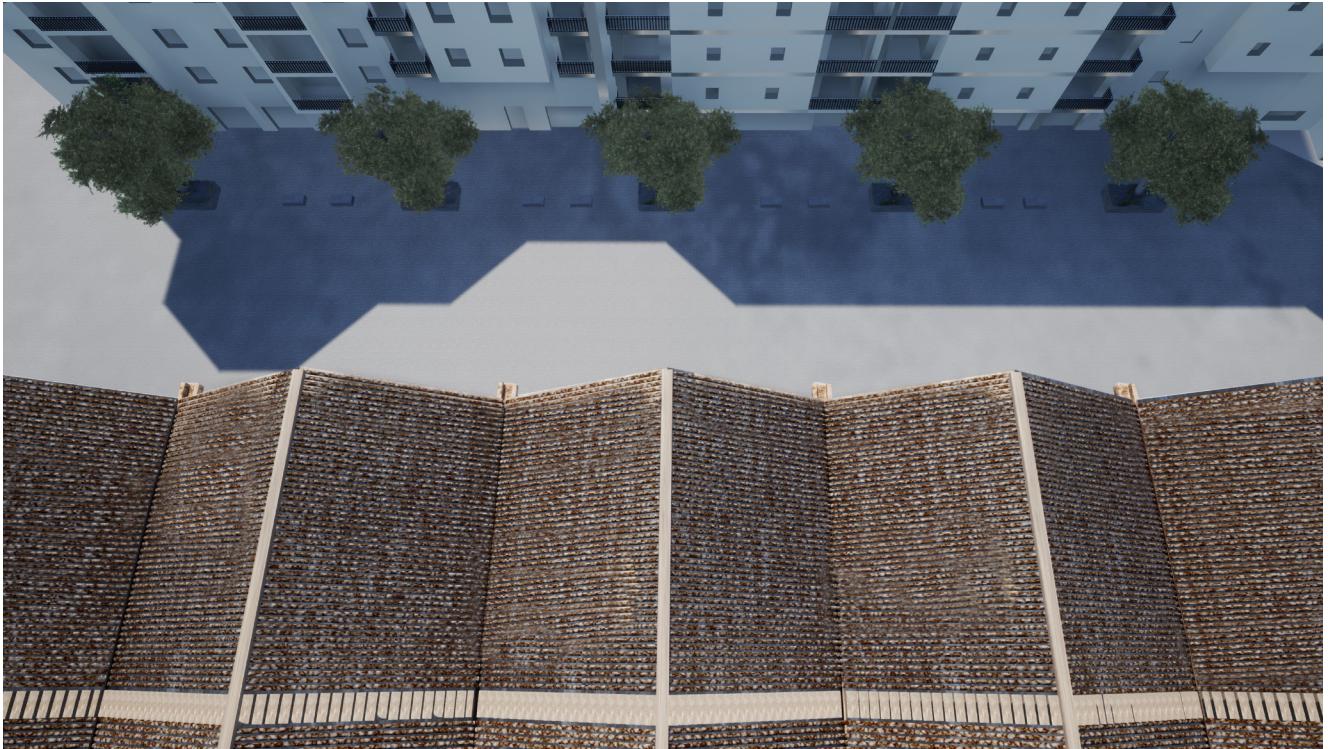


Figura 5.32_ Imagen del proceso de elaboración. Imagen con programa Unreal Engine 4.



Figura 5.33_ Imagen del proceso de elaboración. Imagen con programa Unreal Engine 4.



Figura 5.34_ Imagen del proceso de elaboración. Imagen con programa Unreal Engine 4.



Figura 5.35_ Imagen del proceso de elaboración. Imagen con programa Unreal Engine 4.



Figura 5.36_ Imagen del proceso de elaboración. Imagen con programa Unreal Engine 4.



Figura 5.37_Imagen del proceso de elaboración. Imagen con programa Unreal Engine 4.Parte interior del edificio.



Figura 5. 38_ Imagen del proceso de elaboración. Imagen con programa Unreal Engine 4. Parte interior del edificio.

Tras el proceso mostrado a través de las imágenes, se llega a un resultado final y se concluye el trabajo creando un documento ejecutable que va a permitir el acceso a la visualización final por medio de dispositivo electrónicos y sin la necesidad de una descarga previa del programa Unreal Engine 4. Este documento es un vídeo que permite realizar una visualización por los alrededores del edificio y una pequeña visita al interior. Para concluir se genera un código QR que permite el traspaso de información de manera eficaz.

Link: <http://personales.alumno.upv.es/angar17a>



06· Conclusiones.

06· Conclusiones

Los objetivos de este trabajo han sido mostrar el estado actual que presenta el edificio escogido, las Atarazanas del Grao de Valencia, a través de un levantamiento de este, y un recorrido virtual por las inmediaciones de este y por su interior.

Para lograr estos objetivos, se ha realizado un análisis tanto del edificio estudiado como de la realidad virtual y se ha recurrido al uso de diferentes herramientas informáticas, tal y como se muestra a lo largo del trabajo.

Como clausura a todo el proceso realizado, se extraen diferentes conclusiones, expuestas a continuación.

En primer lugar, cabe destacar la contribución de las técnicas de realidad virtual al ámbito de la arquitectura como un avance para diferentes aspectos. Uno de ellos es la visualización real y completa de un proyecto, útil no solo en la fase final de definición de este, sino también durante el proceso creativo, tanto a la hora de presentar la idea al usuario como una ayuda para el profesional. Otro aspecto es la capacidad de modelar un edificio existente para poder visualizarlo desde cualquier lugar del mundo y poder percibir las mismas sensaciones que en el entorno a través de un dispositivo electrónico. Esto, aunque en los últimos años ya se estaba empleando, estos últimos meses se ha incrementado especialmente debido a las restricciones para visitar lugares como museos o edificios históricos debido a la COVID-19. Precisamente, estas restricciones de visita han afectado a Las Atarazanas del Grao, lo que ha supuesto mayor dificultad para realizar este trabajo ya que no se ha podido acceder al interior para la obtención de todos los datos necesarios.

Además, cabe indicar que, no solo se pueden recrear espacios ya construidos, sino que también se pueden realizar recreaciones de cómo han sido a lo largo de su historia edificios destacables que hoy en día tienen otro aspecto diferente al de sus inicios o que ya no existen o están en ruina.

En segundo lugar y respecto a las herramientas informáticas empleadas a lo largo del trabajo, se observan diferencias y similitudes entre ellas. Por ejemplo, aunque cada programa esté especializado en algunas acciones en concreto, existen otras que se pueden hacer tanto en un programa como en otro. Una de estas acciones puede ser la introducción de los materiales, que se pueden añadir tanto en Unreal Engine como en 3DSMax, pero según la experiencia o forma de trabajar se acaba escogiendo uno u otro.

Extrayendo como conclusión de esto, la versatilidad y la gran capacidad de

estos programas, por no mencionar la constante evolución a la que se encuentran sometidos con nuevas versiones cada poco tiempo.

Con relación a la visualización de espacios ya construidos, se puede pensar que este trabajo mediante el que se representa un espacio y su entorno a través de la realidad virtual no es necesario dada la existencia de un visor como Google Street View. Por ello, y sin intención específica de destacar ninguno, se exponen a continuación ventajas y desventajas de ambos.

Google Street View proporciona imágenes panorámicas y permite visualizar las zonas elegidas por el usuario desde el nivel de la calle. Estas imágenes se obtienen a través de dos fuentes: de colaboradores o de su propio contenido. Para crear su propio contenido, realizan recorridos a través del territorio en vehículos, mayoritariamente coches. Estos, poseen varios elementos para obtener información, como pueden ser cámaras. Para capturar las imágenes tienen en cuenta factores como la climatología o la densidad de la población para elegir los momentos más oportunos. Una vez capturadas las imágenes, se alinean, y para ello se necesita relacionar las imágenes con su posición geográfica exacta utilizando una combinación de las coordenadas GPS del vehículo, su velocidad y su dirección. Ya alineadas, se juntan para construir fotos en 360º y, gracias a unos láseres que se encuentran en el vehículo que miden el tiempo que tarda en reflejar la luz en los elementos capturados, se consiguen las imágenes en 3D.

Una de las principales ventajas de Google Street View es la gran cantidad de información que posee gracias a los medios tan avanzados con los que cuenta una entidad como Google. El acceso a esta información es a través de una página web, sin necesidad de descargar ningún programa y es una visualización instantánea de cualquier lugar que esté en su base de datos.

Asimismo, otra ventaja es que, al contar con la información del entorno, se puede observar los vehículos y las personas, lo que ayuda al usuario a tener una imagen a escala y por ello, un mejor entendimiento.

Aunque, en ocasiones, esto puede ser negativo porque dificulte la vista de algunas zonas de un edificio porque haya elementos interrumpiendo el campo de visión como puede ser un coche o un autobús.

Una desventaja de Google Street View es que la perspectiva del recorrido es a nivel de la calle y que no se permite el acceso al interior de los edificios, mientras que con Unreal Engine, el usuario se puede posicionar en todas las alturas y se puede crear un recorrido interior por ellos.

Respecto a la iluminación, en Google Street View no se puede modificar, mientras que con Unreal Engine, se puede programar para que se vean reflejadas en la visualización todas las horas del día.

Como conclusión a lo mencionado en la comparativa entre Google Street View y Unreal Engine, cabe decir que ambas herramientas son muy válidas y que son complementarias entre ellas, pudiendo beneficiar en gran medida al ámbito de la arquitectura. De hecho, en este trabajo, para obtener información del entorno del edificio, una de las herramientas utilizadas fue Google Street View.

Por otro lado, y aunque el estado actual y de conservación del edificio no sea el tema principal de este trabajo, con relación a esto hay varios puntos que caben ser mencionados.

Uno de estos puntos es el desconocimiento que presenta gran parte de la ciudadanía valenciana sobre este monumento, potenciándose esta ignorancia en la juventud. Tal vez este hecho sea debido a los cambios en la zona a lo largo de los siglos y a la desvinculación espacial de la zona del puerto debido a la construcción de edificios de grandes alturas entre el Puerto y las Atarazanas.

Otro punto para destacar sería en ocasiones la falta de cuidado por parte de algunos ciudadanos de la zona, ya que en las diferentes visitas al lugar se ha podido observar actitudes poco deseables considerada la importancia del edificio para la ciudad de Valencia.

Por último y como conclusión a todo lo nombrado, se debe otorgar importancia a la relación entre la arquitectura y la realidad virtual, pudiendo considerarse esta, una relación simbiótica en la que ambos campos se encuentran beneficiados. En el futuro, esta unión se verá incrementada suponiendo grandes avances.

07· Anejo.

07· Anejo

En las imágenes adjuntas a continuación se puede observar la simplificación llevada a cabo sobre parte de la documentación existente sobre este edificio.

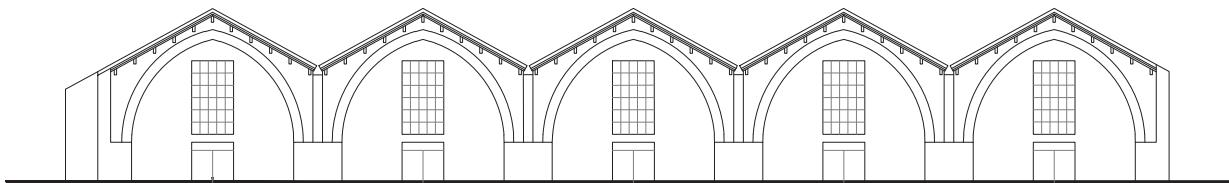
La superposición de la ortofoto permitió observar detalles como que las mochetas o los arcos no presentan las mismas medidas. En las cubiertas no se mantiene la misma altura.

Respecto a la sección, el número de vigas y la forma de colocación dista mucho de la realidad. No existiendo el mismo número de vigas en cada una de sus alas. La distancia entre ellas tampoco es homónima, mostrando como ejemplo el caso más exagerado encontrando, siendo este el extremo derecho de la primera nave empezando a contabilizar por la fachada sur.



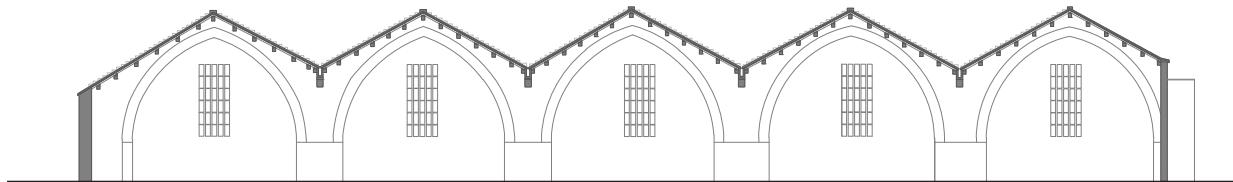
12 5 10 20

Figura 7.1_Superposición ortofoto Calle Este con un segundo alzado simplificado.



12 5 10 20

Figura 7.2_Sección simplificada.



12 5 10 20

Figura 7.3_Sección elaboración propia.

08· Bibliografía y referencias.

08·1 Bibliografía

10 hitos en la historia de la Realidad Virtual. (2018, 28 diciembre). DeuSens. Disponible en: <https://www.deusens.com/hitos-historia-realidad-virtual/>

¿Qué es la realidad virtual? - Historia, funcionamiento y gafas VR Mundo Virtual. (s.f.). Disponible en: <http://mundo-virtual.com/que-es-la-realidad-virtual/>

Abásolo, M. J., Mitaritonna, A., Giacomantone, J., y Giusti, A. De., 2013. Visión por Computador e Informática Gráfica Realidad Virtual, Realidad Aumentada e Interfaces avanzadas. pp. 274–279

Agisoft Metashape. (s.f.). Disponible en: <https://www.agisoft.com/>

Arquitectura valenciana 2, 1990-1994 /. (1995). Ediciones Generales de la Construcción.

AutoCAD: ¿cuáles son las características del software? - 3Dnatives. (n.d.). Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/autocad-cuales-caracteristicas-del-software-020420202/#!>

Boira, Josep Vicent y Serra, A. (1998). El puerto de Valencia. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales.No 106. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-106.htm>

Edificación industrial : espacios prácticos. (1994). Ediciones Generales de la Construcción.

El CAD. (s.f.). Disponible en: <http://www.arquitectura.com/cad/artic/elcad.asp>

Los Tipos de Motores de Render | IndustriaAnimacion.com. (s.f.). Disponible en: <https://www.industriaanimacion.com/2018/03/los-tipos-de-motores-de-render/>

Esneca. (s.f.). Disponible en: <https://www.esneca.com/blog/que-es-autocad/> <https://pcacademia.com/que-es-cad/>

España. (1949). Real Decreto Ley 11 noviembre 1949. Boletín Oficial del Estado, 24 noviembre 1949. Disponible en: <https://www.boe.es/datos/pdfs/BOE//1949/328/A04915-04916.pdf>

Fuentes de las fotografías de Street View. (s. f.). Google Maps Street View. Disponible en <https://www.google.com/intl/es/streetview/explore>

España. Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español. BOE, 29-VI-1985, nº 155, p. 20343.

Evangelista Vermelho, J. E. V. (2020, 1 julio). Las gafas de realidad virtual y la arquitectura. CICE. Disponible en: <https://www.cice.es/noticia/gafas-vr-arquitectura/>

INFOGRAFÍA de REALIDAD VIRTUAL | Guía para “enteder” la VR. (s.f.). GrupoAudiovisual.Com. Disponible en: <https://grupoaudiovisual.com/guia-infografia-realidad-virtual/>

La historia de las Reales Atarazanas del Grao de Valencia. (s.f.). Disponible en: <https://www.valenciabonita.es/2015/10/15/las-reales-atarazanas-del-grao-de-valencia/>

La historia gravada del Port de València SEGLES XVII-XIX.

Martínez, E. (2015, June 28). Las Reales Atarazanas | Las Piedras de Barcelona. Disponible en: <https://laspiedrasdebarcelona.blogspot.com/2015/06/las-reales-atarazanas.html>

Palacio, C. P. (2018, 9 abril). Implementación de la Realidad Virtual en la arquitectura. Ingennus. Disponible en: <https://ingennus.com/implementacion-realidad-virtual-arquitectura/>

Pérez I Moragón, F./JARQUE, F.: Arquitectura gótica valenciana, Valencia, Bancaja, 1993.

Realidad Virtual & Arquitectura | Arquitectura. (s.f.). Disponible en: <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/realidad-virtual-arquitectura>

Structure from Motion (SfM): una técnica fotogramétrica de bajo coste para la caracterización y monitoreo de macizos rocosos- Dialnet. (s.f.). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6459555>

Qué es 3D Studio Max y para qué sirve- La Educación en la era Digital. (s.f.). Disponible en: <https://ayto-torrijos.com/herramientas/que-es-3d-studio-max-y-para-que-sirve/>

Unreal Engine, ¿qué es Unreal Engine? | Espacio BIM. (s.f.). Disponible en: <https://www.espaciobim.com/unreal-engine>

Unreal Engine: qué es y cómo crear videojuegos con este motor. (s.f.). Disponible en: <https://www.softzone.es/programas/lenguajes/unreal-engine/>

Villares, J. A. V. (2018, 10 julio). Realidad Virtual &. Arquitectura. Disponible en: <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/realidad-virtual-arquitectura>

Zaragozá Catalán, A.: Iglesias de arcos diafragma y armadura de madera en la arquitectura medieval valenciana, Tesis doctoral, Valencia, Universidad Politécnica, 1990.

Zaragozá Catalán, A.: “El espacio de la vida cotidiana: naves de arcos de diafragma y techumbre de madera” en Arquitectura gótica valenciana, Valencia, Generalitat Valenciana, 2000, pp. 21-42.

Zaragozá, A./Gomez-Ferrer, M.: Pere Compte, arquitecto, Valencia, Ayuntamiento, 2008.

08·2 Referencias

Calvé, O. (2015). Las Atarazanas, una joya de la arquitectura civil | Las Provincias. Disponible en: <https://www.lasprovincias.es/fiestas-tradiciones/201506/14/atarazanas-joya-arquitectura-civil-20150614021740-v.html>

Catalá Gorgues, M. Á. (2008). ARCHIVO DE ARTE VALENCIANO LXXXIX.

Catalá Gorgues, M. (1995). Las atarazanas góticas del Grao de Valencia. *Goya: Revista de Arte*, 245, 264–272.

Ferrando Pérez, R & J. Sánchez Adell. (1947). Las atarazanas de Valencia. *Saitabi*. Disponible en: <https://ojs.uv.es/index.php/saitabi/article/viewFile/5396/5169>

Iborra Bernad, F., & Miquel Juan, M. (2007). La Casa de las Atarazanas de Valencia y Joan del Poyo (I). *Anuario de Estudios Medievales*, 37(1), 387–409. Disponible en: <https://doi.org/10.3989/aem.2007.v37.i1.43>

Peñarrocha Martí, Jordi & Cabanillas Romero, Daniel (2018). LAS ATARAZANAS DEL GRAO, AYER Y HOY.

08·3 Referencias a imágenes

Figura 2.1_ Plano de Valentia Edetanorum “Tierra de Valientes”.

<https://www.ign.es/web/catalogo-cartoteca/resources/html/031303.html>

Figura 2.2_ Reconstrucción infográfica de la ciudad romana de Valencia

<https://www.lasprovincias.es/valencia-ciudad/valencia-romana-20191015203108-nt.html>

Figura 2.3_ Excavación bajo el subsuelo del museo de l’Almoína.

<http://www.arquitectosdevalencia.es/arquitectura-de-valencia/1975-2007/l-almoína>

Figura 2.4_ Trazado y diferentes dependencias de la ciudad de Valencia anteriores a Jaime I.

<http://www.redjaen.es/francis/?m=c&o=64589&letra=&ord=&id=64592>

Figura 2.5_ Muelle y Grao de Valencia. Tomasso Santoni.

<https://www.valenciaport.com/wp-content/uploads/LA-HISTORIA-GRAVA-DA-DEL-PORT-DE-VALENCIA-2.pdf>

Figura 2.6_ Vista del Muelle del Grao. Vicente Cabrera.

<https://www.valenciaport.com/wp-content/uploads/LA-HISTORIA-GRAVA-DA-DEL-PORT-DE-VALENCIA-2.pdf>

Figura 2.7_ Grabado del Puerto de Valencia, Manuel Mirallas (1798). Sombreado el lugar que ocupaban las Atarazanas.

Iborra Bernad, F., & Miquel Juan, M. (2007). La Casa de las Atarazanas de Valencia y Joan del Poyo (I). *Anuario de Estudios Medievales*, 37(1), 387–409. <https://doi.org/10.3989/aem.2007.v37.i1.43>

Figura 2.8_ Puerto de Valencia y vistas del Grao, Cavanilles (1795-1797).

<https://www.valenciaport.com/wp-content/uploads/LA-HISTORIA-GRAVA-DA-DEL-PORT-DE-VALENCIA-2.pdf>

Figura 2.9_ Badía de Valencia o Camí del Grau. (John Gaudy-S. Parker. Gravet).

<https://www.valenciaport.com/wp-content/uploads/LA-HISTORIA-GRAVA-DA-DEL-PORT-DE-VALENCIA-2.pdf>

Figura 2.10_ Espacio ocupado por las destruidas Atarazanas de intramuros.

<https://www.idealista.com/maps/valencia-valencia/calle-poeta-quintana/1/>

Figura 2.11_Vista interior: Arcos diafragmáticos.
<https://paseandoporvalencia.com/museos/atarazanas-01.html>

Figura 2.12_Vista interior: Arcos apuntados formeros
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/da/Drassanes_del_Grau%2C_Val%C3%A8ncia.JPG

Figura 2.13_Vista superior del edificio.
https://www.tripadvisor.es/Attraction_Review-g187529-d593198-Reviews-Reales_Atarazanas-Valencia_Province_of_Valencia_Valencian_Country.html#photos;aggregationId=101&albumid=101&filter=7&ff=273153744

Figura 2.14_Vista interior del edificio.
<https://comunitatvalenciana.com/es/valencia/valencia/monumentos/atarazanas-del-grao>

Figura 2.15_Vista exterior: Acceso al edificio, como en su origen.
<http://www.jdiezarnal.com/valenciaatarazanas.html>

Figura 2.16_Vista exterior: Parte trasera del edificio, arcos tabicados.
https://www.tripadvisor.es/Attraction_Review-g187529-d593198-Reviews-Reales_Atarazanas-Valencia_Province_of_Valencia_Valencian_Country.html#photos;aggregationId=101&albumid=101&filter=7&ff=227303261

Figura 2.17_ Imagen de las Atarazanas del Grao. Año 1400.
CONTRERAS ZAMORANO, Gemma M^a, “Las atarazanas del Grao de la mar”, Valencia, Ajuntament de València, 2002, p.194

Figura 2.18_Nave de las Atarazanas.
<http://www.jdiezarnal.com/valenciaatarazanas.html>

Figura 2.19_Nave de las Atarazanas, la cual albergaba un cine. Años 40.
http://valenciadesaparecida.blogspot.com/2014_11_01_archive.html

Figura 2.20_Atarazanas del Puerto de Valencia, antes de su rehabilitación.
<http://www.jdiezarnal.com/valenciaatarazanas.html>

Figura 2.21-2.22-2.23-2.24_Vistas generales diferentes naves.
R. Ferrando Pérez y J. Sánchez Adell. (1947). Las atarazanas de Valencia. Saitabi. <https://ojs.uv.es/index.php/saitabi/article/viewFile/5396/5169>

Figura 2.25_ Atarazanas del Puerto de Valencia, antes de su rehabilitación. Años 60.
<https://www.manuelportaceli.com/rehabilitacion-de-las-atarazanas-para-uso-cultural/>

Figura 2.26_ Atarazanas del Puerto de Valencia, tras su rehabilitación.
<https://www.manuelportaceli.com/rehabilitacion-de-las-atarazanas-para-uso-cultural/>

Figura 2.27_ Atarazanas del Puerto de Valencia, antes de su rehabilitación. Años 60.
<https://www.manuelportaceli.com/rehabilitacion-de-las-atarazanas-para-uso-cultural/>

Figura 2.28_ Atarazanas del Puerto de Valencia, tras su rehabilitación.
<https://www.manuelportaceli.com/rehabilitacion-de-las-atarazanas-para-uso-cultural/>

Figura 2.29_ Alzado Atarazanas antes de su rehabilitación.
<https://www.manuelportaceli.com/rehabilitacion-de-las-atarazanas-para-uso-cultural/>

Figura 2.30_ Planta Atarazanas antes de su rehabilitación.
<https://www.manuelportaceli.com/rehabilitacion-de-las-atarazanas-para-uso-cultural/>

Figura 2.31_ Alzado Atarazanas tras su rehabilitación.
<https://www.manuelportaceli.com/rehabilitacion-de-las-atarazanas-para-uso-cultural/>

Figura 2.32_ Planta Atarazanas tras su rehabilitación.
<https://www.manuelportaceli.com/rehabilitacion-de-las-atarazanas-para-uso-cultural/>

Figura 2.33/ 2.34_ Reconstrucción de Vilanova del Grao en 1425, imagen de Pablo Aparicio Resco.
<https://www.artstation.com/artwork/y8zGR>

Figura 2.35_ Documentación acreditativa como Bien de Interés Cultural.

http://www.valencia.es/revisiõnpgou/catalogo/urbano/11.02%20%20BIC%20ATA-RAZANAS_firmado.pdf

Figura 2.36_ Imagen de las exposiciones temporales que alberga.

https://www.tripadvisor.es/Attraction_Review-g187529-d593198-Reviews-Reales_Atazaranas-Valencia_Province_of_Valencia_Valencian_Country.html

Figura 2.37_ Imagen de Albert Ribera, que plasma las capacidades que presentan las Atazaranas para exponer diferentes tipo de embarcaciones a una escala real.

Catalá Gorgues, M. Á. (2008). ARCHIVO DE ARTE VALENCIANO LXXXIX.

Figuras Apartado 3_ Todas las figuras de este apartado son elaboración propia.

Figura 4.1_ Personas visualizando una edificación antes de su construcción gracias a la RV.

<https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/realidad-virtual-arquitectura>

Figura 4.2_ Profesionales poniendo en práctica las nuevas tecnologías.

<https://www.invelon.com/2019/04/23/vr-applications-como-aplicar-la-realidad-virtual-en-la-arquitectura/>

Figura 4.3_ Gráfico que plasma la repercusión de la realidad virtual en diferentes sectores, año 2025.

<https://ingennus.com/implementacion-realidad-virtual-arquitectura/>

Figura 4.4_ Forma de trabajar de muchas empresas en la actualidad. Como puede ser Ingennus Urban Consulting.

<https://ingennus.com/implementacion-realidad-virtual-arquitectura/>

Figura 4.5

<http://realidadva.blogspot.com/2013/06/historia-de-la-realidad-virtual-y-la.html>

Figura 4.6

<https://www.timetoast.com/timelines/126702>

Figura 4.7

https://www.researchgate.net/figure/Sensorama-the-first-virtual-immersion-system-the-technical-table-and-the-pictures-shown_fig1_321142137

Figura 4.8

<http://realidadva.blogspot.com/2013/06/historia-de-la-realidad-virtual-y-la.html>

Figura 4.9

<https://proyectoidis.org/espada-de-damocles/>

Figura 4.10

<http://tomirobertsblog.blogspot.com/2014/11/tron-1982-de-steven-lisberger.html?zx=d0419070eb7fb14d>

Figura 4.11

<https://blogs.eitb.eus/estrenosdecine/2010/07/26/desvelado-el-nuevo-trailer-de-tron-legacy/>

Figura 4.12

<http://rotarealidad.blogspot.com/2009/01/unas-pinceladas-de-la-historia-de-la.html>

Figura 4.13

<https://www.giantbomb.com/subroc-3d/3030-33776/>

Figura 4.14

<https://www.manualslib.com/products/Sega-Subroc-3d-8670841.html>

Figura 4.15

https://www.chicasmgamers.com/2017/02/la-evolucion-en-la-forma-de-jugar-anos_28.html

Figura 4.16

<https://itunes.apple.com/us/movie-collection/the-matrix-trilogy/id585557627?l=es>

Figura 4.17

https://es.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift

Figura 4.18

<https://www.playstation.com/es-es/explore/playstation-vr/>

Figura 4.19

<https://www.amazon.es/Samsung-Innovator-Galaxy-Frost-White/dp/B00XBXLBC>

Figura 4.20

<https://whatvr.co/guides/google-cardboard/>

Figura 4.21_Esquema de los hardwares necesarios para poder beneficiarse de la RV.

<http://mundo-virtual.com/que-es-la-realidad-virtual/>

Figura 4.22_Comparación de una resolución alta y una baja resolución.

<http://mundo-virtual.com/que-es-la-realidad-virtual/>

Figura 4.23_Paralelismos entre una baja tasa de refresco y una alta.

<http://mundo-virtual.com/que-es-la-realidad-virtual/>

Figura 4.24_Ángulo de visión. Parte izquierda de manera horizontal. Parte derecha, vertical.

<http://mundo-virtual.com/que-es-la-realidad-virtual/>

Figura 4.25_Sensores.

<http://mundo-virtual.com/que-es-la-realidad-virtual/>

Figura 4.26_Área de rastreo.

<http://mundo-virtual.com/que-es-la-realidad-virtual/>

Figuras Apartado 5_Todas las figuras de este apartado son elaboración propia.

Figura 7.1_Superposición ortofoto Calle Este con un segundo alzado simplificado.

<https://www.manuelportaceli.com/rehabilitacion-de-las-atarazanas-para-uso-cultural/>

Figura 7.2_Sección simplificada.

<https://www.manuelportaceli.com/rehabilitacion-de-las-atarazanas-para-uso-cultural/>

Figura 7.3_Elaboración propia.

